

Проф. Б. Г. Кузнецов — ИСТОРИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Проф. Б. Г. КУЗНЕЦОВ

И С Т О Р И Я ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

ОНТИ ★ НКТП ★ СССР
1 9 3 7

Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

Проф. Б. Г. КУЗНЕЦОВ

ИСТОРИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

*Всесоюзный комитет по высшей школе
при СНК СССР
Постоянная комиссия по истории техники*

Цена 4 руб. 35 к., пер. 1 р. 25 к.



ОБЪЕДИНЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1937 ЛЕНИНГРАД

ЭО 10-5(4)-2(3)

Пр. ТЖК № 72 от 25/X-1936 г.

Редактор инж. *А. Б. Маркин*

Технич. редактор *К. М. Шевелев*

Сдано в производство 20/IX 1936 г.	Колич. печ. знаков в 1 бум. листе 98,176.
Подписано к печати 16/I 1937 г.	Авторских листов 22.
Формат бумаги $62 \times 94\frac{1}{16}$.	Учетно-авторских листов 22,3.
Колич. печ. лист. $19,50 + 1$ вклейка.	Тип. зн. в 1 бум. л. 89.792.
Колич. бум. лист. 9,75.	Тираж 7.000. Учетный номер 7365.
Уполномоченный Главлита Б-5357.	Энергоредакция № 70. Заказ № 3862.

2-я типогр. ОНТИ имени Евг. Соколовой, Ленинград, пр. Кр. Командиров, 29.

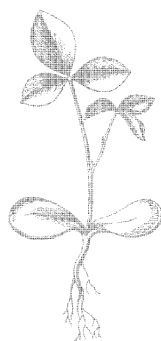
ПРЕДИСЛОВИЕ

Основная задача этой книги заключается в том, чтобы показать развитие энергетической техники как целого. В свете ленинской концепции электрификации понимание исторически развивающегося единства энергетической техники должно быть необходимым элементом теоретической подготовки инженеров всех энергетических специальностей. Поэтому для энергетических и электротехнических вузов нужна книга, излагающая основные факты из истории электротехники, теплотехники и гидроэнергетики в связи между собой и в связи с развитием хозяйства, техники и науки, книга, показывающая исторические предпосылки электрификации.

Но именно такая точка зрения не могла иметь места в существующих монографиях и сводных работах. Поэтому потребовалась предварительная исследовательская работа. Она была поставлена в Энергетическом институте Академии наук в 1934/35 г. В результате появилась эта книга. Она входит в число учебников по истории техники, выпускаемых Комиссией по истории техники при Всесоюзном комитете по высшей школе при СНК СССР, и рассчитана на студентов старших курсов энергетических вузов, где читается данный предмет, а также на инженерно-технических работников советского энергохозяйства.

Главы этой книги были проредактированы проф. И. С. Бруком, проф. В. И. Вейцем, проф. А. Н. Долговым, проф. А. А. Зворыкиным, П. П. Заборинским, проф. М. В. Кирпичевым, инж. В. Ю. Стекловым, М. И. Радовским, проф. Ю. Н. Флаксерманом и акад. К. И. Шенфером, которые сделали ряд важных указаний. В оформлении книги большую помощь мне оказали Е. А. Крапивина и Н. А. Васильева. Всем этим товарищам, а также редактору ОНТИ инж. А. Б. Маркину я приношу глубокую благодарность.

В. Кузнецов



Scan AAW

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр

ВВЕДЕНИЕ

Понятие энергетической техники. Энергетические переходы и энергетическая техника. Электричество и единство энергетической техники. Периодизация и общий обзор развития энергетической техники 9

ГЛАВА I

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА ДОКАПИТАЛИСТИЧЕСКОЙ ЭПОХИ

Энергетическая техника доклассового общества. Применение орудий. Изготовление орудий и получение огня. Значение и результаты искусственного получения огня. **Цивилизация, рабство и использование мускульной энергии.** Гомеровский период. Памятники ранних цивилизаций. Характер рабского труда и энергетической техники рабовладельческого общества. Витрувий. Мускульная сила и механическая техника. Античная культура и феодализм 16

ГЛАВА II

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БАЗА МАНУФАКТУРЫ

Разложение феодализма, крестовые походы, морская торговля и генезис капиталистической промышленности. Мануфактура. Спорадическое применение машин. Маркс о мельницах. Происхождение гидравлических двигателей. Пловучее колесо. Водяные мельницы в Риме. Водяное колесо у Витрувия. Переход к подливному колесу. Водяная мельница в средние века. Водяные колеса в XV—XVI вв. Ветряные мельницы. Мельницы и мануфактурное разделение труда. Леонардо да-Винчи 31

ГЛАВА III

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ XVII—XVIII ВВ. И ПЕРВЫЕ ОТКРЫТИЯ В ОБЛАСТИ МАГНЕТИЗМА И ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Энгельс о генезисе современного естествознания. Техника и естествознание. Картезианское естествознание. Механика Ньютона. Магнетизм и электричество. Компас у китайцев. Компас в Европе. Электрические явления в древности и в XVII в. Гильберт. Грей. Дю-Фэ. Электростатические машины и приборы. Попытки конструирования электрического телеграфа в XVIII в. Атмосферное электричество. Франклин. Опыты с атмосферным электричеством в Европе. Две теории электричества. М. В. Ломоносов . . . 50

ГЛАВА IV

ПРОМЫШЛЕННЫЙ ПЕРЕВОРОТ, СДВИГИ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕХНИКЕ И НОВЫЕ ОТКРЫТИЯ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Стр.

Промышленный переворот. Исторические корни применения машин. Исходный пункт первой промышленной революции. Машины Уайта, Харгрэвса и Аркрайта. Ткацкий станок. **Роль гидравлических двигателей в промышленном перевороте XVIII в. и развитие водяных колес.** Водяные колеса на первых фабриках. Верхненаливные и средненаливные колеса. Крупнейшие наливные колеса. Колесо Понселе. **Английская электрохимия.** Машинная текстильная индустрия и химическая технология. Опыты Гальвани и Вольта. Гальваническое электричество. Влияние работ Вольта в Англии. Открытие электролиза. Работы Дэви в области электричества. В. Петров. **Французская электродинамика.** Особенности технического переворота во Франции. Влияние буржуазной революции и наполеоновских войн. Военная техника и особенности научно-технического развития Франции. Количественный анализ и идея непрерывности во французской химии. Измерительная техника, количественный анализ и электростатика. Кулон. Математический анализ и гальваническое электричество. Явление Эрстеда. Араго. Ампер. Электричество и теплота

72

ГЛАВА V

ПАРОВАЯ МАШИНА

Промышленный переворот и новая энергетическая база. Применение пара в древности. Приборы Герона, Эолипиль, Витрувий об эолипиле. Применение пара в средние века и в XV—XVI вв. Саломон де-Ко. Устер. Бранка. Принципы роторного двигателя и двигателя внутреннего сгорания в предистории паровой машины. Пороховая машина. Паровой насос. Насос Севери. Идея Лейбница. Машина Пашена. Машина Ньюкомена. Джемс Уатт. Отделение конденсатора от цилиндра. Машина двойного действия. Марк об универсальном паровом двигателе. Завод Болтона. Конструктивное развитие машины Уатта. Роль машины Уатта в развитии энергетической техники. Паровая машина и тяжелая индустрия. Паровой транспорт. Развитие паровой машины. Высокое давление. Парораспределение. Машина Корлиса. Развитие котлов

92

ГЛАВА VI

РЕВОЛЮЦИЯ, ПРОИЗВЕДЕННАЯ ПАРОМ, ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ И ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Победы естествознания и метафизическое мировоззрение. Паровая техника и идея единства форм движения. Работы Майера. Паровая и электрическая техника. Идея единства и эквивалентности форм энергии в применении к электричеству. Фарадей и закон сохранения энергии. Фарадей об электричестве как форме движения. Законы электролиза. Открытие электромагнитной индукции. Представления Фарадея о реальности силовых линий. Борьба против принципа дальнего действия. Истоки электронной теории и теории поля в работах Фарадея и связь между ними

139

ГЛАВА VII

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА ДОМОНОПОЛИСТИЧЕСКОГО КАПИТАЛИЗМА

Электричество вне энергетического хозяйства. Электромагнетизм, измерительные приборы и телеграфные аппараты. Усовершенствование гальванических элементов. Характер электрохимии середины XIX в. Послефарадеевский период теории электричества. Энгельс о теории электричества. **Сильноточная электротехника.** Электрическое освещение. Чиколев. Яблочков, Эдисон. Первые генераторы. Коммутация. Электромагниты. Самовозбуждение. Машина Грамма. Двигатели. Принцип обратимости. Марсель Депре и первые высоковольтные передачи. Общий характер развития электротехники в 60—70-х годах. Теория Максвелла

154

ГЛАВА VIII

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ СИЛОВОГО АППАРАТА ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТЕХНИКА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Стр.

Монополистическая концентрация производства и развитие электропередач. Концентрация электрохозяйства. Электродвигатели в промышленности. Групповой привод. Поточное производство в тяжелой индустрии. Индивидуальный привод. Многомоторная машина. Исторические корни победы переменного тока. Развитие трансформаторов. Асинхронный двигатель. Трехфазная техника. Лауфен-франкфуртская передача. Техника переменного тока и теория электричества. 200

ГЛАВА IX

РАЗВИТИЕ ПАРОВЫХ ТУРБИН

Генезис паровой турбины. Паровые турбины до 80-х годов. Турбина Лавалля. Паровая турбина и электрификация. Турбина Парсонса. Эльберфельдские испытания. Турбина Рато. Турбина Кертиса. Современные турбины. Крупнейшие турбины в США и в Европе 221

ГЛАВА X

ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Газовые двигатели в эпоху пара. Двигатели 60-х годов. Автомобильные двигатели и автопромышленность. Авиационные двигатели. Двигатели Дизеля 238

ГЛАВА XI

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ И НОВЫЙ ЭТАП ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Электрификация силового аппарата и электрификация промышленной технологии. Техника высоких потенциалов. Новая металлическая база. Электроемкие производства. Аллюминий. Гидроэлектростанции и гидравлические двигатели. Водостолбовые машины. Турбина Бюрдена и Фурнейрона. Турбина Френсиса. Колесо Пельтона. Послевоенные типы гидравлических турбин. Постоянный ток. Мотор-генератор и конвертор. Первые ртутные выпрямители. Развитие выпрямителей. Электровакuumная техника и теория электричества. Развитие электронной теории 251

ГЛАВА XII

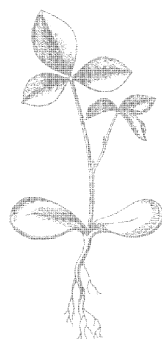
СОВЕТСКАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

Концентрация энергохозяйства, энергетическая техника и противоречия капитализма. Проекты единой высоковольтной сети Европы. Анархия производства и конкуренция в энергохозяйстве. Кризис и энергохозяйство. Энергетическая техника и ленинский план электрификации. Ленин и Сталин об электрификации. Гоэлро. Первые электростанции. Концентрация электрохозяйства. Сети. Системы. Теплофикация, местные энергетические базы и задачи теплотехники. Энергооборудование. Советская энергетическая техника и показатели Запада 272

ГЛАВА XIII

НОВЫЕ ПРИНЦИПЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Днепрострой, Беломорканал и гидроэлектростанции будущего. Единая высоковольтная сеть межрайонных электропередач. Постоянный ток. Новые задачи теплотехники. Подземная газификация. Турбина внутреннего сгорания. Бинарные циклы. Малые температурные перепады. Цикл Баржо. Ветроэнергетика. Новая энергетическая техника и высокое давление. Будущее энергетической техники и физические проблемы 299



Scan AAW

ВВЕДЕНИЕ

Понятие энергетической техники. Энергетические переходы и энергетическая техника. Электричество и единство энергетической техники. Периодизация и общий обзор развития энергетической техники

Начнем с некоторых определений. В «Диалектике природы», особенно в статье «Мера движения — работа»¹, Энгельс дает определение энергии. Под энергией подразумевается движение, переходящее из одной формы в другую. Следовательно, под энергетикой следует понимать ту область производства, где превращение одного вида движения в другой, иными словами, реальное применение единства энергии, является основной производственной задачей. Для энергетической техники закон сохранения энергии является основным техническим критерием; именно в этом и заключается отличительная черта энергетической техники. В любом производственном процессе происходит трансформация энергии.

Но в энергетике эта трансформация является основной задачей. Поэтому телеграф, который с физической стороны является передачей энергии, не входит в энергетическую технику, так как его производственным содержанием служит не передача энергии, а передача сигналов; последняя же сводится к передаче энергии только в случае их полной бессодержательности, когда и речь сводится к звуковым волнам, к «сотрясению воздуха».

Для энергетической техники эта энергетическая сторона является производственно-техническим, а не только физическим содержанием процессов. Энергетическая техника — это техника, придающая закону сохранения энергии производственно-техническую осязаемость.

Но закон сохранения энергии имеет две стороны. Во-первых, количественную, отрицательную сторону, известную со времени Декарта, знавшего, что движение не уничтожаемо. Представление о количественной эквивалентности различных видов энергии является развитием старой картезианской мысли о неуничтожаемости движения. Если бы мы, говоря о законе сохранения энергии, ограничились этой количе-

¹ Маркс и Энгельс, Сочинения, т. XIV, стр. 548—561.

ственной стороной, то и всю техническую проблему энергетики мы свели бы к проблеме коэффициента полезного действия. В действительности принцип сохранения и единства энергии в качестве руководящего принципа энергетической техники вовсе не исчерпывается количественной интерпретацией. Его положительная часть, т. е. не сохранение, а превращение энергии, является качественной и самой важной частью. В предисловии к «Анти-Дюрингу» Энгельс пишет: «Если еще десять лет тому назад вновь открытый великий основной закон движения понимали как простой закон сохранения энергии, как простое выражение неразрушимости и несозидаемости движения, следовательно, просто с его (закона) количественной стороны, то в настоящее время это узкое отрицательное определение все больше и больше вытесняется положительным — именно учением о превращении энергии, и в этом определении ясно выражено качественное содержание процесса»¹.

Коэффициент полезного действия является мерой технического воплощения отрицательной и количественной стороны принципа единства энергии. Что же является мерой главной, положительной, качественной стороны? Универсальность и широта энергетических трансформаций. В этом все дело.

Именно в последовательном, все более полном производственном применении превращения энергии, в растущей легкости, гибкости и универсальности энергетических переходов заключалась основная линия в развитии энергетической техники. Поэтому для производственной реализации качественной стороны закона сохранения энергии решающее значение имело электричество, замкнувшее — по выражению Энгельса — круг полезных трансформаций энергии².

Роль электричества в энергетической технике и само это понятие станут яснее, если отыскать реальное единство различных областей энергетики.

Водяное колесо, тепловая машина, электродвигатель и т. д. — все это машины, в которых происходит работа. Но в каждом из этих агрегатов единство движения осуществляется лишь частично. Поэтому каждый из них является представителем частичной энергетической техники — теплотехники, гидротехники и т. д. Но можно говорить и об единой энергетической технике, генезис которой и является предметом нашего курса. Если котлы и паровые турбины относятся к теплотехнике, гидравлические двигатели — к гидротехнике, а генераторы и передачи — к электротехнике, то нужно, очевидно, привести в качестве примера единой энергетической техники такую систему, которая включает реально физически объединенные паровые турбины, гидравлические турбины, электрические передачи и т. д. Каждая районная сеть является таким реальным и конкретным единством различных видов энергетической техники. Само выражение «тепло-

¹ Маркс и Энгельс, Сочинения, т. XIV, стр. 11.

² Маркс и Энгельс, Сочинения, т. XXVII, стр. 289.

вая часть» электростанции указывает, что теплотехника становится частью единой энергетической техники. Поэтому на вопрос, существует ли энергетическая техника как целое, мы можем дать ответ только в историческом разрезе: энергетическая техника как целое, как реальное единство теплотехники, электротехники, гидротехники и т. д. возникает, существует и развивается вместе с электрификацией. Это — историческая категория. Было время, когда такая единая энергетическая техника не существовала. Например, в XVI—XVII вв. энергетическая техника не была единством теплотехники и гидротехники, а сводилась к водяным колесам. В продолжение первых трех четвертей XIX в. энергетическая техника как целое в современном понимании также не существовала, так как она сводилась в основном к использованию паровой машины. Физическое единство гидравлических и тепловых двигателей создается только электрификацией. Электрическая передача — вот первое звено единой энергетики. С этой точки зрения подлинная история энергетической техники начинается только технической революцией, произведенной электричеством. Что же касается всей предыдущей эпохи, то это — предистория единой энергетической техники, когда вызревали предпосылки электрификации, предпосылки единой энергетической техники. Эти предпосылки заключались в постепенном техническом использовании единства форм энергии, единства, получающего в электрификации законченную форму.

Значит ли это, что в указанную эпоху вообще нельзя было говорить об энергетической технике? Нет, это было бы неправильно. Конечно, гидравлическое колесо не создает единой энергетической системы, но это колесо трансформирует движение в пределах одной его формы. А паровая машина объединяет две различные формы движения: теплоту и механическое движение. Таким образом уже здесь осуществлено, правда, примитивно и частично, то единство энергии, которое позволяет нам говорить о реальности энергетической техники.

Основным направлением развития энергетической техники является последовательное, все более полное воплощение в практике, в технике, в производстве принципа единства и сохранения энергии. В этой эволюции красной нитью проходит единство энергии, трансформация ее форм, постепенное выкристаллизовывание того единства энергетического хозяйства, которое находит свое полное выражение в электрификации. Посмотрим, как это происходило исторически, и мы убедимся, что революция, произведенная электричеством, была итогом всего развития энергетической техники. Мы увидим, что развитие энергетической техники опиралось на все новые формы движения и заключалось в осуществлении единства этих форм.

Первый шаг энергетической техники — это получение огня с помощью трения, т. е. превращение механического движения в теплоту. Обратный переход осуществился не скоро. Если превращение механической работы в теплоту было достигнуто в до-

исторические времена, то прошло несколько сотен тысячелетий, пока было осуществлено в паровой машине превращение теплоты в механическую работу. И только тогда человечество овладело теплотой. До этого почти вся энергетическая техника была замкнута в рамках только одной формы движения — механического перемещения. Так называемые простые машины — рычаги, винты, наклонные плоскости и блоки, которые применялись уже в древние времена, — трансформировали направление и скорость механических сил. Уже в древности применялся гидравлический двигатель, а также ветряной. Но они имели дело с природной кинетической энергией, они использовали энергию водного или воздушного потока для вращения мельничного постава, движения насоса, мехов и т. д., и здесь, как и в простых машинах, дело ограничивалось трансформацией движения в рамках одной его формы. Поэтому энергетическая техника не только докапиталистического, но и мануфактурного производства была механической техникой. Это наложило яркий отпечаток на естествознание XVII—XVIII вв. и первые представления об электричестве.

Промышленный переворот вызвал к жизни применение новых форм движения. В Англии — стране, где промышленный переворот принял свою классическую форму, — машинная текстильная индустрия создала химическую промышленность. На рубеже XVIII и XIX вв. английская химическая технология применяет новое орудие — вольтов столб, в котором впервые электричество непрерывно возникало из химического движения и затем снова в него переходило.

Во Франции технический переворот происходил не в такой классической форме, как в Англии. В дальнейшем мы рассмотрим, как специфические черты промышленного и политического развития европейского континента привели к открытиям в области электромагнетизма и к созданию электродинамики.

Промышленный переворот создал электростатику в Англии и электродинамику во Франции. Работы Фарадея осуществили синтез этих двух направлений. Реальные корни работ Фарадея заключались в революции, произведенной паровой машиной. В паровой машине техника берет из природы не механическую энергию, не ограничивается трансформацией направления и скорости сил, здесь она впервые замыкает круг взаимного превращения теплоты и механического движения.

Наука не сразу сделала вывод, подсказанный распространением паровой машины. Этот вывод — единство теплоты и механического движения, превращение и эквивалентность теплоты и механической работы, т. е. теоретическое обобщение революции, произведенной паром, — прежде всего был сделан Сади Карно. После него Джоуль, Майер и др. создали механическую теорию тепла, ввели понятие о механическом эквиваленте теплоты, и это было обобщено законом сохранения энергии. Но еще до этого идея перехода одного вида энергии в другой стала руководящей идеей естествознания, и, исходя из нее, Михаил Фарадей пришел к своим открытиям.

В результате революции, произведенной паром, создались новые рычаги капиталистической эксплуатации, подчиняющие рабочего капиталистической команде. Они заключались в усовершенствовании паровой машины и распространении паровой техники. Где в это время применялось электричество? В период, когда капитализм нашел в паровой технике адекватную техническую базу фабричного закабаления труда, электричество было ограничено внепромышленной сферой и применялось сначала для связи, потом для освещения. Электрическое освещение, в последнем счете связанное с ростом капиталистических городов и, следовательно, с паровой промышленной техникой, вызвало к жизни применение электрических генераторов. В 70-х годах стало широко известно единство генератора и электромотора. Это было одним из крупнейших поворотных моментов энергетической техники, потому что после открытия обратимости работы генератора и электрического двигателя электричество стало универсальным промежуточным звеном энергетических переходов. Отныне энергетические переходы стали совершаться при посредстве электричества. Электричество позволило объединить энергетические процессы, находящиеся на очень большом расстоянии. Конечно, решающим звеном была не сама обратимость работы генератора и двигателя, а реализация этой обратимости — соединение генератора и двигателя электрической передачей, передача энергии на расстояние при помощи электричества. Она была впервые осуществлена в 1883 г. Марселем Дебре на Мюнхенской выставке. Основатели нашего мировоззрения с колоссальным интересом следили за этими опытами и разглядели в первых примитивных опытах электропередачи контуры грядущей электрической техники, революционный характер этой техники и ее несовместимость с классовым обществом. Энгельс писал, что электрическая техника замыкает круг полезных трансформаций энергии. Таким образом применение электрической передачи энергии — это завершение всего предыдущего развития энергетической техники. Электричество — это энергия в обобщенном виде, электрификация — это объединение всех энергетических процессов, принимаемых в технике.

Открытие Дебре было предпосылкой революции, произведенной электричеством. Самый переворот произошел в 90-х годах. После механической революции XVIII в. и революции, произведенной паром, это был третий промышленный переворот¹, создавший современную технику.

Когда мы говорим о современной технике, то мы обычно имеем в виду два комплекса явлений: с одной стороны, новейшей техникой мы считаем тракторы, автомобили, самолеты, дизели, турбины, поточное производство, серийность, стандартизацию, конвейер, механизацию, индивидуальный привод, многомоторный привод, электроавтоматизацию, а с другой стороны, синтетическое

¹ Г. М. Кржижановский, Маркс о революционном прогрессе техники, «Известия Энергетического института», т. I.

сырье, искусственное волокно, сплавы, алюминий, химизацию вообще и электрохимию в частности. Эти два комплекса соответствуют двум турам революции, произведенной электричеством. В первую очередь в 90-х годах электрификация охватила силовой аппарат. Это означало коренную реконструкцию силового аппарата промышленности в направлении автоматизации. Но была ли эта автоматизация последовательной, полной, завершенной? Нет, совершенно очевидно, что она далеко не завершена и сейчас. В непрерывную сеть трансформаций энергии не включено вещество, его изменение, превращение, т. е. химия. Только тогда, когда силовая реконструкция сольется с химизацией производства, только тогда автоматизация может быть завершена. Перешагнуть этот барьер — значит, реконструировать всю промышленную технологию, значит, оперировать новыми видами сырья и получать совершенно новые продукты и, следовательно, перекрыть существующие технологические отрасли производства. Конечно, такая реконструкция недоступна капитализму. Капиталистическое хозяйство знает химизацию, новые виды синтетического сырья, новые материалы, пластмассы, новые производства. Эти новые отрасли существуют и помогают нам разобраться в направлении развития современной техники. Новые отрасли капиталистической промышленности до кризиса отличались даже бурными темпами развития. Но, несмотря на это, они остаются придатком к старым технологическим отраслям. В капиталистическом хозяйстве для них не может существовать иной роли. А между тем, дальнейшее развитие автоматизма действительно требует реконструкции технологии. Для автоматизма необходимы высокие механические и электрические напряжения, высокие температуры и давления. Ускорение всех производственных процессов, всех технически применяемых реакций везде требует высокого потенциала. Старый металлический костяк техники — чугун, железо, обычная сталь — не выдерживает таких напряжений. Старые виды неметаллического сырья — дерево, шерсть, волокно, все эти продукты естественного происхождения, не могут поспеть за ускорившимся и синхронным хозяйственным процессом. Новые виды сырья для промышленности означают переход от механической обработки имеющихся в природе материалов к химическому получению новых. Маркс предвидел этот переход, когда писал, что по мере овладения человечеством химическими методами и реакциями механическая обработка будет все более уступать место химическому воздействию.

Но капитализму недоступна ни коренная реконструкция технологии, ни объединение энергетики. Это видно из всей истории капиталистической электрификации. Предпосылкой подлинной электрификации является социалистическая революция. После великой социалистической революции в нашей стране ленинский план электрификации стал исходным пунктом реконструкции народного хозяйства.

Каковы же последовательные этапы развития энергетической техники в социалистическом производстве? СССР научился

строить крупнейшие гидростанции, сжигать местное топливо, овладеть техникой высокого давления, а в электротехнике достиг уровня передовых капиталистических стран по концентрации мощностей на станциях (генераторы в 50—100 мвт) и в передачах (линии в 110 и 220 кв). Все это будет полностью освоено во втором пятилетии. Дальше пойдет созидание новой электрической техники.

Мы уже сейчас видим довольно отчетливые очертания этой техники. Центральным звеном ее будет единая высоковольтная сеть сверхмагистральных передач, перебрасывающих миллионы киловатт на тысячи километров.

Мы бегло наметили основные этапы энергетической техники, рассматривая роль и значение электричества в трансформациях энергии и в техническом применении этих трансформаций. Электричество играет в этом развитии особую роль, так как оно все больше и больше осуществляет связь и единство всех форм энергии. Мы видим, что каждой общественной формации соответствует определенная ступень энергетической техники, определенная форма технического использования и сочетания энергетических переходов. Отсюда вытекает характер изложения. Нужно последовательно рассмотреть энергетику докапиталистических формаций, затем энергетическую технику капитализма на различных его ступенях и, наконец, новую энергетику, раскрепощенную от антагонистической узды, объединенную и планомерно развивающуюся энергетическую технику социализма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркс, Энгельс, Ленин и Сталин, О технике, ГТИ, 1931.
 2. Энгельс, Диалектика природы, Сочинения, т. XIV, М. Соцэргиз, 1931.
 3. Маркс, Ницше-философия.
 4. Маркс, Капитал, т. I, М., Соцэргиз, 1932.
 5. Маркс и Энгельс, Письма, Сочинения, т. XXIV, М., Соцэргиз, 1931.
 6. Гегель, Философия природы.
 7. Стецкий, Об упрощенстве и упрощенцах, «Правда» 4 июня 1932 г.
 8. Кржижановский, Маркс о революционном прогрессе техники, «Известия Энергетического института», т. I.
 9. Рубинштейн, Маркс о развитии техники, «Большевик» № 3, 1932.
 10. Кольман, Массовое порождение коммунистического сознания и естественные науки, ПЗМ № 1, 1934.
 11. Кузнецов, Диалектика, естественные науки и техническая реконструкция, Л., Соцэргиз, 1931.
 12. Зворыкин, Об изучении и преподавании истории техники, Сборник «История техники», М., 1934.
 13. Reuleaux, Theoretische Kinematik, 1875.
 14. Kapp, Grundlinien einer Philosophie der Technik, 1878.
 15. Lorenz, Die Theorie in der Technik, Danzig, 1911.
 16. Vowles Hugh and Margaret, The Quest for Power from Prehistoric Times to the Present Day, London, 1931.
-

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА ДОКАПИТАЛИСТИЧЕСКОЙ ЭПОХИ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА ДОКЛАССОВОГО ОБЩЕСТВА. Применение орудий. Изготовление орудий и получение огня. Значение и результаты искусственного получения огня. ЦИВИЛИЗАЦИЯ, РАБСТВО И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУСКУЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ. Гомеровский период. Памятники ранних цивилизаций. Характер рабского труда и энергетической техники рабовладельческого общества. Витрувий. Мускульная сила и механическая техника. Античная культура и феодализм

В введении мы говорили о логических переходах от законов неорганической природы к биологическим законам и от них — к закономерностям человеческой истории. Теперь мы посмотрим, как исторически произошел последний переход, как возникло человеческое общество, его техника и, в частности, энергетическая техника.

Мы знаем, что земля имеет свою историю, что она не всегда была такой, как сейчас, и мы можем прочесть эту историю, последовательно обнажая все более глубокие и древние слои земной коры. Внизу находятся самые старые слои земли, изверженные ее расплавленной сердцевиной. Здесь нет остатков жизни. Но выше, над первозданными слоями, лежат ряды сравнительно молодых напластований. Некоторые из них возникли в результате многовековой деятельности мелких организмов, оставлявших свои известковые оболочки, из которых выросли колоссальные горы. Мы находим здесь пласты угля, возникшие в ту эпоху, когда мощная растительность аккумулировала солнечную энергию и сохраняла ее в виде горючих отложений. Историческая геология, картина последовательного развития неорганической природы, переплетается с исторической биологией.

По скелетам и отпечаткам первобытных животных и растений мы восстанавливаем картину развития жизни на земле, рисуем облик гигантских ящеров, крылатых пресмыкающихся, громадных папоротников каменноугольной эпохи, наблюдаем постепенное появление современных организмов и, наконец, человека и орудий труда.

Наиболее древние остатки орудий были обнаружены в результате раскопок 1926—1932 гг., произведенных Бейпинской геологической лабораторией в Китае, которая опубликовала сообщение о найденных в пещере Чжоу-Коу-Тьян, близ Бейпина, скелетах человека. Этот человек, так называемый синантроп, т. е. китайский человек, очень близок к питекантропу — первобытному общему предку современной обезьяны и современного человека. Он появился в самом начале ледникового периода. Пещера, в которой он был найден, сложена из древнейших ледниковых отложений. Там же найдены кости первобытных зверей, около двух тысяч каменных орудий и большой слой золы. Подобные остатки орудий первобытного человека находились повсеместно в ледниковых и более поздних отложениях. Они-то и являются основным материалом для изучения первых шагов человеческой культуры. Мы знаем, что орудие является точкой перехода от биологического отбора к технологии, а в этом и заключается специфика тех форм жизни, которые свойственны человеку.

«Употребление и создание средств труда, — пишет Маркс. — хотя и свойственные в зародышевой форме некоторым видам животных, составляют специфически характерную черту человеческого процесса труда, и потому Франклин определяет человека как «а toolmaking animal», как животное, делающее орудия. Такую же важность, как строение останков костей, имеет для изучения организации исчезнувших животных видов, останки средств труда имеют для изучения исчезнувших общественно-экономических формаций. Экономические эпохи различаются не тем, что производится, а тем, как производится, какими средствами труда»¹.

Если первобытная или современная обезьяна пользуется камнем, чтобы расколоть орех, или бросает его в другого зверя и т. д. или применяет палку, сорванную с дерева, то это еще не орудие, потому что под орудием нужно подразумевать не всякий элемент природы, служащий целям живого организма, но такой элемент мертвой природы, который целесообразно изменен и приспособлен для своей новой функции. Поэтому первыми звеньями человеческой техники и человеческой культуры, первыми звеньями, которые превратили первобытную обезьяну в человека, были обработанные каменные, а также костяные и деревянные орудия. Первоначально изготовлялись неотшлифованные, грубо сделанные каменные топоры, давшие эпохе название древнего каменного века, впоследствии орудия начали шлифовать, придавать им более удобный вид, насаживать топоры, молотки и копыя на хорошо сделанные деревянные рукоятки, при этом количество каменных орудий и разнообразие их увеличилось, — это время называется новым каменным веком.

В статье «Роль труда в процессе очеловечения обезьяны»² Энгельс показал, как применение первых орудий в сущности создало человека, как изготовление орудий стало основой специализации

¹ Маркс, Капитал, т. I, изд. 8-е, М., 1932, стр. 121.

² Маркс и Энгельс, Сочинения, т. XIV, стр. 452.

рук, которые начали служить не для лазанья по деревьям, а для работы, для изготовления орудий и пользования ими. В связи с этим походка человека стала прямой, и таким образом первобытная обезьяна превратилась в первобытного человека.

После применения орудий и в результате этого применения было сделано одно из самых важных открытий человечества, с которого собственно и началась человеческая история, — была использована Великая стихийная сила неорганической природы — огонь.

О пользе огня человек мог узнать, наблюдая остатки лесных пожаров, замечая, что пожары не только угрожают человеку, но иногда дают ему возможность согреться; человек мог видеть, что животное, погибшее от пожара, если оно не совсем обуглилось, представляет собой более привлекательную и усвояемую разновидность пищи, чем сырое мясо, которым он обычно питался.

Первобытный человек, очевидно, начал с того, что спорадически пользовался теплом полупотухших лесных пожаров или других природных источников огня, а затем он научился зажигать костер огнем этих источников и сохранять его как можно дольше, наблюдая за костром и подкладывая все новые сучья. Воспоминания об этом — религиозные предания и обряды, связанные с неугасимым огнем.

Однако действительное подчинение этой стихии началось с того времени, когда человек научился получать теплоту из другой формы движения, т. е. искусственно добывать огонь ударом и трением. Именно в этих явлениях, где механическое движение переходит в теплоту, человечество нашло орудие для получения огня. Таким образом исторический переход совпадает здесь с логическим. Однако каким образом люди пришли к представлению о трении как источнике огня? Характерно, что обычные объяснения устраняют трудовую практику человечества из числа возможных причин и апеллируют к совершенно неправдоподобному образу доисторического мыслителя. Это — общая черта ряда теорий, начиная от величественного мифа о Прометее и кончая жалкой теорией «трущихся веток». Сторонники этой теории утверждали, что человек начал получать огонь трением одного куска дерева о другой, после того как неоднократно наблюдал трение одной ветки о другую во время бури, вызванное этим нагревание и возникновение огня. Эта теория была бы правдоподобна, если бы хоть раз кто-нибудь видел, как дерево загорается от ветра в результате трения веток. Но для такого утверждения нужно никогда не видеть реального ветра и реального дерева или видеть их лишь сквозь окна телертерского кабинета и дымку гелертерской ограниченности.

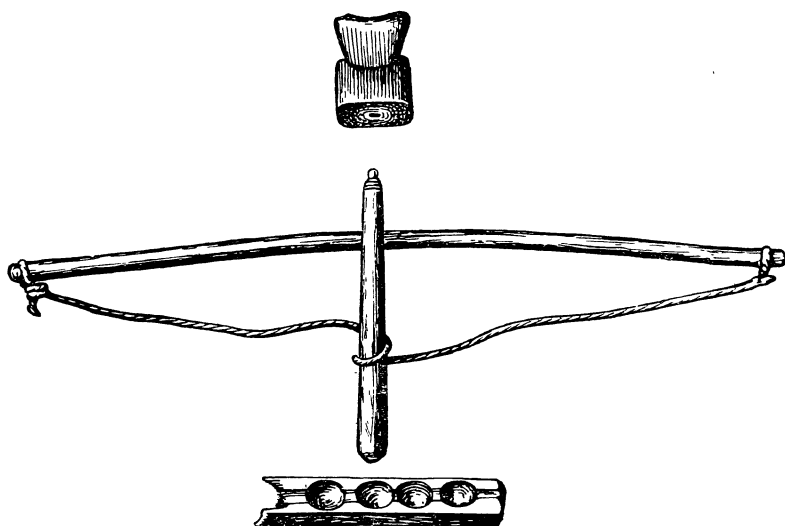
Между тем, связь получения огня трением с трудовой практикой человечества чрезвычайно ярко видна в свете современной техники дикарей. Ископаемые орудия, свидетели и показатели первобытной культуры, должны быть сопоставлены с современной техникой диких народов. Тут мы видим полное соответствие, настолько полное, что можно встретить современного дикаря, кото-

рый ни обликом, ни техникой, ни бытом не отличается от того образа первобытного человека, который составил на основе ископаемых находок. В свое время на севере среди никогда не тающих напластований был найден оледеневший мамонт, сохранившийся в продолжение тысячелетий в неизменном виде, и появилась надежда найти когда-нибудь труп первобытного предка современного человека. В связи с этим отмечалось, что в случае такой находки возможно не удалось бы узнать, кому принадлежит найденный труп: современнику мамонта или современному дикарю какого-нибудь угла приполярной области, где до сих пор сшивают шкуры жилами зверей и даже применяют орудия из камня и кости, в том числе мамонтовой. Кстати заметим, что в наше время и в нашей стране еще недавно отсталые народы так быстро пробежали расстояние, отделявшее их от передовых, что возле нашего полярного туземца мы встретили бы не каменный топор, а скорее пачку квитанций о подписке на газеты.

Если посмотреть, каким образом некоторые племена получают теперь огонь, станет чрезвычайно ясной та дорога, которая привела человека доисторической эпохи к искусственному получению огня. Ряд народов до сих пор высекает огонь ударом камня о камень. Первобытный человек, с тех пор как он начал изготовлять орудия, неоднократно применял трение и удар в своей примитивной технике. Ведь обработка камня для получения каменных топоров, ножей и других каменных орудий производилась путем удара одного камня о другой, причем из камня высекались искры. Эти искры легко могли зажечь размельченное дерево, и таким образом человек при выделке каменного орудия мог непосредственно, без всякого промежуточного звена, перейти к тому способу искусственного получения огня, который применяется до сих пор. Все последующее развитие этого способа заключалось в переходе от одного из камней к куску железа. Но уже в первобытные времена люди пользовались железной рудой как одним из соприкасающихся во время удара камней. В языке до сих пор сохранились следы этого способа получения огня. Например, до сих пор в Германии пирит, которым пользовались для высекания огня в первобытную эпоху, называется «feuerstein», а в русских былинах мы наталкиваемся на выражение «бел-горюч камень».

Второе явление, при котором механическое движение превращается в теплоту, — это трение. Современные способы получения огня трением показывают, при каких производственных операциях человек сталкивался с этим явлением. Туземцы острова Борнео получают огонь двумя способами. Во-первых, они зажигают дерево так называемым «огневым сверлом», когда заостренная палка упирается в мягкое дерево и приводится во вращательное движение закрученной вокруг нее струной, натянутой на лук. Вращаясь в мягком дереве, т. е. являясь сверлом, палка постепенно нагревается, и в конце концов трущийся о деревянную доску конец палки загорается. Таким же образом добывают огонь эскимосы. Ясно, что этот способ получения огня связан

с тем сверлом, которое применялось первобытными людьми для обработки дерева. Второй способ получения огня трением — это так называемая «огневая пила». Деревянная пила пилит кусок дерева, и нагревание дерева воспламеняет опилки. Эти способы получения огня при помощи трения показывают нам совершенно ясно тот путь, которым первобытный человек пришел к искусственному получению огня. Последнее было результатом механической технологии изготовления орудий. Поэтому нельзя говорить о первобытной тепловой технике. Единство теплоты и механического движения входит в технику лишь после того, как теплота начинает обратно превращаться в движение: «процесс, совершающийся при добыва-



Фиг. 1. Огневое сверло.

нии огня трением, еще носит односторонний характер. Здесь механическое движение превращается в теплоту. Чтобы завершить этот процесс, надо добиться обратного превращения этой теплоты в механическое движение, ибо только в этом случае удовлетворяется диалектика процесса и процесс замыкается — по крайней мере, на первых порах — в круге»¹.

Таким образом при получении огня трением механическое движение оказалось причиной теплоты. Так как обратного перехода еще не знали, то теплота не фигурировала в качестве энергии. Но зато механическое движение выступило здесь в качестве энергии, и поэтому мы считали получение огня первым шагом энергетической техники.

Каково историческое значение этого шага? Ответим следующей выдержкой из Энгельса:

¹ Энгельс, Диалектика природы, Сочинения, т. XIV, стр. 570.

«Практическое открытие превращения механического движения в теплоту так старо, что от него можно считать начало человеческой истории. Как бы ни были велики предшествовавшие этому открытия, — в виде изобретения орудий и приручения животных, — но, только научившись добывать огонь с помощью трения, люди впервые подчинили себе неорганическую силу природы. Какое впечатление произвело на мысль человечества это гигантское открытие, еще показывают современные народные суеверия. Еще долго спустя после введения в употребление бронзы и железа праздновали изобретение каменного ножа, этого первого орудия: все религиозные жертвоприношения совершались с помощью каменного ножа. По еврейскому преданию, Иисус Навин приказал совершить обрезание над родившимися в пустыне мужчинами при помощи каменных ножей; кельты и германцы пользовались при своих жертвоприношениях только каменными ножами. Но все это давно забыто, чего нельзя сказать об огне, получаемом при помощи трения. Долго спустя, после того, как люди ознакомились с другими способами получения огня, всякий священный огонь должен был у большинства народов добываться путем трения. Еще и поныне, согласно народному поверию большинства европейских стран, чудотворный огонь (например, у нас огонь для заклинаний против поветрия на животных) может быть зажжен лишь при помощи трения. Таким образом еще и в наше время благодарная память о первой победе человека над природой продолжает полубессознательно жить в народном суеверии, в остатках язычески-мифологических воспоминаний у образованнейших народов на земле»¹.

Каковы были последствия применения огня?

Первым результатом было то, что человек, бывший до этого самым слабым обитателем первобытного леса, подчинив себе неорганическую стихию, стал самым сильным среди представителей первобытного органического мира. Отныне уже не так часто дикие звери охотились за человеком, но чаще человек охотился за зверем. Охота стала давать человеку постоянную пищу, вместе с тем приготовление этой пищи на огне сделало ее более усвояемой и, следовательно, увеличило эффект охоты. Вторым результатом было то, что человек стал питаться не только мясом зверей, но и рыбой, так как применение огня позволило ему употреблять рыбную пищу в усвояемом виде. Все это, вместе взятое, позволяло людям расселиться по земле гораздо шире, чем до того.

* * *

В продолжение тысячелетий ширилась и развивалась человеческая культура. Первобытная дикость сменилась сравнительно более высоким варварским состоянием. На смену каменным орудиям появились медные, бронзовые и, наконец, железные. Это — высшая ступень доисторической культуры. Уже на следующем этапе появился алфавит, письменность, т. е. подлинная цивили-

¹ Маркс и Энгельс, Сочинения, т. XIV, стр. 569—570.

зация, а с ней вместе — писаная история народов. Энгельс пишет о высшей ступени варварства, что она «начинается с плавки железной руды и переходит в цивилизацию через изобретение буквенного письма и его применение к письменности. Эта ступень, самостоятельно пройденная, как уже сказано, лишь на восточном полушарии, более богата успехами производства, чем все предыдущие, вместе взятые. К ней относятся греки героической эпохи, итальянские племена незадолго до основания Рима, германцы Тацита, норманы эпохи викингов»¹.

Перечисленные племена — это еще не исторические народы, как греки позднейшей эпохи, римляне и т. п. Это или предки исторических народов, о которых последние сохранили воспоминания в преданиях и легендах, или современники исторических народов, описанные в дошедшей до нас литературе. Переход от этого состояния к цивилизации является одной из интереснейших проблем. Для техники этот период означал совершенно новую ступень. Поэтому остановимся на нем несколько дольше.

Когда, изучая человеческую историю, мы идем все дальше и дальше вглубь веков, исторические знания постепенно угасают во мраке, достоверные документы сменяются мало достоверными преданиями, сами эти предания приобретают, наконец, характер сказок и мифов, и таким образом постепенно меркнет представление об исторических судьбах человечества.

Попробуем вкратце очертить эту зарю человеческой цивилизации, когда из доисторического мрака выступают первые свидетельства о ней. Первые очаги цивилизации, оставившие нам воспоминание о себе, группируются вокруг Средиземного моря. Это был Египет, затем в стороне, но недалеко от Средиземного моря, долина Тигра и Евфрата, где возникла ассирийско-вавилонская цивилизация, затем острова Эгейского моря, где примерно за 2 000 лет до нашей эры выросла очень высокая культура, которая впоследствии была опрокинута греками. На ее развалинах греки создали свою новую эллинскую культуру, перешедшую потом к Риму.

Наиболее известным памятником кануна цивилизации является предание о троянской войне, изложенное в самом древнем и великом памятнике мировой литературы «Иллиаде». Здесь описывается нападение греческих царей на город Трою, находившуюся, повидимому, в Малой Азии. Это наиболее известная легенда древнего мира, причем она интересна тем, что Троя фигурирует в преданиях почти всех древних народов. Греки считали поход на Трою самым крупным походом своей древней героической эпохи. Римляне считали беглецов из разрушенной Трои основателями Римского государства. В египетских преданиях также фигурирует Троя. Разрозненные линии истории египтян, римлян, греков и т. д. связаны этим преданием как бы в один узел.

Энгельс считает эпоху, описанную в «Иллиаде», самым высшим

¹ Энгельс, Происхождение семьи, М., 1933, стр. 47.

расцветом варварства, откуда греки непосредственно перешли к цивилизации. «С наибольшим расцветом высшей ступени варварства мы встречаемся в творениях Гомера, особенно в «Илиаде». Сложные железные орудия; кузнечные меха, ручная мельница, гончарный круг, изготовление масла и вина, развитая, переходящая в художественное ремесло, обработка металлов, повозка и боевая колесница, постройка судов из бревен и досок, зачатки архитектуры как искусства, города, обнесенные стенами с башнями и зубцами, гомеровский эпос и вся мифология — вот главные составные части наследства, которое греки перенесли из эпохи варварства в эпоху цивилизации»¹.

Эта картина техники гомеровской эпохи составлена на основе «Иллиады». Понятно, какой интерес представляли бы ископаемые памятники Трои. Мы располагаем ими. В результате раскопок Генриха Шлимана удалось найти развалины этого города и те самые «сложные железные орудия... города, обнесенные стенами» и т. д., о которых рассказывает Гомер.

На малоазиатском побережье находится холм, известный под названием Гиссарлыкского холма. Во время раскопок оказалось, что в этом холме на 20 м возвышается над равниной естественный грунт, а 16 м под ним — это мусор, остатки зданий, каменные сгоревших и разрушенных стен, и здесь имеются отложения восьми культур, восьми городов, которые последовательно возникали один на развалинах другого. Поэтому Гиссарлыкский холм является книгой, перелистывая страницы которой, можно проследить культурное развитие человечества, начиная от далекого доисторического каменного века и кончая историей греко-римской цивилизации.

Шлиман нашел в этом холме следующие напластования: непосредственно на первоначальном естественном грунте находились остатки первого города, который существовал 4 000—3 000 лет до нашей эры, большинство орудий, найденных в этом слое, — каменные, но среди них встречаются и медные орудия, причем каменные орудия очень похожи на выкопанные в европейских неолитических местонахождениях. Впоследствии Шлиман на основании более детального изучения раскопок стал делить этот первый город на два слоя: древний — первый город — и второй город. Возможно, что медные орудия проникли в первый город из верхних наслоений, тогда первый город относится целиком к каменному веку.

Второй город был построен на обломках и развалинах первого, между 2 500 и 2 000 лет до нашей эры. Здесь наряду с медными изделиями находятся в большом количестве и бронзовые, которые по своему внешнему виду напоминают восточные сосуды той же эпохи. Перед нами то, что Энгельс называл средней ступенью варварства.

Над вторым городом расположены последовательно слои третьего, четвертого и пятого городов. Это — эпоха упадка, наступив-

¹ Энгельс, Происхождение семьи, М., 1933, стр. 26.

шая в 2 000—1 500 гг. Здесь количество находок резко уменьшается. Шестой город — это эпоха расцвета высшей ступени варварства. Старые стены, к тому времени давно погрузившиеся в грунт, были заменены новыми, уже не кирпичными, а сложенными из каменных тесаных глыб. Были построены башни и ворота, дворцы были расположены террасами по уступам холма. Найденные в этом слое остатки несут на себе следы огня и войны. Все эти дворцы, башни и стены были разрушены и сгорели во время пожара. К этому слою и городу Шлиман приурочивает предание о троянской войне и считает, что примерно за 1 500 лет до нашей эры культурный, сильный и богатый город, находившийся на холме, был разрушен микенскими царями и воспоминания об этом лежат в основе преданий о троянской войне.

Выше находятся седьмой и восьмой города. Это — время упадка, связанного с гибелью критско-микенской цивилизации. Еще выше над этим слоем находятся развалины города, который был построен греками и вторично расширен римлянами уже в исторические времена. Вот непрерывный исторический ряд от каменного века до греко-римской цивилизации. Последняя за несколько сот лет до нашей эры достигла в Греции высочайших вершин и создала непревзойденные и недостижимые образцы творчества, а затем в Риме стала культурой могущественного государства, подчинившего себе всю Южную Европу и северное побережье Африки.

Мы так подробно рассмотрели памятники ранней цивилизации, для того чтобы выявить основную черту, общую и более древним культурам и позднейшему античному миру.

Основными памятниками и более древней египетской, месопотамской, критско-микенской цивилизации и позднейшей греко-римской являются грандиозные сооружения, развалины которых сохранились до сих пор. Это прежде всего египетские пирамиды в низовьях Нила, это остатки каналов и оросительных систем в Египте и Азии, это грандиозные дворцы, театры, крепости, храмы, статуи, классические образцы зодчества и скульптуры, созданные греками и римлянами.

Чей труд создал эти грандиозные сооружения, чей труд лежал в основе этих утасших цивилизаций? Это был труд рабов. Еще в среднюю эпоху варварства, в эпоху, соответствующую первым городам Гиссарлыкского холма, «Увеличение производства во всех областях — скотоводстве, земледелии, домашнем ремесле — сделало рабочую силу человека способной производить большее количество продуктов, чем это было необходимо для поддержания ее. Вместе с тем оно увеличивало ежедневное количество труда, выпадавшее на долю каждого члена рода, семейной общины или отдельной семьи. Представлялось желательным привлечение новых рабочих сил. Война доставляла их: военнопленные стали обращаться в рабов. Первое крупное общественное разделение труда, при данных общих исторических условиях, вместе с обусловленным им увеличением производительности труда, а следовательно богатства и вместе с сопровождающим его расширением поля

производительной деятельности с необходимостью влекло за собой и рабство. Из первого крупного общественного разделения труда возникло и первое крупное разделение общества на два класса — господ и рабов, эксплуататоров и эксплуатируемых»¹.

Переход к цивилизации сделал рабовладельцев повелителями неслыханных до того масс рабов. Древние восточные цивилизации, где земледелие было основано на орошении, требовали массового труда рабов для гидротехнических сооружений. Мы замечаем общие черты, которые выступают во всех этих сооружениях. Это простая кооперация мускульных индивидуальных сил рабов с применением простых орудий труда. Маркс говорит об этом:

«В колоссальном масштабе значение простой кооперации обнаруживается в тех гигантских сооружениях, которые были воздвигнуты древними азиатскими народами, египтянами, этрусками и т. д. . . . При постановке колоссальных статуй и переноске огромных тяжестей, передвижение которых вызывает изумление, применялся почти исключительно человеческий труд самым расточительным образом. Для этого достаточно было большого числа рабочих и сосредоточения их усилий. Так из глубины океана поднимаются мощные коралловые рифы и образуют острова и суши, несмотря на то, что каждый индивидуальный участник (depository) этого процесса ничтожен, слаб и жалок»².

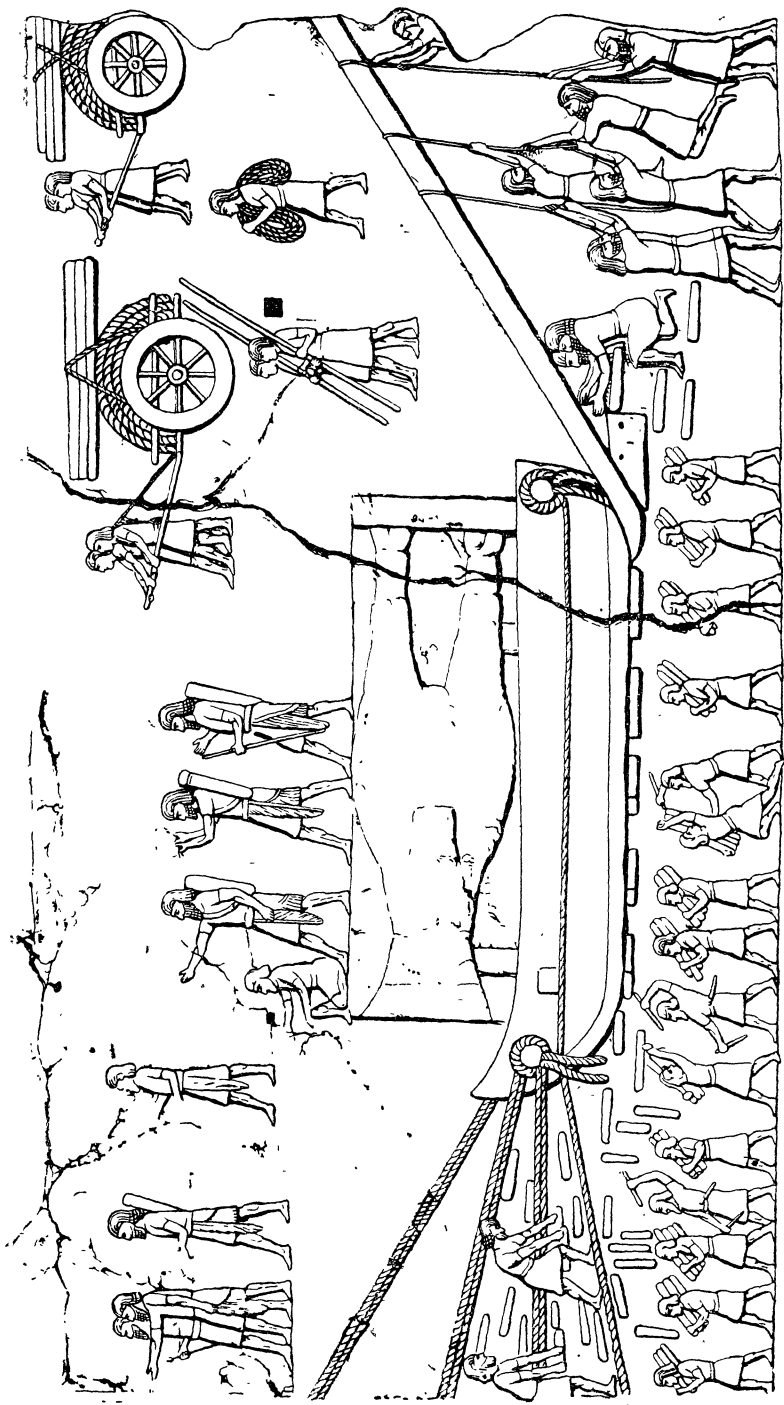
Какие орудия могли применяться при этих условиях? Конечно, лишь самые примитивные и грубые. Прежде всего это были простые механические средства типа рычага и наклонной плоскости, без которых невозможна простая кооперация даже при перенесении тяжестей. Позднее потребовались приспособления для того, чтобы движения раба трансформировать в непрерывное вращательное движение. Это — ступальные колеса. Они появились в античных цивилизациях. Античная цивилизация также была основана на рабском труде и низводила жизненную деятельность раба до роли двигательной силы хозяйства. Специфика энергетической базы рабского хозяйства — это применение мускульной энергии человека, как двигательной силы.

Среди трех элементов античного хозяйства, где работник был «instrumentum vocale» (орудие, одаренное речью), наряду с «instrumentum semivocale» (орудие, одаренное голосом, т. е. животное) и «instrumentum mutum» (немое орудие), среди этих трех элементов человек наряду с животным фигурировал в качестве двигательной силы. Поэтому энергетика восточных цивилизаций древности и античного мира использует мускульную силу как основу силового хозяйства.

Значит ли это, что неорганические силы природы не применялись вовсе? Нет, не значит. Мы встречаемся прежде всего с использованием ветра посредством парусов.

¹ Энгельс, Происхождение семьи, стр. 162.

² Маркс, Капитал, т. I, изд. 8-е, стр. 250.



Фиг. 2. Ассирийский барельеф, изображающий перевозку обелиска.

Уже в «Одиссее» говорится о парусе:

«Той порою Калипсо, богиня богинь, парусины

Крепкой ему принесла. И, устроивши парус, к нему же

Все, чтобы его развивать и свивать, прикрепивши веревки,

Он рычагами могучими сдвинул свой плот на священное море,

День совершился четвертый, когда он окончил работу»¹.

Однако основным двигателем на судах была все же мускульная сила. Флоты, принимавшие участие в важнейших войнах и походах древности, двигались веслами. И здесь мы встречаемся с характерной чертой античной энергетической техники. До какого количественного уровня доходило здесь применение мускульной силы, видно из сохранившегося перечня боевых судов Птолемея Филадельфа — тридцати- и сорокаярусных кораблей, приводимых в движение рабами.

То же можно сказать о водяных двигателях. Подобно ветру вода применялась как источник энергии, но это не было характерно для античного производства. Но мы все же будем в этой главе говорить о водяных двигателях по соображениям, о которых будет упомянуто ниже. Сказанного достаточно, для того чтобы дать общий ответ на вопрос о специфике энергетической техники древности. Теперь нужно проследить, как отразилась эта специфика в тех описаниях механизмов, которые остались от древнего мира. Прежде всего нужно упомянуть того из греческих философов, который полнее всех воплотил и отразил высокий уровень эллинской культуры и оказал наибольшее влияние на развитие европейской мысли. Книга Аристотеля «Механические проблемы» посвящена теоретическим проблемам механики, но в ней в качестве конкретных механизмов, известных Аристотелю, упоминаются: рычаг, колодезный журавль с противовесом, весы, безмен, клещи, клин, кривошип, вал, каток, полиспаст, центрифуга и металлические колеса «для изменения вращательного движения», т. е., повидимому, зубчатые колеса. Это дает некоторое представление о греческой технике IV в. Уровень ее очень низок. Ее арсенал ограничивается «простыми механизмами». В более позднюю эпоху (во втором веке) греческий механик Ктесибий, который жил в Александрии, примерно за 140 лет до нашей эры, создал и описал большое количество сложных механизмов. Витрувий говорит о Ктесибии, что он сконструировал «ряд машин, рассчитанных на украшение жизни». Это замечание чрезвычайно характерно для античного мира. Основная область строительства — это возведение больших производственных сооружений типа римского водопровода, но наряду с этим громадное значение имели непроеизводственные задачи техники.

В руках кучки рабовладельцев концентрировались колоссальные массы прибавочного продукта, и техника древности в значительной степени обслуживала неимоверно возросшее потребление господствующих классов. Этот классовый антагонистический

¹ «Одиссея», перевод Жуковского, т. V, стр. 235.

характер античного общества очень ярко выявлен в дошедших до нас сочинениях Герона Александрийского.

Герон, живший в Александрии в конце II в. до нашей эры, был учеником Ктесибия и оставил целый ряд технических сочинений. Большинство этих работ погибло, так же как и вообще большая часть древней литературы. Первые века христианства были временем дикого варварского разгрома языческой цивилизации, когда фанатики, натравленные христианскими епископами, разрушали языческие храмы, библиотеки — очаги античной культуры. Поэтому большинство сочинений греческих писателей погибло. Рукописи Ктесибия и Герона погибли еще раньше — в I в. до нашей эры — при пожаре александрийской библиотеки. Из сочинений Герона сохранилась «Pneumatica», где говорится о применении давления воздуха, воды и пара для различных устройств, особенно для религиозных церемоний и «чудес» в языческих храмах. Мы еще вспомним о них, когда будем говорить о паровой технике. Однако более характерным для техники античного мира является применение и комбинирование таких механизмов, которые были известны еще Аристотелю. Герон добился этими примитивными приспособлениями очень интересных результатов. Известен «театр автоматов» Герона, где комбинация различных валов, зубчатых колес и т. п. под влиянием падающего груза вызывала появление изображений греческих богов и героев, причем загорался огонь, раздавался звук барабанов, изображался морской бой и целый ряд других сложных манипуляций.

Основной источник сведений об античной технике — книга Витрувия «De architectura». Марк Витрувий Поллион был во время Юлия Цезаря и Августа римским инженером и в 16—13 гг. до нашей эры написал эту книгу, излагающую некоторые основные сведения о технике, приобретенные греками и, в гораздо меньшей степени, римлянами.

Здесь характерно уже само название книги. Действительно, основной отраслью античной промышленности было строительное дело. С этим связано определение «машины», данное Витрувием. Начало первой главы его книги гласит: «Машина представляет собой связанное соединение деревянных частей, представляющее большие преимущества для поднятия грузов». Здесь бросается в глаза свидетельство о «деревянном» характере античной техники, но не это интересует нас в первую очередь.

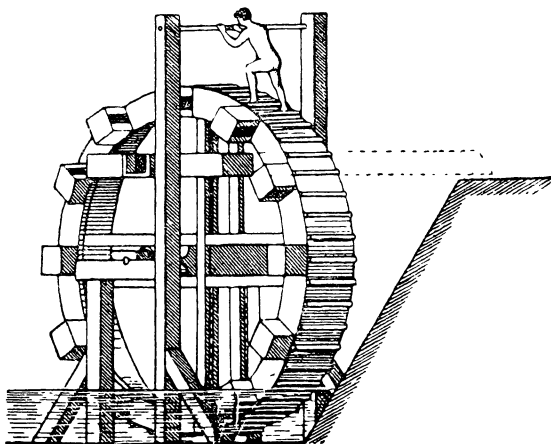
Что приводит в движение «машину»? Витрувий говорит: «Она пускается в ход искусственным путем, а именно при помощи кругового вращения». Это характеризует самую сущность античной энергетики. В основе ее лежало соединение мускульных сил, применение рабского труда как источника двигательной энергии. Античная «машина» не заменяла человека. Раб сам был низведен с человеческого существования к функционированию в качестве «говорящего орудия». Но нужно было соединить мускульные силы, трансформировать их направление и скорость и прежде всего добиться подъема таких масс, которые

не могут быть сдвинуты элементарным соединением рук рабов. Греки гениально разглядели во вращательном движении орудие для трансформации механических сил, и это было введено в определение машины.

В четвертой главе своей книги Витрувий описывает водоподъемное колесо (фиг. 3):

«Вокруг вала устанавливается колесо, по своим размерам соответствующее высоте, на которую должна быть доставлена вода, вокруг него, по внешнему кругу, устанавливаются кубические ящики, которые делаются водонепроницаемыми при помощи смолы и воска. Когда колесо путем наступания приводится в движение, то наполняющиеся ящики поднимаются вверх, и на обратном пути выливают свое содержимое в водохранилище».

Это водоподъемное колесо было тем пунктом, от которого античная техника непосредственно перешла к использованию энергии воды. Витрувий также непосредственно после этого описания переходит к водяным мельницам. Но об этом мы будем говорить особо несколько позже.



Фиг. 3. Водоподъемное колесо.

Приведенных примеров достаточно для того, чтобы сделать общее заключение о характере энергетической техники древности. В этот период человечество уже пользуется стихийными силами природы, уже сознательно опирается в своей технике на ее законы, но основной используемой силой природы остается сам человек. В первобытные времена сил человека едва хватало для сохранения его жизни. При переходе к цивилизации, отпечатавшемся в слоях Гиссарлыкского холма и полубогатых главах истории, человек уже был объектом эксплуатации. Его сила, вооруженная примитивными орудиями, соорудила грандиозные постройки древневосточных и античных цивилизаций.

Поэтому рабовладельческая техника не могла включить и не включала превращений энергии, направляемых и контролируемых человеком. Напротив, эта техника направляла и контролировала силы самого человека. Следовательно, в этот период собственно энергетическая техника еще не выделилась в особую категорию и понимать это выражение нужно условно. «Машины» античной эпохи не производили

энергию, т. е. не создавали данного вида движения из другой его формы. Древняя «машина» попросту соединяла и трансформировала силу самого человека.

Техника рабовладельческих обществ отражала их основное противоречие. Основная производительная сила этих обществ — рабы — функционировала в качестве двигательной силы, энергетической базы, т. е. в качестве объективного момента, объекта техники, а не субъекта ее.

Это общество было разрушено. Революция рабов сочеталась с нападениями варваров, которые несли зародыш нового общественного строя. Восстания рабов подрывают мощь Рима, и великая рабовладельческая империя гибнет под натиском варварских племен, которые на развалинах античной культуры и отчасти из развалин ее создают новый общественный строй — феодализм. Вместо дворцов и храмов Рима появляются феодальные замки и монастыри, которые уже были центрами феодальной, а не рабовладельческой эксплуатации. Но вот на смену феодалам приходит буржуазия, и античная культура из могилы протягивает руку помощи новому капиталистическому обществу. Сравнительно развитый в торговом и промышленном отношении античный мир своим культурным наследством начинает участвовать в борьбе нового класса против феодального мира. Буржуазия становится правопреемником и наследником античного мира. Вместе со всем этим наследством в арсеналы буржуазии переходят и технические достижения древнего мира: прежде всего рассмотренные нами механические приспособления, а вслед за ними — энергетическая техника в виде водяной мельницы, которая была впервые применена в античном рабовладельческом обществе, сохранилась в феодальном поместье, а затем была заимствована буржуазией и стала энергетической базой мануфактуры.

Поэтому можно рассматривать технику античного общества, как непосредственное преддверие энергетической техники мануфактуры. Развитие античной техники продолжается в мануфактурный период, к которому мы и перейдем в следующей главе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркс, Капитал, т. I, М., 1932.
2. Энгельс, Происхождение семьи, частной собственности и государства, М., 1931.
3. Энгельс, Диалектика природы, Сочинения, т. XIV, М., Соцэкгиз, 1931.
4. Щурц, История первобытной культуры.
5. Ратцель, Народоведение, 1902.
6. Вебер, Всеобщая история, т. I.
7. Одиссея, перевод Жуковского.
8. Бек, Очерки по истории машиностроения.
9. Витрувий, Об архитектуре, 10 книг.
10. Дильс, Античная техника, ОНТИ, 1934.
11. Feldhaus, Die Technik der Vorzeit der Geschichtlichen Zeit und der Naturvölker, Leipzig, 1914.
12. Feldhaus, Technik der Antike und des Mittelalters, Potsdam, 1931.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БАЗА МАНУФАКТУРЫ

Разложение феодализма, крестовые походы, морская торговля и генезис капиталистической промышленности. Мануфактура. Спорадическое применение машин. Маркс о мельницах. Происхождение гидравлических двигателей. Пловучее колесо. Водяные мельницы в Риме. Водяное колесо у Витрувия. Переход к подливному колесу. Водяная мельница в средние века. Водяные колеса в XV—XVI вв. Ветряные мельницы. Мельницы и мануфактурное разделение труда. Леонардо да-Винчи

Первые удары феодальной замкнутости были нанесены капиталистической торговлей, в особенности морской. Уже во время расцвета феодализма господствующие классы, накапливая в своих руках продукт прибавочного труда крестьян, обменивали его на заморские товары. Эти товары шли с Востока. Феодальные государства Европы вывозили на Восток — в Аравию, Индию и Китай — сельскохозяйственные продукты и получали предметы роскоши — изделия промышленности Востока, сравнительно высокой по техническому уровню. Непосредственными восточными соседями и торговыми контрагентами феодальной Европы были арабы. Они захватили в свои руки колоссальную область от Испании до Средней Азии и протягивали щупальцы своих военных и торговых походов в самые отдаленные и глухие углы. Под непосредственным влиянием арабской торговли вырастает торговое значение Византии. Сюда притекали хлеб, мед, меха и другие товары, награбленные нормандскими конунгами, днепровскими князьями, сеньорами Западной Европы, и отсюда же текли в феодальные замки драгоценные камни, пряности, ткани, оружие. Вслед за Византией поднимается Италия. Сначала Амальфи, затем Венеция и Генуя переходят к широким торговым сношениям с Левантом. Наконец, и Франция вступает на путь средиземноморской торговли. Южно-европейские сеньоры ищут все больших торговых преимуществ, все большей торговой добычи и стремятся укрепиться на островах Средиземного моря и его восточном берегу. Так готовятся великие военно-торговые экспедиции на Восток — «крестовые походы». С XII по XIV в. феодальные дружины бьются «за гроб господен».

против неверных». Самого беглого знакомства с фактами достаточно, чтобы увидеть действительные цели крестоносцев. Они громят Византию, заходят «по дороге» в Египет, продают в рабство арабам собственные армии и всегда ставят интересы мародерства и грабежа впереди не только религиозных, но и собственно военных задач. Крестовые походы добились Византию и поставили Италию и Францию во главе экономического развития Европы. Впоследствии эта роль перешла к Голландии и Англии: однако это относится уже к другому периоду. Непосредственно после крестовых походов торговля остается средиземноморской, и торговая гегемония принадлежит странам, расположенным на берегах Средиземного моря. Переход к следующему этапу — это походы, путешествия и открытия, организуемые Португалией и Испанией. С начала XV в. португальские экспедиции достигают ближайших островов Атлантического океана, затем Гвинеи и, наконец, открывают морской путь в Индию.

Торговля разрушила замкнутую жизнь средневековых поместий; феодальному замку пришел конец.

...«великие революции, происшедшие в торговле в XVI и XVII веках после географических открытий и быстро подвинувшие вперед развитие купеческого капитала, составляют главный момент в ряду тех, которые содействовали переходу феодального способа производства в капиталистический»¹. Новый класс — буржуазия тянется к власти. В борьбе с феодальной раздробленностью королевская власть опирается именно на нее. При поддержке горожан монархи покончили с феодальным суверенным поместьем, нанесли феодализму сокрушительный удар, и средневековая раздробленность Европы сменяется в это время государственной централизацией. Возникают современные государства. Католическая церковь, руководившая средневековым обществом, получает все более и более сильные удары. Начинается эпоха Возрождения.

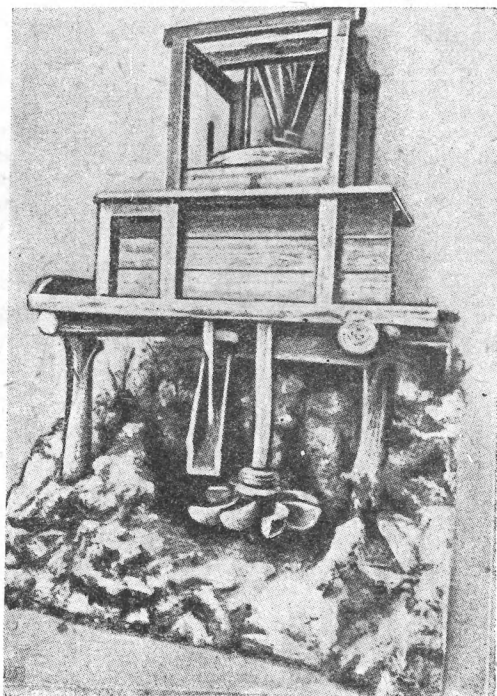
Такова картина разложения феодального общества и первых побед капитализма. За ними последовали другие. Они заключались в развитии капиталистической промышленности.

В первые годы XVII в. голландская и английская Остиндские компании начинают захватывать монопольное положение в океанской торговле с Востоком и Америкой. Во второй половине того же века навигационные акты Кромвеля закрепляют монопольное право ввоза азиатских, африканских и американских продуктов за английскими судами. Однако в Англии торговое преобладание сопровождалось быстрым развитием промышленности. Промышленное производство развивалось на основе разделения труда и соответствующей кооперации. Классической формой этой последней является мануфактура. С половины XVI в. вплоть до последней трети XVIII в. она была господствующей формой капиталистического производства. Какова же техническая база мануфактуры? Несмотря на разделение труда.

¹ Маркс, Капитал, т. III, изд. 8-е, стр. 233.

базисом мануфактуры остается ремесло, и производство попрежнему носит эмпирический характер, так как оно руководится эмпирическими производственными рецептами, найденными и закрепленными в качестве традиции. «Этот узкий технический базис исключает возможность действительного научного расчленения процесса производства, так как каждый частичный процесс, через который проходит продукт, должен быть выполнен как частичная ремесленная работа»¹. Машины sporadически применялись в рамках мануфактуры. Прежде всего это были часы и мельницы.

«Перечитав вторично свои технологически-исторические выдержки, — пишет Маркс, — я пришел к выводу, что если оставить в стороне изобретение пороха, компаса и книгопечатания — эти необходимые предпосылки буржуазного развития, — то за все время от XVI до середины XVIII века, т. е. за весь период развившейся из ремесла мануфактуры до подлинно-крупной промышленности, двумя материальными основами, на которых внутри мануфактуры строилась подготовительная работа для машинной индустрии, были часы и мельница (сначала зерновая мельница,



Фиг. 4. Румынская мельница.

в частности водяная), и оба эти механизма переняты у древности. (Водяная мельница была занесена из Малой Азии в Рим во время Юлия Цезаря»².)

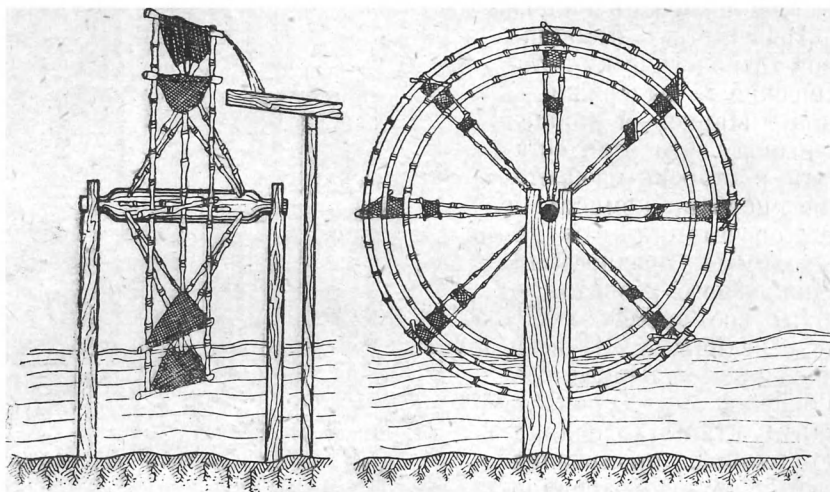
Поэтому очерк развития двигателей мануфактурного периода, т. е. основных машин, которые применялись в эту эпоху, является по существу очерком развития водяной и ветряной мельницы, главным образом, первой.

Самыми древними и примитивными водяными двигателями были плывучие колеса на устоях, вбитых в дно реки, или же установленные между лодками. Они существовали уже за

¹ Маркс, Капитал, т. I, издание 8-е, стр. 254.

² Маркс и Энгельс, Сочинения, т. XXIII, стр. 131.

3 000 лет до нашей эры на Ян-Цы-Дзяне, а также на Ниле, Ефрате, иначе говоря, в очагах речных рабовладельческих цивилизаций Востока. Правда, встречался и другой тип. В Индии уже в древнейшие времена строились мельничные колеса с лопастями, в которые ударяла вода, подведенная деревянной трубой. Они сохранились поныне и на Востоке и кое-где в Европе. В средние века лопаткам стали придавать ложкообразную форму. Фиг. 4 изображает румынскую мельницу, выставленную в Мюнхенском историческом музее. Подобные мельницы встречаются и сейчас в ряде стран. Однако основным типом было пловучее колесо. На фиг. 5 изображена так называемая китайская нория из бамбука, предназначенная для подь-



Фиг. 5. Китайская нория.

ема воды. Этот тип водяного колеса также пережил тысячелетия и существует поныне. С Востока пловучие колеса перешли в Рим, где также применялись для подъема воды и помола зерна. Эти пловучие колеса обладали низким к. п. д., но это не мешало их распространению, так как указанное свойство возмещалось легкостью сооружения. Поэтому к ним прибегали в тех случаях, когда последнее обстоятельство оказывалось решающим. Во время осады Рима остготами Велизарий устроил на Тибре пловучие колеса для накачивания воды, которые заменили разрушенный врагами водопровод.

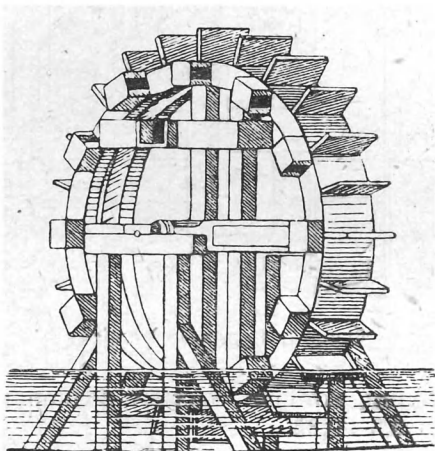
В Риме зерновая водяная мельница применялась наряду с основным для античного мира использованием мускульной силы. Водяная мельница заменяла раба и по представлениям древних облегчала его участь. Маркс указывает на это характерное отличие древности от капитализма, где всякая машина увеличивается, в последнем счете, эксплуатацию труда. Маркс упоминает следующее стихотворение Антипароса: «Дайте отдых своим рукам, о работницы, и спите безмятежно! Напрасно будет

летух возвещать вам о наступлении утра. Део поручила работу девушкам нимфам, и они легко теперь прыгают по колесам, так что сотрясаемые оси вертятся вместе со своими сплечами и заставляют вращаться тяжелый жернов. Будем же жить жизнью отцов и без труда наслаждаться дарами, которыми нас наделила богиня»¹.

Здесь речь идет о мукомольной мельнице и о применении силы воды для помола зерна. Однако у Витрувия мы видим, что водяное колесо применялось и для подъема воды.

Витрувий подробно описывает водоподъемное колесо и водяную мельницу. Перед этим он дает приведенное выше описание водоподъемного колеса, приводимого в движение рабами, а затем в гл. IV продолжает:

«В реках также устанавливаются водоподъемные колеса, подобные вышеописанным, с той-только разницей, что к ним с наружной стороны приделываются лопасти, которые, будучи увлечены течением воды, своим движением заставляют вращаться колесо и, наполняя при этом ящики водой и поднимая их кверху, без работы толкания, путем использования течения воды, сами, вращаясь, выполняют необходимую работу» (фиг. 6).



Фиг. 6. Водоподъемное колесо.

Вслед за этим описывается водяная мельница:

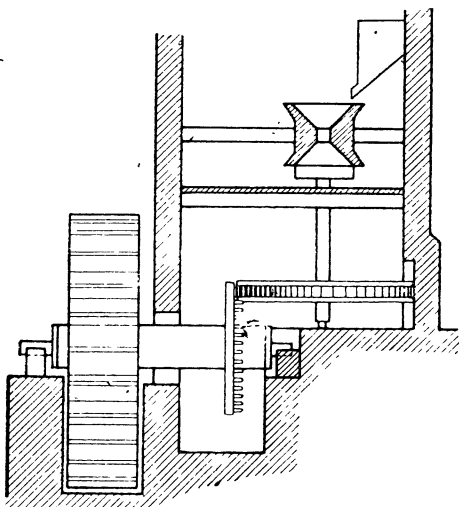
«Таким же способом приводятся в движение и водяные мельницы, при которых все устраивается так же, за исключением того, что на одном из концов вала вращается зубчатое колесо. Последнее устанавливается в вертикальном положении и вращается вместе с лопастным колесом в одинаковом с ним направлении. С ним сцепляется другое зубчатое колесо меньших размеров, установленное горизонтально, которое вращается на (вертикальном) валу, заканчивающемся в своей верхней части двойным ласточкиным хвостом, вделанным в жернов. Благодаря тому что зубцы, сидящие на валу (лопастного колеса), сцепляются с зубцами горизонтального колеса и при этом его вращают, вращается и самый жернов. Подвязанный над этой машиной желоб непрерывно подает зерно к жерновым камням, которые своим вращением размалывают его в муку» (фиг. 7)².

Это была мельница с плувучим колесом. Последнее оказалось очень живучим. Впоследствии, когда появились другие гидра-

¹ Маркс, Капитал, т. I, изд. 8-е, стр. 311.

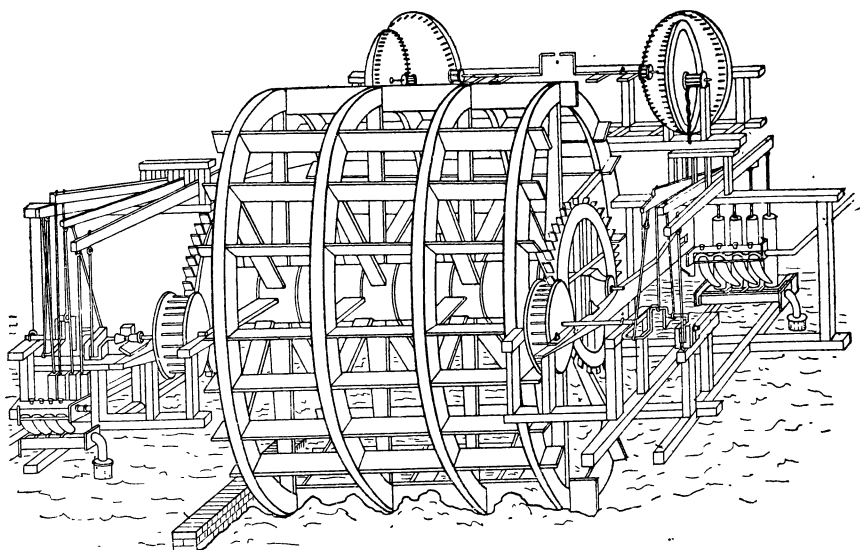
² Бек, Очерки по истории машиностроения, ГТТИ, 1933, стр. 46.

влические двигатели, пловучие колеса продолжали существовать наряду с ними. Одна из самых крупных водоподъемных установок нового времени, питавшая лондонский водопровод, приводилась в движение пловучим колесом; она изображена на фиг. 8. Первым значительным шагом гидроэнергетической техники был переход к подливным колесам. Представление об этих колесах дает фиг. 9. Здесь необходимо сооружение каналов и другие гидротехнические работы; поэтому исходным пунктом перехода к подливным колесам было развитие ирригационных систем, т. е. основное направление техники рабовладельческих цивилизаций на Востоке. Подливные колеса непосредственно примыкают к пловучим и являются результатом сочетания последних с гидротехническими соору-



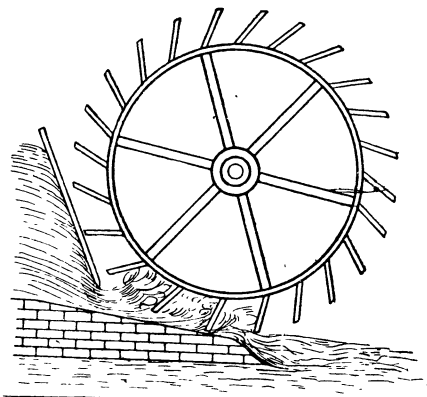
Фиг. 7. Водяная мельница.

жениями, которые создают подпор и увеличивают к. п. д. установки до 0,3—0,35.

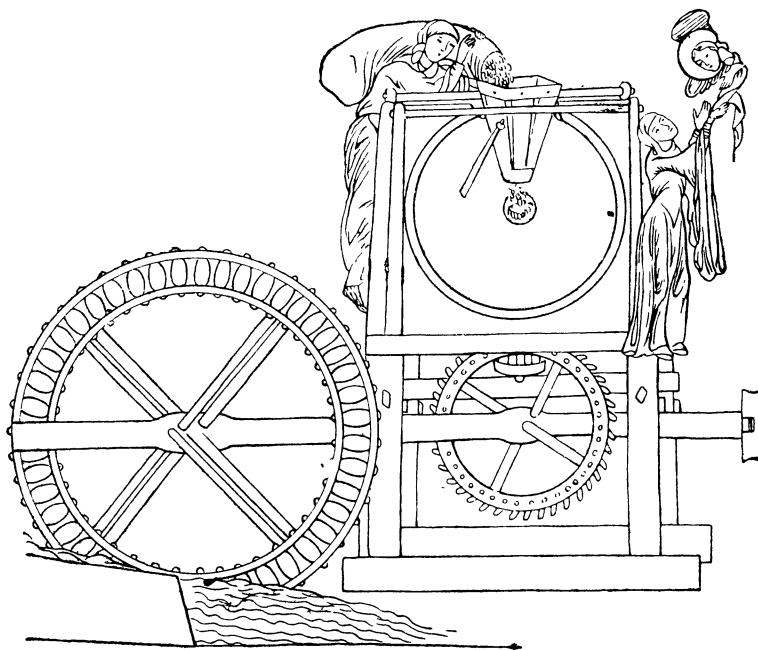


Фиг. 8. Водяное колесо лондонского водопровода XVI в.

Эта мельница, в сущности очень мало изменившись, перешла в средние века. Фиг. 10 представляет собой одно из первых изображений водяной мельницы в рукописях средневековой Европы. Оно помещено в сгоревшей во время осады Страсбурга рукописи 1160 г.¹ Упоминания о водяной мельнице становятся довольно частыми в эпоху разложения феодализма и зарождения капиталистической торговли и промышленности. В эту эпоху были изготовлены рисунки, опубликованные значительно позже, из которых видно развитие гидравлических двигателей в XV в. Это так называемые «рисунки эпохи гуситских войн» (1430), которые хра-



Фиг. 9. Подливное колесо.

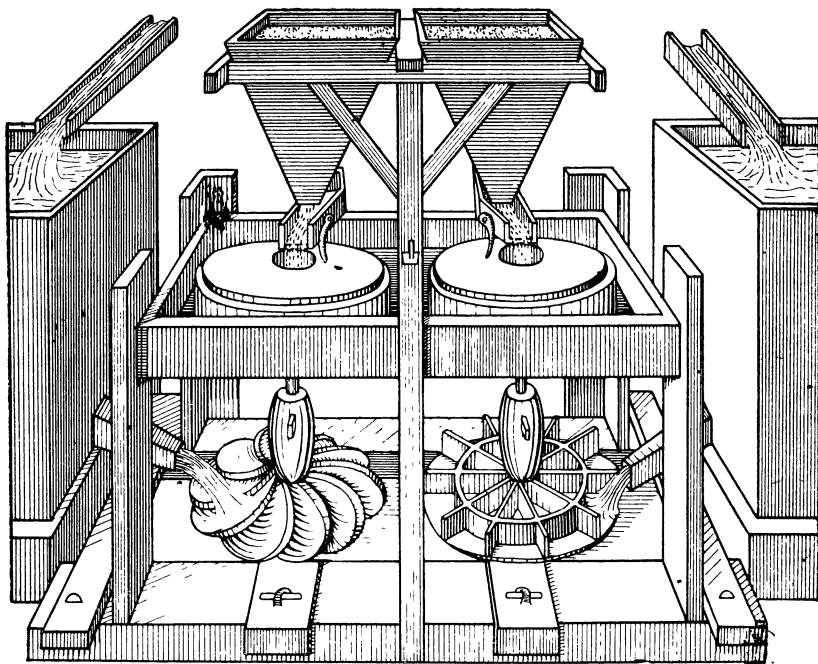


Фиг. 10. Подливное колесо XII в.

нутся сейчас в Лейпцигской библиотеке. Они изображают большое количество машин XV в. Среди них имеется несколько мель-

¹ Feldhaus, Ruhmesblätter der Technik, B. I. Leipzig, 1924, S. 69.

ниц. Укажем на три рисунка. Один изображает водяное колесо, движущее два мельничных постава (фиг. 11). Другой дает вертикальное водяное колесо (фиг. 12). На нем типичная для этой коллекции наивная надпись: «Это — водяная мельница, у которой колесо в ширину лежит на воде, а рабочий вал его стоит вертикально. Это хорошая мельница и она не требует гребенчатого колеса. Ее изобрел один римский папа»¹. Третий рисунок (фиг. 13) очень интересен, так как изображает верхнебойное колесо для кузнечных мехов. Это свидетельствует о применении такого колеса в металлургическом производстве XV в.



Фиг. 11. Водяная мельница с двумя поставами.

Развитие металлургии, характерное для XV и XVI вв., требовало сравнительно мощных двигателей, во-первых, для откачки воды из шахт, где добывалась руда, и, во-вторых, для мехов, при помощи которых металлы выплавлялись и обрабатывались. В XVI в. появилась работа Вануччио Бирингуччио «Пиротехника», которая содержит богатые сведения о металлургии этого века. Сам Бирингуччио руководил металлургическим заводом в Сиене, а потом был инженером у итальянских герцогов. Его труд содержит описание всех стадий металлургического процесса. В частности, в нем упоминается о мехов, причем говорится: «Некоторые пользуются колесом с ковшами 6, 7, 8 локтей в диа-

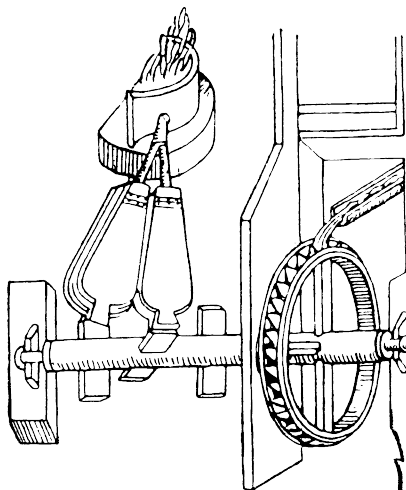
¹ Там же, S. 76, Бек, стр. 60



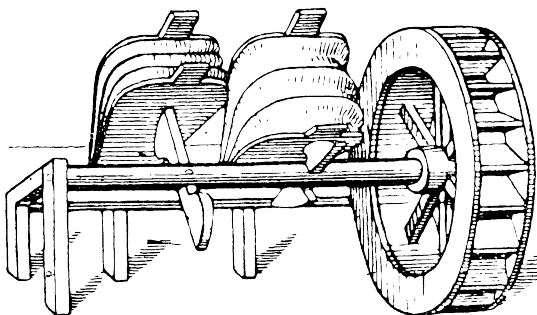
Фиг. 12. Водяное колесо с вертикальным валом.

метре, в зависимости от местонахождения и количества воды»¹ (фиг. 14).

О гидравлических двигателях упоминается и в сочинении Георга Бауера или Агриколы «De re metallica», посвя-



Фиг. 13. Верхнебойное колесо для кузнечных мехов.

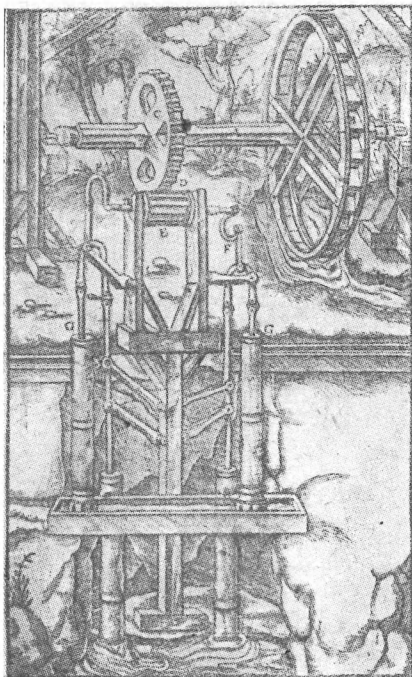


Фиг. 14. Водяное колесо Бирингучно.

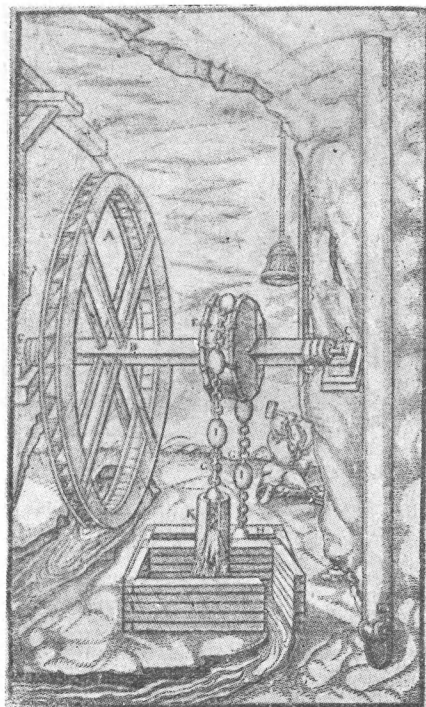
щенном в основном вопросам металлургии XVI в. Агрикола (1490—1555) напоминает своей биографией героев эпохи Возрождения, настолько разнообразна была его деятельность. Он был профессором греческого языка, затем врачом, химиком, философом, историком, саксонского герцога, бургомистром города Хемница и т. д. Его книга — подробная и полная энциклопедия техниче-

¹ Бек, стр. 74.

ских знаний своего века. Упомянутые в ней гидравлические двигатели приводят в движение водоподъемные насосы, меха и мельницы для размолва руды. Книга Агриколы содержит очень много изображений этих двигателей и описание их работы. Фиг. 15, взятая из книги Агриколы, изображает два водяных насоса, приводимые в движение подливным колесом¹, фиг. 16— верхненаливное колесо для водоотливной норы² и, наконец,



Фиг. 15. Подливное колесо с двумя насосами.



Фиг. 16. Верхненаливное колесо для откачки воды.

фиг. 17 — «самое большое» из известных Агриколе водяных колес с диаметром в 36 футов, которое может вращаться в разные стороны в зависимости от того, в какой ряд лопастей направляют воду³.

Во второй половине XVI в. широкую известность приобрело мельничное колесо, поставленное в Тулузе. Оно было коническим с винтообразно прикрепленными узкими лопатками, на которые вода действовала частично ударом, частично весом.

В конце XVI в. применение водяных мельниц стало еще более широким. Водяные колеса используются не только для помола

¹ Agricola, De re metalica, 1561, P. 147.

² Agricola, De re metalica, P. 149.

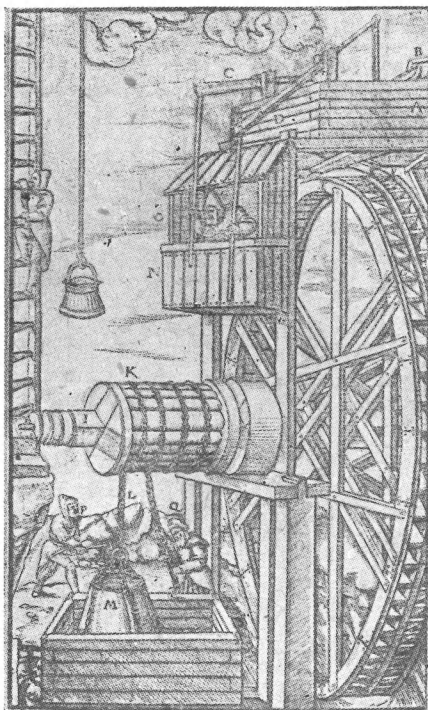
³ Там же, стр. 158.

зерна и в металлургии: они применяются в целом ряде других отраслей. Особенно часто они встречаются в богатых итальянских городах. Виттория Цонка (1568—1602), архитектор Падуи, составил перечень машин, современником которых он являлся. Здесь имеется дробильная мельница для изготовления дубильных веществ, сукновальная мельница, мельница для размола пороха и шлифовальная мельница¹.

Мы видим, что на пороге XVII в. мельницы стали чрезвычайно распространены. Характерный пример: собрание рисунков машин, составленное Якобом де-Страда — археологом и художником германских императоров — называется «Künstliche Abriss ullerhand Wassermühlen» (1618). В этом собрании мы встречаем колесо с ковшами; наптоминяющее колесо Пельтона (фиг. 18).

Наиболее богатые материалы о водяных колесах мануфактуры собраны в книге Белидора «Architectura hydraulica», вышедшей в 1740 г. В XVIII в. значительно возросло разнообразие типов водяных колес. Наряду с обычными подливными колесами с прямыми лопастями Белидор описывает целый ряд колес с ложкообразными лопастями. В Провансе и Дофинэ, по словам Белидора, господствовала водяная мельница, изображенная на фиг. 19². Подобное же колесо на вертикальном валу применялось для подъема воды³ (фиг. 20).

Белидор описывает некоторые оригинальные предложения, сделанные в его время и ставившие своей задачей повысить экономичность водяного колеса. Во Франции де-ля-Фэ сконструировал колесо с четырьмя каналами, которые, якобы, усиливали движение колеса⁴ (фиг. 21). Очень интересная конструкция изображена на табл. III книги Белидора⁵ (фиг. 22). Здесь изображено водяное колесо, приводившее в движение лесопилку. Бели-



Фиг. 17. Большое водяное колесо Агриколы.

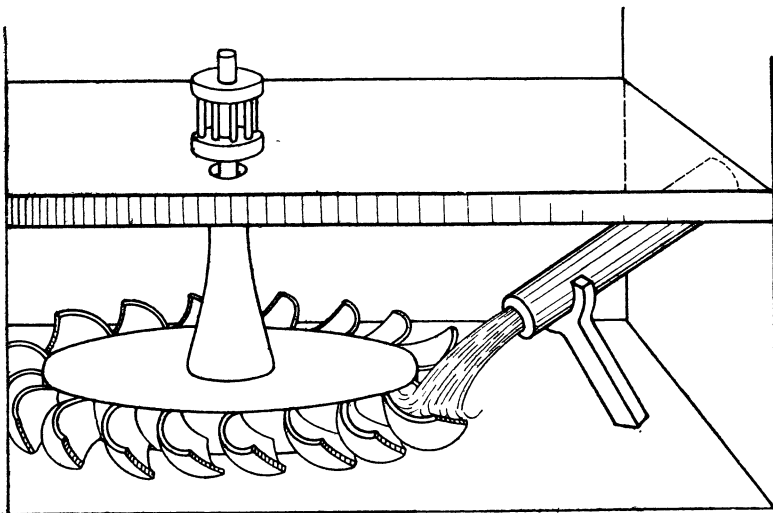
¹ Бек, стр. 204.

² Belidor, Architectura hydraulica, В. II, Augspurg, 1740, Cap. IV, Tab. IV.

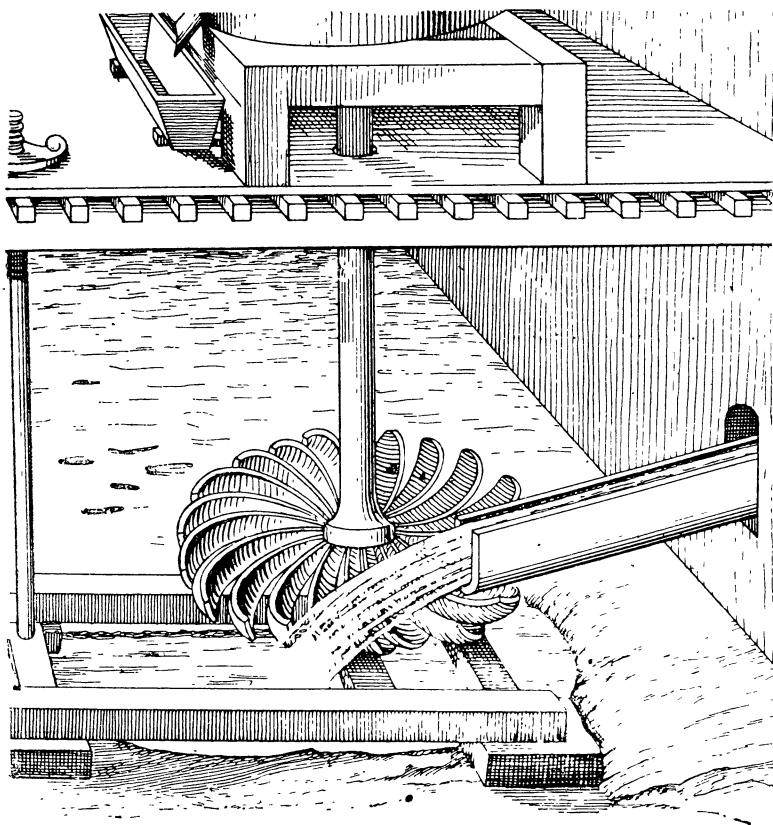
³ Там же, Tab. IV.

⁴ Там же, Cap. IX, Tab. IX, P. 4.

⁵ Там же, Cap. II, Tab. III, P. 3.



Фиг. 18. Колесо с ковшеобразными лопатками.

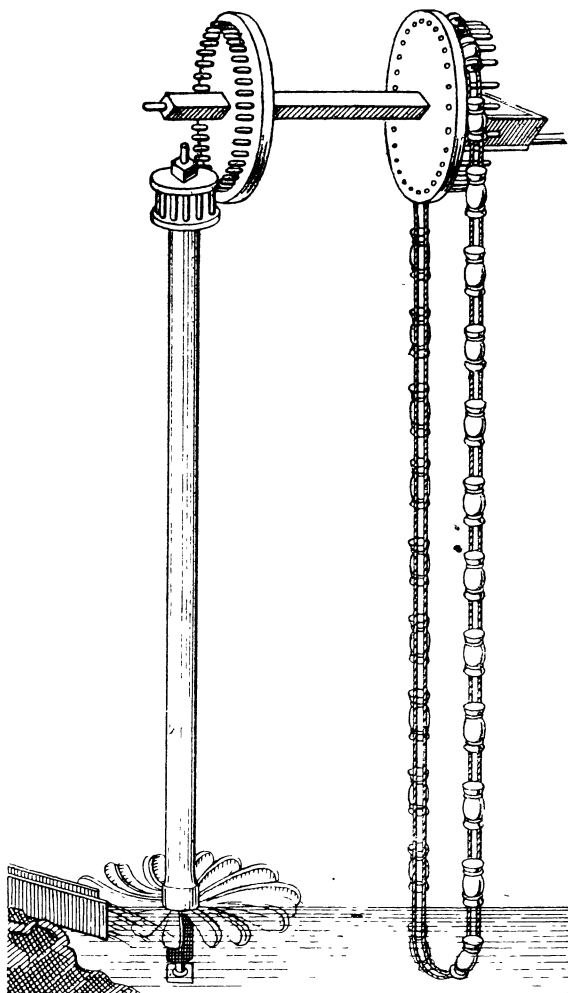


Фиг. 19. Водяная мельница Беллдора.

дор указывает, что подобные колеса применялись в горных местностях. На рисунке не видно никаких лопастей. Повидимому, сильная струя воды из запруженной горной реки могла вращать это колесо трением.

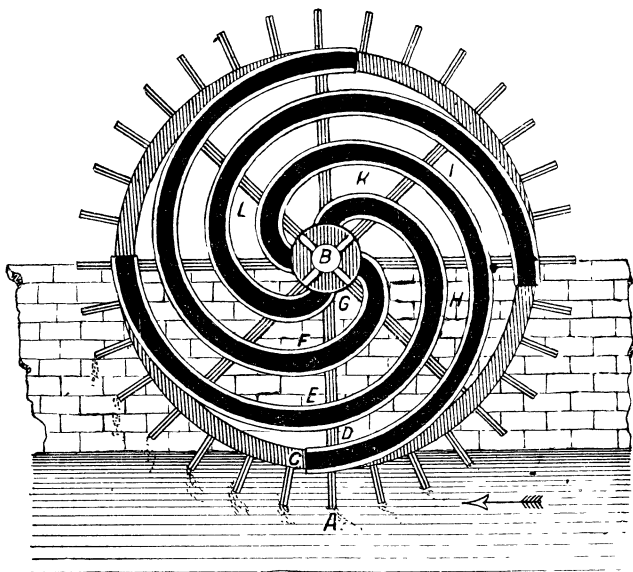
Основными двигателями эпохи являлись водяные колеса. Наряду с ними, хотя и реже, применялись ветряные мельницы. Еще в XII в. ветряная мельница упоминается в одном из документов этой эпохи — в разрешении на постройку мельницы, выданном королем одному монаху во Франции (1105 г.). Нужно заметить, что даже в XIV—XV вв. ветряная мельница была редкостью по сравнению с водяной. В рукописи, написанной около 1400 г., помещено изображение ветряной мельницы с надписью, где автор подчеркивает, что «здесь работает ветер, а не сила воды»¹. Первоначально в Европе распространилась так называемая «немецкая» или «козловая» мельница, которая при перемене ветра должна была поворачиваться вся целиком. В упоминавшихся рисунках времени гусситских войн имеются изображения такой мельницы (фиг. 24 и 25).

В Голландии получил распространение другой тип мельницы — более поздний и совершенный. Здесь при перемене ветра нужно было повернуть лишь верхнюю часть — шатер мельницы, к которому прикреплены ее крылья. Якоб де-Страда описывает такую мельницу с вращающимся шат-

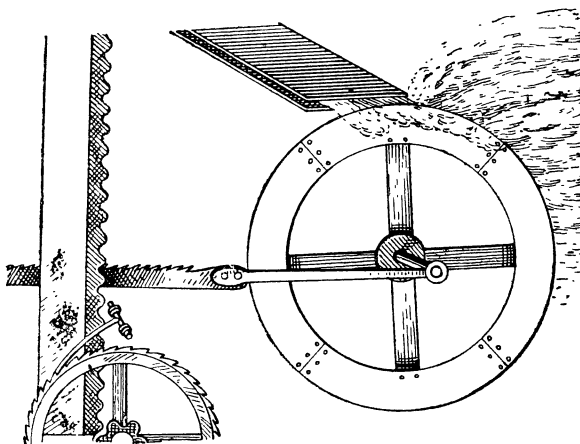


Фиг. 20. Водоподъемное колесо Белидора.

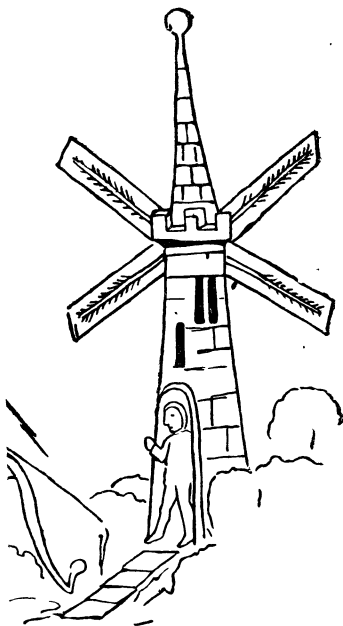
¹ Feldhaus, S. 83.



Фиг. 21. Колесо де ля-Фа.



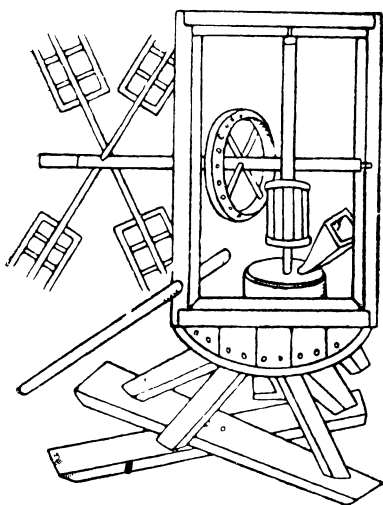
Фиг. 22. Лесопилка.



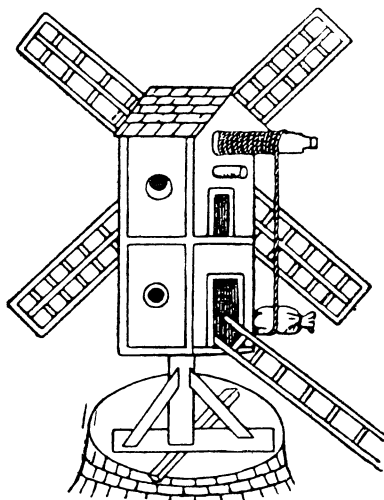
Фиг. 23. Рисунок ветряной мельницы из рукописи 1400 г.

ром¹. К ней присоединена четковая помпа и мельничный постав (фиг. 26). На низменной равнине Голландии, где вода не являлась источником энергии, а, напротив, была врагом, с которым нужно было бороться, энергетическая техника в виде ветряных мельниц получила широкое распространение. Откачка воды насосами, приводимыми в движение ветряными мельницами, отвоевала у моря и болот значительную часть этой страны.

В XVII в. применение мельниц чрезвычайно сильно расширилось. Приведем перечень предприятий, где применялись водяные двигатели: мельницы-круподерки (первая в 1660 г. в Саардаме), маслобойки (со второй половины XVII в. в Голландии), лесо-



Фиг. 24. Рисунок немецкой мельницы эпохи гусситских войн.



Фиг. 25. Немецкая мельница с приспособлением для подъема мешков.

илки (с 1575 г.), токарные станки (усовершенствованные в 1661 г.), сверлильные станки (упоминающиеся у Леонардо да Винчи и Бирингуччио), кузницы (с XV в.), резка металлов (с XVI в.), шлифовка (с XVI в.), проволочные волочильни (с XV в.), латунные заводы (с XV в.), воздуходушные меха (XV в.), производство бумаги (XVII в.), пороховые заводы (XVI в.), красильни (XVI в.), тростильные мануфактуры (с XVII в. в Италии), ленточные станки (с конца XVI в.), сукновальни (с XVI в.), гладильные машины (с XVII в.)².

Мы видим, что эпоха разложения феодализма и развития мануфактурного производства сопровождается все более широким и разнообразным применением водяной мельницы. Поэтому мы

¹ Бек, стр. 262.

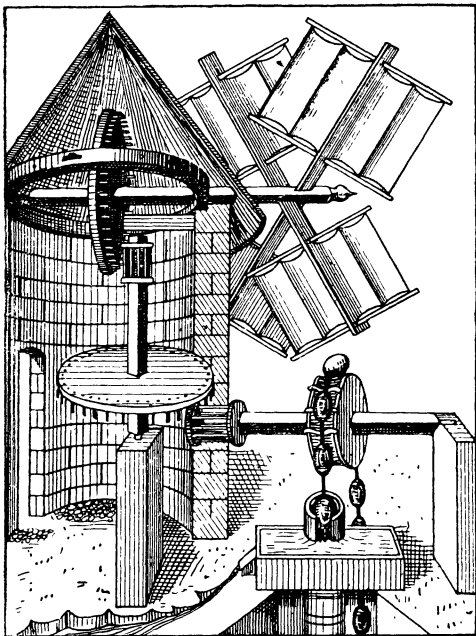
² Зомбарт, Техника эпохи раннего капитализма, М., 1925.

можем с полным правом назвать гидравлические и ветряные двигатели энергетической базой мануфактуры.

Период мануфактур нас интересует здесь с точки зрения подготовки машинной техники. С этой стороны лучше всего остановиться на фигуре Леонардо да-Винчи. Это нам даст наиболее конкретное представление о такой подготовке.

Леонардо родился в 1452 г. и сначала был придворным скрипачом у Людовика Сфорца — кондотьера, правившего Миланом. Но

разносторонность гения проявилась с первых шагов его жизни в Милане. Придворный скрипач оказался основателем Миланской академии наук, выдающимся скульптором и живописцем. Этот гениальный художник и ученый был уже в Милане крупнейшим инженером. В 1497 г. он приступает к сооружению судоходного канала в Мартезани и другим гидротехническим работам. В 1499 г. Сфорца был свергнут, и Леонардо уехал во Флоренцию. За время, проведенное в Милане, Леонардо написал «Тайную вечерю», оставил ряд работ по анатомии и свое сочинение о свете и тени. Дальнейшая биография Леонардо отражает бурный характер эпохи. Он переезжает из Флоренции в Милан, из Милана снова во Флоренцию, затем в Рим,



Фиг. 26. Голландская мельница.

опять в Милан и, наконец, во Францию. Здесь он умер в 1519 г.

Большинство физических и технических сочинений Леонардо пропало. Сюда относятся «Книга о движении», «Об ударе», «Части машин», «О моменте силы». Какую невоснаградимую потерю для человечества представляют эти затерянные труды, становится ясным, когда знакомишься с сохранившимися эскизами и набросками. Их больше тысячи в одном только «Codice atlantico». Эти эскизы являются блестящей иллюстрацией приведенного выше замечания о подготовке машинной индустрии в недрах мануфактурного производства. Возрождение гениальных, простых и глубоких понятий классической древности на базе гораздо более широкой, чем у древних, в частности, на основе спорадического применения машин, и в первую очередь гидравлических двигателей, — все эти черты века получили в научно-технических работах Леонардо чеканное, рельефное и полное отображение. Его

могучий гений вобрал те черты и тенденции эпохи ремесленной эмпирической техники и мануфактурного разделения труда, которые подготавливали грядущее торжество машинной индустрии. Поэтому Леонардо оказался далеко впереди своего века.

В этюдах Леонардо мы встречаем ряд математических теорий, некоторые основные представления механики и оптики, совершенно правильные замечания о трении, чертежи и описания рациональных систем зубчатых колес. Громадный исторический интерес представляют механизмы для превращения поступательно-возвратного движения во вращательное. Дальше мы видим антифрикционные ролики, клапаны, измерительные приборы, счетчики числа оборотов, цепи, не отличающиеся от современных цепей Галля, и т. д. Наряду с ними даны чертежи и описание машин для тех отраслей промышленности, которые возникли в связи с мануфактурным разделением труда.

Это — воздуходувные машины, землечерпательные устройства, пилы, станки для нарезки гаек и винтов, насечки литья, прокатные и волочильные станы, машины для полировки зеркал, распиливания камней, сукновальни и множество других. Конечно, у Леонардо имелось и колоссальное количество военных изобретений. Таковы усовершенствованные пушки, с разработанным технологическим процессом их отливки, лук для метания камней и т. д. Если лук примыкает к военной технике древности, то нарисованная Леонардо револьверная пушка опережает современную ему технику на четверста лет. Наконец, у Леонардо мы находим чрезвычайно интересные чертежи водяных лыж, автомобиля и самолетов. Неудивительно, что история любой отрасли промышленности принуждена помещать у своих истоков творчество Леонардо да-Винчи. То же относится к истории математики, физики, живописи и т. д.

В эскизах Леонардо поражает исключительная смелость и оригинальность технических решений, их классический характер, высокий уровень технического творчества и то изумительное изящество и простота, которые напоминают работы древних греков. Здесь эти классические черты приложены к «несравненно высшей ступени развития промышленности и торговли, созданной средневековым бюргерством»¹, и поэтому сочетаются с широтой и универсальностью, неизвестными классической древности. Таким образом фигура Леонардо как нельзя более ярко подтверждает известную характеристику Ренессанса, данную Энгельсом и приведенную ниже.

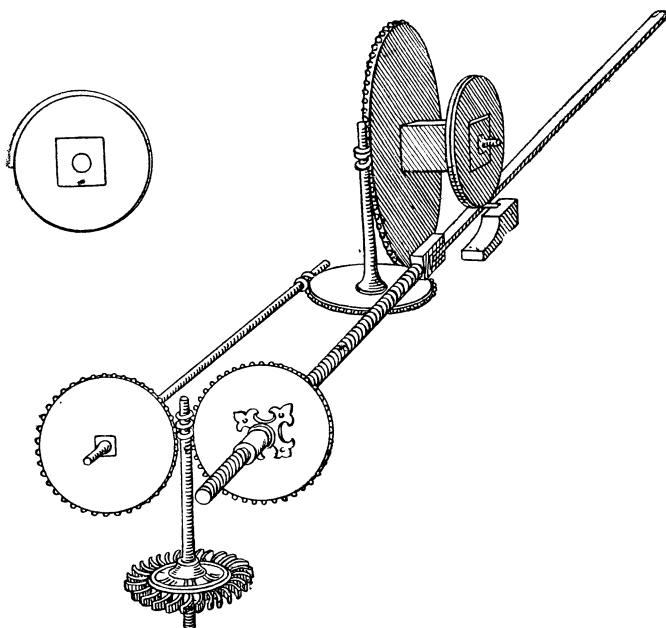
Перейдем к энергетическим эскизам Леонардо. Для концепции, развиваемой в данной книге, эти эскизы имеют особое значение. Для того чтобы проследить генезис единой энергетической тех-



Фиг. 27. Леонардо да-Винчи.

¹ Маркс и Энгельс, Сочинения, т. XIV, стр. 440.

ники, нужно отметить те узлы, которые соединяли между собой самостоятельные линии развития гидроэнергетики и теплотехники. Перебросил ли Леонардо мост между этими областями? В одной из следующих глав мы будем говорить об его тепловых двигателях. Наряду с многочисленными гидротехническими и гидроэнергетическими работами Леонардо был первым из мыслителей Ренессанса, заговорившим об использовании пара. Но это еще очень далеко от единой энергетической техники. Последнюю в XV—XVI вв. нельзя было увидеть даже тем гигантам, которые



Фиг. 28 — 29. Водяное колесо у Леонардо да-Винчи.

возвышались над своей эпохой. Дело в том, что Леонардо, как мы видели, именно своим могучим броском в грядущие века подтвердил неразрывную связь между эпохой и гениальным творчеством ее великого представителя. Он предвосхитил множество элементов машинной техники, но именно тех элементов, которые подготовлялись эпохой мануфактуры. Другое дело — энергетическая техника. Ее единство могло созреть лишь после завершения промышленного переворота, в эпоху, когда машинная техника подготовила техническое применение электричества.

Леонардо дал лишь несколько отрывочных эскизов тепловых двигателей, но в части гидравлики, гидротехники и гидроэнергетики его заслуги громадны.

Среди эскизов Леонардо имеется целый ряд изображений мельничных колес, обычных для XVI в. Таково колесо для четковой

помпы, прокатного стана и т. д. Леонардо дал также новый тип водяного колеса — с вертикальным валом и закругленными ложкообразными лопатками.

В области ветряных двигателей с именем Леонардо да-Винчи связан основной и самый крупный шаг технического развития: ему принадлежит первый чертеж голландской мельницы и детализация последнего, из которой видно, что поворачивание крыши достигалось применением крутового рельса и рычага.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркс, Капитал, т. I и III, М., 1932.
 2. Маркс и Энгельс, Письма, Сочинения, т. XXII, М., 1931.
 3. Бек, Очерки по истории машиностроения, М., 1931.
 4. Зомбарт, Техника эпохи раннего капитализма, М., 1935.
 5. Feldhaus, Leonardo der Techniker und Erfinder, Iens, 1916.
 6. Gelland, Die Wasserkräfte in der Natur, Berlin, 1921.
 7. Creuk, D., Practical Millwright and Mills, Philadelphia, 1874.
 8. Fairbairn W., Mill and Millwork, London, 1871.
 9. Glyn, Power and Water, London, 1866.
 10. Beck, Zur Geschichte des Maschinenbaues, 1918 (выше указан неполный перевод).
 11. „Les manuscrits de Leonardo da-Vinci“, publiés par Kavaissan-Molien.
 12. Leonardo da-Vinci, Dal moto e misura dell acqua, Болонья, 1925.
-

**ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ XVII-XVIII вв. И ПЕРВЫЕ ОТКРЫТИЯ
В ОБЛАСТИ МАГНЕТИЗМА И ЭЛЕКТРИЧЕСТВА**

Энгельс о генезисе современного естествознания. Техника и естествознание. Картезианское естествознание. Механика Ньютона. Магнетизм и электричество. Компас у китайцев. Компас в Европе. Электрические явления в древности и в XVII в. Гильберт. Грей. Дю-Фэ. Электростатические машины и приборы. Попытки конструирования электрического телеграфа в XVIII в. Атмосферное электричество. Франклин. Опыты с атмосферным электричеством в Европе. Две теории электричества. М. В. Ломоносов

В одном из отрывков «Диалектики природы» Энгельс чрезвычайно яркими штрихами рисует картину возникновения капиталистического общества и современного естествознания.

«Современное естествознание, которое одно лишь достигло все-стороннего, систематического, научного развития, в противоположность гениальным натурфилософским догадкам древних и весьма важным, но sporadическим и оставшимся по большей части безрезультатными открытиями арабов, — современное естествознание, как и вся новейшая история, датирует от той знаменательной эпохи, которую мы, немцы, называем по приключившемуся с нами тогда национальному несчастью реформацией, французы — ренессансом, а итальянцы — квинквеченто, и содержание которой не исчерпывается ни одним из этих наименований. Это — эпоха, начинающаяся со второй половины XV столетия. Королевская власть, опираясь на горожан, сломила мощь феодального дворянства и основала крупные, по существу национальные монархии, в которых получили свое развитие современные европейские нации и современные буржуазные общества; и в то время как буржуазия и дворянство еще ожесточенно боролись между собой, немецкая крестьянская война пророчески указала на грядущие классовые битвы, ибо в ней на арену выступили не только восставшие крестьяне, — в этом не было ничего нового, — но за ними показались начатки современного пролетариата с красным знаменем в руках и с требованием общности имущества на устах. В спасенных при гибели Византии рукописях, в вырытых из развалин Рима античных статуях перед изумленным Западом пред-

стал новый мир — греческая древность; перед (классическими) светлыми образами ее исчезли призраки средневековья; в Италии достигло неслыханного расцвета искусство, которое явилось точно отблеск классической древности и которое в дальнейшем никогда уже не поднималось до такой высоты. В Италии, Франции, Германии возникла новая, первая современная литература; Англия и Испания пережили вскоре затем свою классическую литературную эпоху. Рамки старого «*Orbis terrarum*» были разбиты; только теперь, собственно, была открыта земля и положены основы для позднейшей мировой торговли и для перехода ремесла в мануфактуру, явившуюся, в свою очередь, исходным пунктом современной крупной промышленности. Духовная диктатура церкви была сломлена; германские народы в своем большинстве приняли протестантизм, между тем как у романских народов стало все более и более укореняться перешедшее от арабов и питавшееся новооткрытой греческой философией жизнерадостное свободомыслие, подготовившее материализм XVIII столетия»¹.

Эта исключительная по красоте и силе картина эпохи дополняется следующей характеристикой ее борцов:

«Это был величайший прогрессивный переворот, пережитый до того человечеством, эпоха, которая нуждалась в титанах и которая породила титанов по силе мысли, страстности и характеру, по многосторонности и учености. Люди, основавшие современное господство буржуазии, были чем угодно, но только не буржуазно ограниченными. Наоборот, они были более или менее обвешаны авантюрным характером своего времени. Тогда не было почти ни одного крупного человека, который не совершил бы далеких путешествий, не говорил бы на четырех или пяти языках, не блистал бы в нескольких областях творчества... Люди того времени не стали еще рабами разделения труда, ограничивающего, калечащего действие которого мы так часто наблюдаем на их преемниках. Но что особенно характерно для них, так это то, что они почти все живут всеми интересами своего времени, принимают участие в практической борьбе, становятся на сторону той или иной партии и борются, кто словом и пером, кто мечом, а кто и тем, и другим»².

Революционный характер эпохи отразился в естествознании XVI—XVII вв. Но в нем отразилась и техника этой эпохи. Мы видели, какова была энергетическая база мануфактурного производства. Она была механической. Мануфактура пользовалась кинетической энергией воды и ветра, т. е. архаичнейшими энергетическими ресурсами. Действительный переворот в энергетике произошел с переходом к концентрированным сосредоточиям потенциальной энергии — к топливу как источнику энергии. Это сразу раздвинуло границы техники и включило в них молекулярные процессы. Предпосылкой этой революции, произведенной паром, был механический переворот в рабочих машинах. До этого переворота промышлен-

¹ Маркс и Энгельс, Сочинения, т. XIV, стр. 475—476.

² Маркс и Энгельс, Сочинения, т. XIV, стр. 476.

ная технология оставалась ремесленной, эмпирической, и только двигатели — мельницы, подобно военному делу (балистика), астрономическим наблюдениям (включая часы), мореплаванию и т. п., толкали вперед применение механических знаний. Задачей техники было лучше использовать эти ресурсы, увеличить к. п. д. водяного колеса и трансмиссии, уменьшить трение, уменьшить потери, и это определяло физическую тематику эпохи. В центре техники стояли валы, кривошипы и зубчатые колеса, а задачей техники являлось вращение жерновов, подъем воды, движение шлифовальных кругов — вообще перемещение тяжелых масс. Энергетическая техника была ограничена одной формой движения — механическим перемещением. О переходе одного вида движения в другой энергетическая техника эпохи мануфактуры не знала. Поэтому о таких переходах не знало и естествознание.

«Почти все великие математики, начиная с середины XVII столетия, исходят, поскольку они занимаются практической механикой и пытаются ее теоретизировать, из простой водяной мельницы для зерна»¹. Водяная мельница для зерна стала прообразом для двигателей большого числа отраслей промышленности, связанных с мануфактурным разделением труда, и исходным пунктом для великих научных систем XVII в. Замечание Маркса целиком подтверждается обеими натурфилософскими системами, возникшими в XVII в., — системой Ньютона и системой Декарта.

В учении Декарта особенно ярко проявился революционный характер естествознания XVII в. Это видно не только из содержания картезианской физики, но даже из того факта, что Декарт писал свои работы на французском языке, иными словами, обращался не к кастовым кругам ученых с их цеховой латынью, а к новому классу. Большинство учеников Декарта вышло из этого класса — из третьего сословия. Характерно также и то обстоятельство, что местом, где были написаны основные работы Декарта, была сравнительно не зависимая от католического изуверства Голландия. Впрочем, эта независимость была очень относительной. Декарту не удалось избежать яростных нападок воинствующей поповщины, да и процесс замученного инквизицией Галилея произвел на него очень сильное впечатление. Поэтому он принес дань веку, включив бога в свою философскую систему. Но физика Декарта ценой этого была целиком свободна не только от понятия бога, но и излюбленных средневековыми схоластами таинственных, скрытых свойств и сил. В физике Декарта нет ничего кроме движения материи. «Говорю открыто, — пишет Декарт, — что в природе телесных вещей я не признаю никакой другой материи кроме той, которая может быть делима самым различным образом, может принимать форму и двигаться, которую математики называют величиной и делают предметом своих доказательств, что в этой материи я рассматриваю только ее деление, фигуры и движения и не принимаю за истину ничего, что не вытекает из этих принципов так же естественно, как до-

¹ Маркс и Энгельс, Письма. Сочинения, т. XXIII, стр. 132.

стоверность математических положений»¹. «В своей физике, — пишет Маркс, — Декарт приписывает материи самостоятельную творческую силу и механическое движение рассматривает как проявление жизни материи. Он совершенно отделяет свою физику от своей метафизики. В границах его физики материя представляет собой единственную субстанцию, единственное основание бытия и познания»².

Декарт решительно выступил в пользу механического объяснения мира и считал такое объяснение единственно научным. Под механическим объяснением Декарт подразумевал сведение всех понятий, в том числе понятия силы, к движению, которое Декарт понимал в органическом механическом смысле. Если в системе Декарта отразился революционный характер эпохи, то в ней отразилась и механическая ограниченность этой эпохи. Декарт живо интересовался современной ему техникой. Мы видели, что эта техника была механической. Механические и в особенности гидромеханические модели, аналогии и понятия проникают через все работы Декарта. Декарт считает тождественными материю и пространство. В протяженности он видит единственный существенный атрибут материи. Поэтому он категорически отрицает возможность пустоты. Весь мир Декарта заполнен «тонкой материей». Для объяснения каждого ряда явлений Декарт прибегал к гипотезе особой тонкой жидкости и при этом зачастую приходил к совершенно фантастическим построениям. Из заполненности пространства вытекает представление о круговом характере каждого движения. Таким образом в основе мироздания оказываются вихри, которые объясняют движение планет, земных предметов и вообще все физические явления. «Подобно тому, — пишет Декарт, — как движение воды, если она принуждена к обратному течению, образует водоворот и увлекает в вихреобразное движение легкие плавающие в ней тела..., подобно этому можно легко представить себе, что с движением планет дело обстоит так же и что нет необходимости каких-либо других условий, чтобы объяснить все относящиеся к нему явления».

Отчасти сам Декарт, отчасти Эйлер и другие его последователи разработали учение о вихрях и истечениях специфических тонких жидкостей применительно к электричеству. С этого времени механические теории эфира прочно связываются с теорией электричества. Мы видим, что в последнем счете это объясняется механическим и, в частности, гидромеханическим характером техники эпохи мануфактуры.

Теперь перейдем ко второй натурфилософской системе, появившейся в XVII в., к механике Ньютона. «Математические начала натуральной философии» также тесно связаны с эмпирическим естествознанием и техникой XVII в. Однако система Ньютона гораздо менее революционна, чем система Декарта, хотя и превосходит последнюю по своей законченности и значению для научной

¹ Цитировано по Любимову, История физики.

² Маркс и Энгельс, Сочинения, т. III, стр. 154

техники. Ньютон был сыном классового компромисса. Английская буржуазия после революции 1649—1688 гг. вошла в соглашение с феодальным землевладением, поэтому революционные краски в ее мировоззрении быстро слиняли. Этому способствовала революционная проповедь общности имущества — прообраз грядущей революции, направленной против буржуазии. Революционное движение ловеллеров и других врагов буржуазной собственности было тесно связано с открытой проповедью материализма и атеизма. В середине XVII в. пресвитерианский конклав обрушивает специальный манифест на голову ловеллера и материалиста Ричарда Овертона, который «является главным представителем ужасного учения материализма, отрицающего бессмертие души». Борьба против материализма была совместным делом дворянства и буржуазии, и в эту сторону обращалось острое соглашение между этими классами. Ньютон принял участие в этой борьбе.

После смерти Роберта Бойля доход с оставленного им специального капитала должен был идти на организацию восьми ежегодных лекций, в которых опровергался бы атеизм. Первый цикл этих лекций читал капеллан епископа Ворчестерского Бентли. Он обратился к Ньютону с просьбой указать ему аргументы против атеизма «от механики». Ньютон ответил Бентли рядом писем, которые ярко показывают связь религиозных представлений с ньютоновской механикой. Прежде всего Ньютон говорит о первоначальном толчке со стороны божества, без которого нельзя объяснить движение планет по замкнутым орбитам. Наряду с тяготением здесь действует тангенциальная слагающая, требующая для своего объяснения апелляции к божеству. Последнему, конечно, отводится достаточно скромная роль. Ньютонианцы, по замечанию Лейбница, полагают, что «всемогущий бог должен время от времени заводить свои часы, иначе они перестанут ходить». Во всяком случае эта роль непосредственно связана с основными чертами механической системы Ньютона.

И Ньютон и Декарт представляли движение как модус материи, а не как неотъемлемый атрибут ее. И Ньютон и Декарт ограничивают движение элементарной механической формой его. Но движение играет различную роль в системах Ньютона и Декарта. Для Декарта движение есть причина силы. Напротив, для ньютонианцев сила есть причина движения.

В этом — порок ньютоновской механики. Нужно заметить, что Ньютон поступил подобно другим великим людям, о которых Роза Люксембург говорила, что они не делают абсурдных выводов из своих ошибок, а предоставляют это сделать эпигонам. В данном случае эпигонами оказались люди типа священника Котса, который путем сознательного подлога вставил в работу Ньютона, во-первых, пресловутое запрещение гипотез, а во-вторых, принцип действия на расстоянии¹. Этот принцип сыграл колоссальную роль в развитии учения об электричестве.

¹ См. Цейтлин, Наука и гипотеза.

Таков был исторический фон первых открытий в области электричества. Он характеризуется бурным ростом капиталистической торговли, разрушением феодальной замкнутости, великими географическими открытиями, развитием мануфактуры, спорадическим применением машин, превращением ветра и воды в энергетическую базу мануфактуры. Он характеризуется также энциклопедической деятельностью Галилея, Леонардо да-Винчи, Ломоносова — революционной борьбой основоположников естествознания против средневековья и наряду с этим с распространением в естествознании метафизических фетишей.

Непосредственной основой первых наблюдений в области электричества было применение магнитной иглы. Перечисление основных факторов истории компаса показывает прежде всего общую обстановку научных открытий XVI—XVIII вв. и, кроме того, обрисовывает тот круг явлений, частью которого вплоть до XVI в. считалось электричество.

Применение магнетизма началось с компаса. Происхождение компаса в Европе соответствует направлению торговых путей. Он был заимствован европейцами у арабов. Арабы в свою очередь переняли компас у китайцев. У последних он появился, по видимому, впервые. О компасе говорится в самых древних китайских преданиях и летописях. Одно из этих преданий относится к 2637 г. до нашей эры. Это предание рассказывает, как император Гоанг-ти на 61-м году своего царствования отправился в поход против мятежного принца. В густом тумане императорские войска сбились с дороги и потеряли из виду неприятеля. Тогда, — говорит предание, — Гоанг-ти устроил повозку со статуей, поворачивавшейся все время к югу. Это позволило войскам найти необходимое направление¹. Не только военные походы, но и торговые путешествия китайцев были связаны с применением этих магнитных приборов. В 1110 г. Чеу-Кинг вручил послам, отправлявшимся в Кохинхину и Тонкин, инструмент «чинан» (южная колесница)². В летописях, составленных китайским историком Чу-Ма-Цзеном, описывается устройство поворачивающихся статуй. Они были соединены с плавающими магнитными стрелками. Применение компаса отражало периоды подъема и упадка китайской торговли. Временами сообщения о компасе прекращаются, потом появляются снова и с 1609 г. не встречаются вовсе³.

Но в это время компас уже был известен не только соседям китайцев, но и в далекой Европе. Само применение компаса было связано с широким распространением его. Магнитные колесницы везли китайских путешественников, торговцев и воинов из края в край, через безбрежные пустыни и степи Азии, вплоть до культурных государств, примыкающих к Средиземному морю. От китайцев компас перешел к арабам, от арабов — к крестоносцам. Энгельс в «Диалектике природы» отмечает последний переход

¹ Klaproth, Lettre sur l'invention de la boussole, Paris, 1834, p. 33—34, 71—82.

² Klaproth, l. c., p. 81.

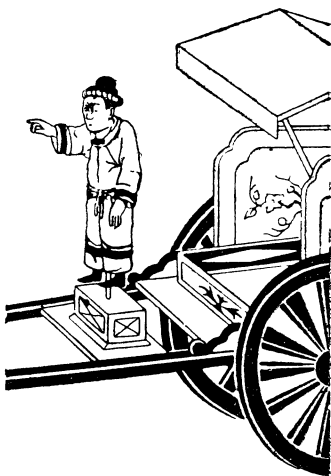
³ Humboldt, Cosmos, vol. II.

краткой заметкой: «Магнитная игла от арабов к европейцам около 1180 г.»¹.

Если посмотреть первые упоминания о компасе в Европе, то целиком подтверждается и эта дата и указания на заимствование компаса у арабов. При этом становится ясной тесная связь «открытия» компаса с военно-торговыми экспедициями на Левант и переднюю Азию. Правда, исландский историк XI—XII в. Фроде утверждал, что Флок Вильгердереон в 868 г. отправился из Рого-ланда в Исландию, снабдив свой корабль магнитом, но, по господствующему мнению, это место в рукописи Фроде является позднейшей припиской, и действительную историю компаса в Европе следует начинать с XII в.² В 1190 г. менестрель Гюйо Прован-



Фиг. 30. Китайский компас.



Фиг. 31. Японский компас.

ский в рукописной поэме «La Bible» (фиг. 32) говорит, что моряки натирают иглу о бурый камень «marinière», к которому прилипает железо, затем укрепляют натертую иглу на соломинках и опускают на поверхность воды, после чего она всегда поворачивается на север³.

Через 10—15 лет, в начале XIII в., один из крестоносцев, Яков де-Витри пишет: «Магнит (diamant) находится в Индии; он притягивает железо по неведомой причине. После того как игла прикоснется к магнитному камню, она всегда повертывается к полярной звезде, которая неподвижна, как ось мира, тогда как другие звезды вращаются вокруг этой полярной звезды. Таким образом компас может указывать путь мореплавателям⁴». Здесь

¹ Маркс и Энгельс, Сочинения, т. XIV, стр. 441.

² John Angell, Magnet and Elect., 1874, p. 10; Klaproth, Boussole, p. 40.

³ Klaproth, p. 41—43; Venanson, De l'invention de la boussole nautique, Naples, 1808, p. 72; Bequerel, Traité d'Elect. et de Magn., vol. I, p. 70; Humboldt, Cosmos, 1849, vol. II, p. 628—630.

⁴ Venanson, l. c., p. 77; Klaproth, p. 14, 43—44.

характерна связь между астрономическими представлениями («полярная звезда — ось мира») и применением магнитной стрелки, связь, которая на несколько веков определила пути применения магнетизма и была основана на общей технической задаче — мореплавании. Интересно, что уже тогда прозаическое, явным образом связанное с военно-торговой практикой, заимствование компаса у арабов старались представить в ином виде, более соответствующем всему стилю средневековой схоластики. Крестоносец Людовика Святого Винцент де-Бове в своем «*Miroir de la Nature*», ссылаясь на повидимому, на арабские источники, приписывает их Аристотелю¹.

Однако скромные масштабы и незначительные расстояния морских путешествий этой эпохи ограничивали применение компаса и делали это применение спорадическим. Отсюда — примитивная форма компаса. Дело изменилось в XIV в. В начале этого века итальянский лоцман Флавио ди-Джиоя подвесил намагниченную иглу в горизонтальном положении. Поэтому долгое время он считался изобретателем компаса². Мы видим, что участие представителей разных стран в создании компаса соответствует очередности в торговой гегемонии. Это видно и из дальнейших фактов. Переход к океанской торговле и английская торговая гегемония потребовали несравненно большего количества магнитов, и в середине XVIII в. появляются искусственные магниты. Намагничивание стальных стержней, открытое целым рядом английских ученых середины XVIII в., имело громадное значение для науки. Здесь магнетизм выступает в качестве особого состояния, которое может переходить от одного тела к другому. Магнетизм получил самостоятельное существование и перестал быть специфическим признаком определенного вещества.

Само собой разумеется, что в то время естествознание сочло это экспериментальным доказательством существования специфической магнитной жидкости.

В области электричества «несравненно высшая ступень развития промышленности и торговли, созданная средневековым бюргерством»³, не только напомнила о наблюдениях древних, но и дала множество материалов для новых наблюдений. Древние наблюдали электрические явления на совершенно ничтожном числе примеров. В 580—600 гг. до нашей эры Фалес заметил, что янтарь, натертый шерстью, притягивает легкие тела. Ряд древних философов говорит о том же янтаре (Плиний, Страбон, Плутарх и др.)⁴. Через 300 лет после Фалеса Теофраст говорит еще об одном минерале, обладающем тем же свойством⁵. Узкая база

¹ Klaproth, p. 49—51.

² Quellen und Studien zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin, Bd. 3, Heft I. Geschichte der Magnetrnadel bis zur Erfindung des Kompasses (gegen 1300) von Edmund O. von Lippman, Berlin, 1932; Venanson, p. 138, 168; *Voltaire*, *Essai sur les moeurs*, 1819, vol. III.

³ Энгельс, Диалектика природы, Сочинения, т. XIV, стр. 440.

⁴ Urbanitzky, *Elektricität und Magnetismus im Altertum*, Wien, Pest, Leipzig, 1887.

⁵ Venanson, l. c., p. 27—29.

древней культуры ограничивала число веществ, которые были знакомы человечеству. Немудрено, что притяжение отнюдь не считалось следствием особого состояния янтаря. Напротив, это считалось его специфической и неотъемлемой чертой. Фалес на этом основании считал янтарь одушевленным существом. Поэтому и особого понятия электричества у древних не было. Арабам также было известно притяжение легких тел янтарем, но дальше этого они не пошли¹.

В XV—XVI вв., когда в Европу хлынул мощный поток новых открытий, явлений и понятий, электричество перестали считать специфическим признаком янтаря. Врач королевы Елизаветы Гильберт (1544—1603)² был одним из первых ученых, которые перешли от повторения аристотелевских категорий к наблюдению и экспериментированию. Он подытожил наблюдения над магнитной иглой. Характерно, что первый шаг к установлению понятия об электричестве был направлен против метафизики. Уже Галилей ясно видел непримиримую враждебность метода Гильберта, с одной стороны, и средневековой перипатетической схоластики — с другой. В его «Диалоге» Сальвиати говорит: «Мне книга Гильберта может быть и в руки бы не попала, если бы не подарил мне ее один очень известный философ-перипатетик затем, вероятно, чтобы избавить свою библиотеку от заразного материала».

Предисловие к книге Гильберта о магните³ ярко выражает новый принцип научного исследования. В боевом тоне, характерном для века, Гильберт отказывается отдать свою работу на суд схоластов. «Зачем стал бы я сообщать что-либо дальнейшее этой мечущейся ученой республике... людям, слепо верящим чужим мнениям, келейнейшим искажителям доброкачественных знаний, ученым идиотам, грамматикам, софистам, придирам и извращенной сволочи, излагать на осуждение и терзание проклятиями. Нет, только к вам, мужи разума и истинной философии, ищущим науку не в книгах только, но и в самих вещах, обращаю я эти основания магнитной науки»...

Характерно отношение Гильберта к древним. Свое предисловие он заканчивает следующей фразой: «Знаменитым древним и как бы первым отцам философии, от которых разлилась мудрость к потомству, — Аристотелю, Теофрасту, Птолемею, Гипократу и Галену да воздастся всегда заслуженная ими честь, но наш век открыл и извлек на свет многое такое, что охотно приняли бы и они, если бы были живы».

В книге Гильберта впервые устанавливается различие между магнетизмом и электричеством. В этой книге есть глава, посвященная электрическим явлениям. Здесь говорится следующее:

¹ Lehrb. f. phys. u. chem. Unterr. 4307, 1891.

² Silvanus P. Thompson, William Gilbert of Colchester, London, 1891.

³ De Magnete magneticisque corporibus et de magno magnete telluri physiologia nova plurimis et argumentis et experimentis demonstrata (London, 1600). Английский перевод William Gilbert, On the Loadstone and Magnetic Bodies and on the Great Magnet, transl. by P. F. Mottelay, London, 1893.

«Древние и новые писатели упоминают, что янтарь притягивает солому. То же делает и агат, выкапываемый из земли в Англии, Германии и многих других странах. Не только эти два вещества притягивают мелкие тела, но и алмаз, сапфир, рубин, опал, аметист, берилл и горный хрусталь обнаруживают подобные же свойства. Аналогичной притягательной силой обладает, повидимому, также стекло. Сера и смола также притягивают. Все эти вещества притягивают не только солому, но и все металлы, дерево, листья, камни, землю, даже воду и масло, словом все, что только может быть воспринято нашими чувствами».

Открытие Гильберта нужно считать началом учения об электричестве. До него не было и не могло быть подобного понятия. Притяжение считалось специфической особенностью одного определенного вещества. Теперь оно стало состоянием ряда веществ. Это первый слабый намек на представление об электричестве как о форме движения, представление, лежащее в основе современной теории электричества и приобретающее все большую глубину и широту по мере развития энергетической техники. Открыв, что электричество — это общее свойство ряда тел, Гильберт дал ему особое название. Все же это название «электричество» запечатлело историческую роль янтаря, как первого известного человечеству носителя электрических свойств: оно произошло от греческого слова «электрон», т. е. янтарь¹.

В XVII в. все выдающиеся ученые в той или иной мере говорят об электричестве. Ньютон², Флорентинская академия³, Бэкон (1561—1626)⁴, Бойль⁵ и др. продолжают и углубляют работы Гильберта. Среди них наибольшее значение имели работы Отто фон-Герике (1602—1686)⁶. Герике был таким же яростным противником схоластики, как и Гильберт. Он почти повторяет последнего: «А с тем, — пишет Герике, — кто не примет как доказательство наглядные, опытом оправданные сведения, — нечего спорить и вести войну. Пускай остается со своими предвзятыми мнениями и сидит в темноте с кротами».

Среди ряда экспериментов, открытий и приборов Герике мы встречаем первую электрическую машину⁷, которую Монкони описывает, как «желтоватый шар в полфута диаметром, сделанный, по словам Герике, из девяти минералов и который, будучи потерт, притягивал легкие бумажки, перышки, пух»⁸. . . Этот

¹ Blumner, *Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei den Griechen und Römern*, 2, 301, 1879.

² Phyl. Trans. of the Roy. Soc. 1675; Phyl. Trans. 1774, vol. LXIV p. 153.

³ Tentamenta etc. ed. Musschenbroek, p. 11, 81.

⁴ The Works of sir Francis Bacon, London, 1855, vol. II, p. 142—254.

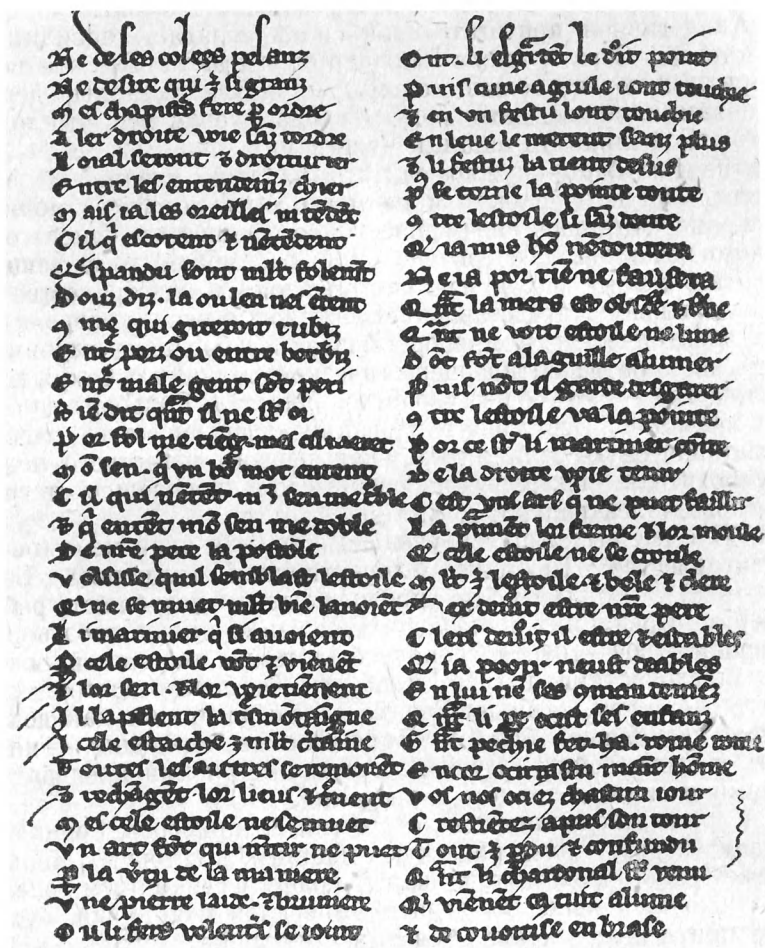
⁵ Boyle, *Mechanical Origin or Production of Electricity*, 1675. Priestley, p. 5—8. Secondat's *Histoire d'électricité*, 1750, p. 141.

⁶ Hoffman, Otto von Guericke, *Bürgermeister der Stadt Magdeburg. Ein Lebensbild aus der deutschen Geschichte des XVII Jahrhunderts*. Magdeburg, 1874; Hoppe, Otto von Guericke, Berlin, 1927.

⁷ Otto von Guericke, *Experimenta Nova Magdeburgica*, 1672, lib. IV, Cap. 15, p. 147.

⁸ Moncony, *Les voyages*, III, Paris, 1695.

шар в основном состоял из смолы. Он вращался на подставках и натирался рукой. При помощи этой машины Отто фон-Герике обнаружил отталкивание наэлектризованных тел. На грани XVII и XVIII вв. были открыты новые явления. В 1708 г. Уолл,



Фиг. 32. Страница из рукописи Гюйо.

приближая палец к наэлектризованному янтарю, заметил свечение и треск¹. Гауксби, пользуясь стеклянным шаром, получил сравнительно большие электрические искры². Эти открытия имели принципиальное значение. Электричество впервые высту-

¹ Thom. Thompson, An outline of the sciences of Heat and Electricity, London, 1830, p. 314, 463; Précis historique et expérimental des phénomènes électriques depuis l'origine de cette découverte jusqu'à ce jour, par. M. Sigaud de la Fond, second édition, à Paris, M. D. CCLXXXV.

² Sigaud de la Fond, second édition, p. 115.

пило как единая причина механических явлений (притяжение), звука, теплоты и света (искра).

Таким образом эпоха, когда новый класс, разбивая феодальные рогатки, в невиданных до того размерах расширил кругозор человечества, эта эпоха создала представление об электричестве, как особой таинственной причине различных явлений, свойственных ряду тел. В этом заключался первый шаг учения об электричестве, оставивший далеко позади представления древних. После того как электричество оказалось особым свойством ряда тел, следующий, второй, шаг должен был показать переход электричества от одного тела к другому. Этот шаг был сделан в начале XVIII в. Стефаном Греем.

Грей в своих работах продолжал основную линию — расширение круга тел, которые могут быть наэлектризованы, но при этом пришел к принципиально новой позиции, так как включил в этот круг проводники¹. До того думали, что проводники, например, металлы, не могут быть наэлектризованы. Это объяснялось тем, что при опытах электричество уходило из этих тел через человека в землю. Грей выяснил это обстоятельство и, таким образом, установил движение заряда — переход электричества от одного тела к другому. Он заметил также явления индукции, т. е. появление электричества в телах, которые находятся вблизи от наэлектризованного тела.



Фиг. 33. Отто фон-Гери

Переход электричества от одного тела к другому показал, что различные заряды могут уничтожать друг друга и по-разному действовать друг на друга. Тем самым электричество оказывалось противоположной величиной по отношению к другому электричеству. Отсюда теория двух электричеств, выдвинутая дю-Фэ (1698—1739). Дю-Фэ был первым историком электричества. В 1733 г. он написал обзор развития учения об электричестве до 1733 г. Его собственные работы подытожили это развитие. Дю-Фэ объединил одной формулой многочисленные явления притяжения и отталкивания тел. «Я открыл, — пишет он, — весьма простой закон, объясняющий массу аномалий и странностей, которые, по видимому, сопровождают электрические явления. Закон этот состоит в том, что все электрические тела притягивают неэлектрические и тотчас же отталкивают их, как только они успели наэлектризоваться от соседства или соприкосновения с первыми». Далее дю-Фэ формулирует теорию разноименных электричеств:

«Случай дал мне возможность установить другой закон, еще более замечательный и общий, нежели предыдущие, и проливающий новый свет на электричество. Дело в том, что существуют два вида электричества, резко отличающиеся друг от друга, кото-

¹ Priestley, Hist. and Present state of Electr., 1775, p. 26—45; 55: 63, Sigaud de la Fond, p. 101.

рые я назову стеклянным электричеством (*électricité vitrée*) и смоляным (*électricité resineuse*). Первое проявляется в стекле, горном хрустале, драгоценных камнях, шерсти и пр., второе — в смоле, янтаре, шелке, бумаге и т. п.».

Отличительным свойством этих двух электричеств является, по мнению дю-Фэ, то обстоятельство, что одноименные электричества отталкиваются, а разноименные — притягиваются¹.

Здесь интересен прежде всего «смоляной» и «стеклянный» характер классификации — связь каждого из разноименных электричеств с определенными телами. Соответственно и противоположность их представляется абсолютным и неустранимым различием, связанным с различием наэлектризованных тел. Эта теория была впоследствии независимо от дю-Фэ более подробно разработана Симмером².

Перейдем к развитию лабораторной электрической техники³.

В 40-х годах XVIII в. Гаузен⁴ (1693—1742), Винклер⁵ (1703—1770), Боze⁶ (1710—1761) и другие создали машину с вращающимся стеклянным шаром, кондуктором — железной трубкой, подвешенной на шелковом шнурке, в которой собиралось электричество, и трупцами кожаными подушками. В 1742 г. Гордон заменил стеклянный шар цилиндром⁷, а в 1768 г. Рамсден (1735—1800 г.) перешел к стеклянному диску⁸. В 1845 г. Клейст устроил прибор, в котором можно было собирать разноименные заряды при помощи двух проводящих поверхностей, с изолирующим слоем между ними — известную лейденскую банку⁹ (она была названа лейденской, после того как Кунеус в Лейдене изобрел ее вторично после Клейста). Первоначально лейденская банка состояла из склянки с водой и опущенной в нее проволоки. Проволоку подносили к кондуктору электрической машины, держа склянку в руках. Затем Ватсон в 1845 г. заменил воду в банке и руку, охватывающую ее снаружи, обкладками из металлической бумаги¹⁰. Впоследствии почти все крупные ученые, работавшие в области электричества, вносили то или иное усовершенствование в устройство электрических машин и лейденских банок. При этом большинство, вплоть до 70-х годов, не ставило каких-либо практических задач перед электростатическими машинами и приборами. Кое-кто, правда, применял электрические машины и

¹ Priestley, *History and Present state of Electricity*, 1775. Period IV, p. 43—54; Sigaud de la Fond, l. c., p. 119—122.

² Phil. Trans. vol LI., part I, p. 171, 340, 366, 373, 389.

³ Albrecht, *Geschichte der Elektrizität*, 1885, S. 20—30.

⁴ Danzig, *Mémoires*, vol. I, p. 278—279.

⁵ Winkler, *Gedanken von den Eigenschaften, Wirkungen und Ursachen der Elektrizität nebst Beschreibungen zweier elektrischen Maschinen*, Leipzig, 1744, S. 12; Winkler, *Die Eigenschaften der elektrischen Materie u. des elektrischen Feuers nebst etlichen neuen Maschinen zum Elektrisieren*, Leipzig, 1742.

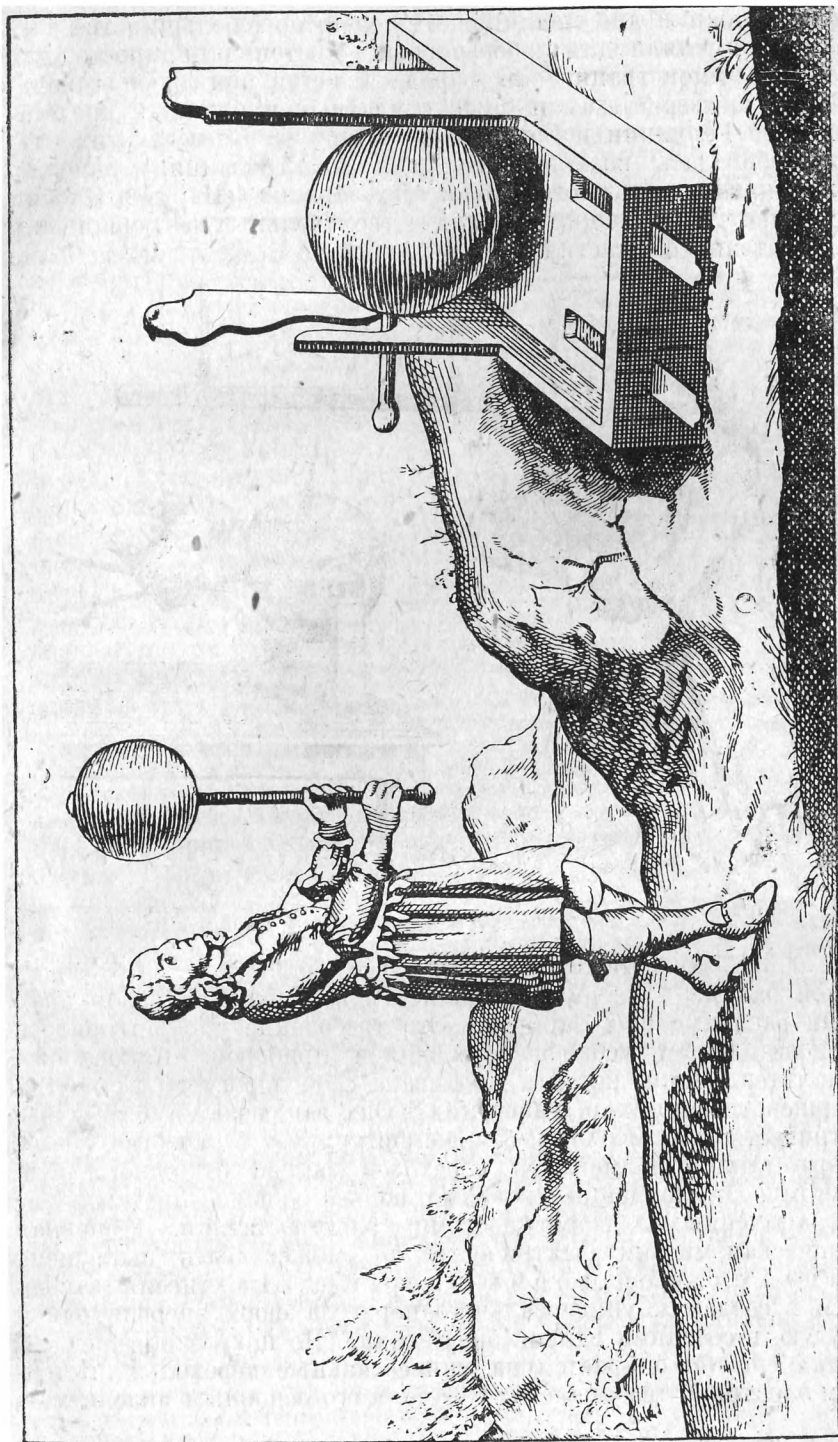
⁶ Phil. Trans. 1745, vol. XLIII, p. 419; 1749, vol. XLVI, p. 189.

⁷ Sigaud de la Fond, p. 42.

⁸ *Journal des Savants*, November 1788, p. 744.

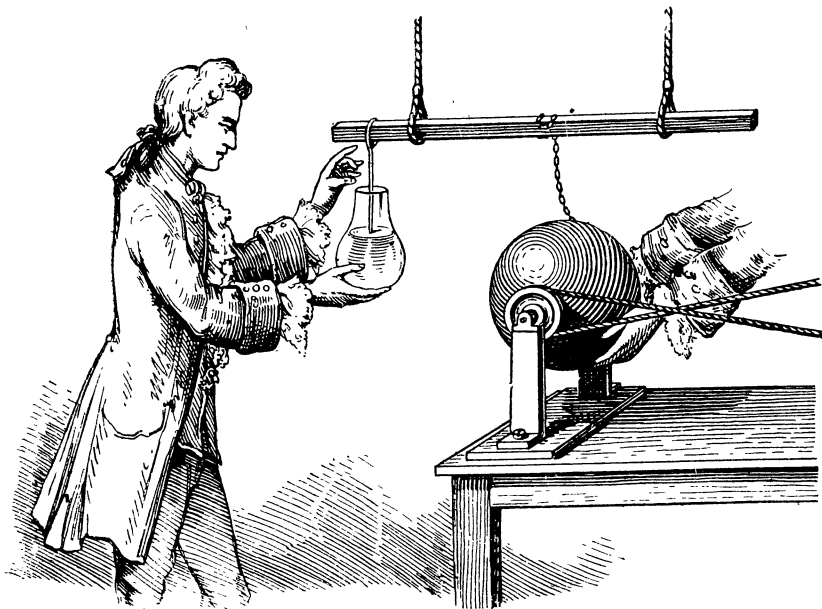
⁹ Priestley, *The History and presentstate of Electricity*, p. 82—84.

¹⁰ Watson's *Experiments and observations on Electricity*, 1745, & *Account of the Experiments made by some gentlemen of the Royal Society*, etc. 1748.



Фиг. 34. Опыты Отто фон-Герике.

лейденские банки для медицинских целей, но в большинстве случаев их применяли для лабораторных опытов или просто для эффектной демонстрации нового рода явлений при дворе, в монастырях и университетах и даже в платных публичных представлениях (в Германии и Голландии с 1745 г.). Во всех этих случаях требовалась возможно большая электризация, возможно большее накопление противоположных зарядов. И венецианский юрист Пиватти, лечивший электричеством больных и сообщивший ряд достаточно фантастических сведений об этом и аббат Нолле



Фиг. 35. Лейденская банка.

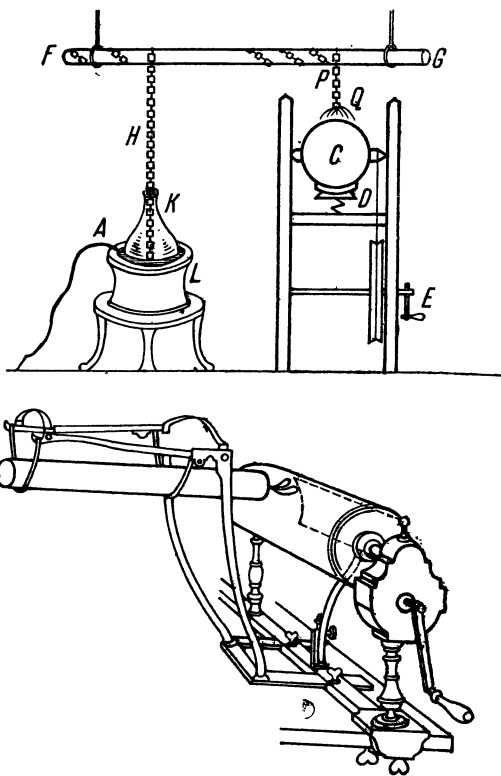
(1700—1770), показывавший королю свою машину и разряд лейденской банки, — все они нуждались в возможно большем накоплении разноименных зарядов. Это требование удовлетворялось последовательным усовершенствованием приборов. Какова же главная тенденция, которая пробивала себе дорогу во всех этих усовершенствованиях и открытиях? Она заключается в том, что электричество все больше и больше фигурирует в качестве тока, в возрастающем применении переходов заряда от одного тела к другому. Эта тенденция вступает во все большее противоречие с ограниченными возможностями электростатики. Основная историческая миссия электричества не может быть выполнена в рамках одной формы энергии. Эта миссия заключается в создании универсального перехода форм энергии одной в другую, в создании единой энергетики. Но пока электрическая техника еще не опирается на универсальные переходы. Источником электричества является трение, а его основным явлением —

искра. Все это: стремление использовать электричество как ток, и ограниченность электростатики, и значение искры — ярко проявилось в предистории электрического телеграфа.

Уже в 40-х годах XVIII в. пытались разряжать лейденские банки на значительном расстоянии, включая в цепь длинные проволоки, а также пруды и реки. Такие опыты производил в 1746 г. Винклер, а также ле-Монье¹ и Ватсон. Они хотели определить скорость электричества и

не ставили перед собой практических задач. Во второй половине века положение изменилось. В 1767 г. итальянский иезуит Бозолус предложил воспользоваться разрядом лейденской банки для передачи известий. Для этого он считал нужным провести две проволоки — одну от внутренней и другую от внешней обкладки банки. Концы проволок на станции, принимающей сигналы, должны были находиться на таком расстоянии, чтобы между ними могла проскочить искра. Через несколько лет Лесаж² в Женеве провел между двумя отдаленными пунктами 24 проволоки. На конце каждой проволоки была подвешена пара бузиновых шариков с буквами, и каждый раз, как по одной из проволок проходил ток, наэлектризованные шар-

рики расходились и указывали передаваемую букву. Революция сделала еще более мощным поток подобных предложений. В 1782 г. анонимное письмо, помещенное в *Journal de Paris* (30/V, 1782) и *Mercur de France* (8/VI), предлагает провести под землей в деревянных трубах, наполненных смолой, 24 пары позолоченных проволок. Каждая пара соединена в одном пункте с обкладками лейденской банки, а в другом — освещает искрой передаваемую букву. В конце 80-х годов была осуществлена передача



Фиг. 36. Электрическая машина и лейденская банка.

¹ Le Monnier, *Lois du magnetisme*, Paris, 1776—1778.

² *Journal des Savants*, Sept. 1782, p. 637.

известий по одной проволоке. Французский механик Ломонд пользуется различными отклонениями наэлектризованного смоляного шарика, измеряющими величину заряда, причем углы отклонения соответствуют передаваемым буквам¹. «Вы пишете, — говорит об этом Артур Юнг, — два или три слова на бумаге, он берет их с собой в комнату и поворачивает машину в цилиндрическом ящике, наверху которого находится электрометр с маленьким смоляным шариком, подвешенным на шелковой нити; латунная проволока соединяет его с подобным же цилиндром и электрометром в отдаленной комнате, где его жена наблюдает движение соответствующего шарика, пишет слова, которые он показывает. Отсюда видно, что Ломонд составил азбуку движений. Так как длина латунной проволоки не делает разницы в действии, то вы могли бы таким образом посылать сообщение на большие расстояния, например, в осажденный город»².

Эти опыты нашли отклик и за пределами Франции. В 1794 г. швейцарский ученый Рессер в письме в «Magazin für das Neueste aus der Physik» предложил следующее устройство: на обыкновенном столе укрепляется в вертикальном положении квадратная доска, к которой прикрепляется стеклянная пластинка. На последней приклеиваются маленькие квадраты из листа жести, вырезанные наподобие окон, причем каждый соответствует букве азбуки. С одной стороны от этих маленьких квадратиков тянутся длинные проволоки, заключенные в стеклянные трубки, которые идут под землей в тот пункт, куда надо передать депешу. Там отдаленные концы соединяются с жестяными полосками, также помеченными буквами азбуки. Свободные концы всех квадратиков соединяются с одной обратной проволокой, которая идет к передаточному столу. Если теперь кто-нибудь прикоснется наружной обшивкой лейденской банки к обратной проволоке и соединит внутреннюю обшивку со свободным концом куска жести, соответствующего той букве, которую нужно показать, то появятся искры, как у близкого, так и у отдаленного жестяного квадратика, и дежурящий там корреспондент запишет буквы»³.

Бекман упростил этот способ, откинул сложную систему многочисленных проволок и пластинок и предложил обходиться одной парой проволок и системой условных сочетаний искр⁴. Рессер и Бекман предлагали для вызова принимающей станции производить выстрел из пистолета при помощи электрической искры.

В 90-х годах появляется целый ряд изобретений в этой области, но в это время уже становится ясным, что статическое электричество по своей природе не подходит для передачи сигналов и известий в отдаленные пункты. Даже удачные попытки не получают применения. В эти годы развивается несравненно более простой, надежный и выполнимый оптический телеграф. Клод

¹ Ed. Highton, Elec. Tel., 1852, p. 38.

² Arthur Jong, Voyage agronome en France, vol. I, p. 79.

³ Comptes rendus, vol. VII, 1838, p. 80.

⁴ Zetzsche, Geschichte der elektrischen Telegraphie, p. 32; Boeckmann, Versuch über Telegraphie und Telegraphen, Karlsruhe, 1794, S. 17.

Шапп (1763—1805) в 1792 г. представил законодательному собранию проект ряда семафоров, которые были в 1794 г. установлены между Парижем и Лилем, и первой телеграммой было одно из постановлений Комитета общественной безопасности. Взрывая феодальную разобщенность, якобинская диктатура опиралась на оптический телеграф.

Между тем, в Испании Сальва предлагает систему лейденских банок и проволок для сообщения между городами, и в 1798 г. он строит при помощи французских инженеров линию между Мадридом и Аранжуэсом протяженностью в 42 км. Этот опыт показал ему недостатки статического электричества, и в 1804 г. в статье с характерным названием «Гальванизм в приложении к электричеству» Сальва предлагает воспользоваться уже изобретенным в это время вольтовым столбом¹.

Таковы были пути электрической техники в Европе. В иных условиях развивалась она в Америке. Здесь не было придворных научных центров просвещенного абсолютизма, как не было монастырей-университетов и университетов-монастырей. Здесь наука должна была удовлетворять непосредственные практические нужды мельников, лесорубов, корабельщиков, кожевников, рыболовов, охотников, суконщиков—американских ремесленников и буржуа. Это наложило отпечаток на работы Вениамина Франклина (1706—1783)—мыловара, типографщика и одного из деятелей американской революции.



Фиг. 37. Франклин.

В середине XVIII в. политическая активность молодой американской буржуазии была направлена против английского владычества, тормозившего освоение колоссальных естественных ресурсов Нового Света, к которым тянулись колонисты. Эти ресурсы заключались в лесных богатствах (кораблестроение, бочарное производство, поташ из золы, дубовая кора, деготь), рыбе, пушнине, железной руде, использование которой в Америке было в 1756 г. запрещено английским правительством.

Таким образом американским пионерам в отличие от европейских мануфактур пришлось в первую очередь иметь дело непосредственно с природными ресурсами. Леса и степи, озера и реки были стихией раннего американского капитализма. Отсюда понятно, что наблюдение явлений природы, и в частности, атмосферных явлений, было широко распространено в Америке и удовлетворяло практические производственные нужды. В середине XVIII в. натуралисты были необходимыми оруженосцами буржуазии наряду с героями войны за независимость.

Франклин соединил в своем лице борца американской революции и натуралиста. Он наиболее полно воплотил в своих работах специфический характер американской науки, и с него

¹ Ed. High on, The El. Tel., 1852, p, 38, 43.

начинается новый период в развитии представления об электричестве. «С этого периода, — пишет Гумбольдт, — электрический процесс переходит из области спекулятивной физики в область мирозерцания, из тесноты кабинета — на простор природы»¹.

Начиная с 1745 г., Франклин изучал явления атмосферного электричества. Около этого времени мысль об электрической природе молнии была высказана Нолле, который в своих «*Leçons de physique*» пишет:

«Если бы кто-нибудь пожелал привести доказательства того, что электричество при наших опытах имеет то же происхождение, что и гром в природе, что чудеса, которые мы производим по нашему желанию, суть лишь подражание грандиозным эффектам, ужасающим нас, и что эти, повидимому, разнородные явления вызываются одними и теми же фактами, я должен был бы сознаться, что эта возвышенная идея меня очень привлекает. Распространенность электричества, быстрота его действия, способность воспламенять другие тела заставили меня верить, что с помощью электричества можно составить себе более точное представление о громе и молнии, чем каким-либо другим путем»².

Франклин гораздо конкретнее и точнее отмечает сходство электрической искры и молнии. В 1749 г. он пишет в одном из писем: «Электрическая искра зигзагообразная, а не прямая: такова же и молния. Заостренные тела притягивают электричество — молния ударяет в горы, деревья, шпицы, мачты и трубы. Когда для прохождения электричества есть несколько путей, то оно выбирает наилучший проводник, — то же самое делает и молния. Электричество воспламеняет горючие тела, — так же, как и молния. Электричество расплавляет металлы, как и молния. Молния разрушает худые проводники, когда она ударяет в них, так же делает и электричество, когда оно становится достаточно сильным. Молния изменяет полюсы магнита, — такое же действие оказывает и электричество»³.

Широкий круг наблюдений позволил Франклину подробно разработать способ получения электрической искры и заряда за счет атмосферного электричества. Он предложил установить на большой высоте острый стержень, через который атмосферное электричество будет стекать в лабораторию. Опыты были отсрочены до постройки большого шпица в Филадельфии. Однако немедленно после того, как Франклин указал, каким образом можно получить электричество из атмосферы, в Европе попытались осуществить предложенную им схему. Первым за это взялся французский ботаник и физик Далибар. В 80 км от Парижа он поставил железный стержень в 40 футов и поручил отставному солдату Куаффье следить за установкой. 10 мая 1752 г., когда началась гроза, Куаффье получил большие искры из стержня и вместе со священником, срочно вызванным из ближайшей деревни,

¹ *Cosmos*, vol. II, 1849, S. 727.

² *Leçons de physique*, vol. IV, p. 315.

³ *Experiments and observations on electricity*, Letter XII, 1769.

зарядил лейденскую банку. Через неделю Делор получил те же результаты в Париже, а затем ряд европейских ученых получили электрические искры при помощи длинных металлических стержней во время грозы¹. В 1753 г. погиб русский ученый Георгий Рихман — первая жертва этих опытов. 6 августа, заметив приближение грозы, Рихман поспешил с заседания в Академии наук домой к установке, сделанной по плану Франклина, и, как только он подошел к ней, был убит разрядом.

Между тем, Франклин, не дождавшись постройки шпилья в Филадельфии, применил новый способ получения электричества из атмосферы. В июне 1752 г., еще не зная об опытах Далибара, он сделал змей из шелкового платка и снабдил его металлическим острием. Змей был пущен в окрестностях Филадельфии на пеньковом шнуре, который на земле был привязан к ключу. Ключ в свою очередь был изолирован шелковой лентой, за которую и держал его Франклин. Во время грозы, как только дождь намочил шнур, Франклин получил, из ключа электрические искры и зарядил лейденскую банку.

Изучение атмосферного электричества шло рядом с практическим применением полученных знаний. Уже в 1749—1750 гг. Франклин предлагает отнимать электричество от облаков заостренными прутьями и этим избегать ударов молнии. В 1760 г. им был установлен первый громоотвод, а в 60-70 годах громоотводы распространились не только в Америке, но и в Европе. Таким образом с именем Франклина связано первое широкое применение изобретений в области электричества. Франклин явился для американской буржуазии героем ее революционной политической борьбы и в то же время поставил электрическую технику на службу ее практическим нуждам. Д'Аламбер отметил это эпитафией Франклина: «Он молнию отнял у неба и власть у тиранов»...

Таким образом те новые явления, которые были открыты и практически применены Франклином, заключались в устранении противоположных зарядов, в их уравнивании. Отсюда теория Франклина, которая объясняет электрические, и в том числе грозовые, явления неравномерным распределением единой электрической жидкости. Франклин считал положительные и отрицательные заряды избытком или недостатком электричества — отклонением от нормального количества его. Электризация, по его мнению, состоит в переходе зарядов от одного тела к другому, в результате чего в одном месте получается избыток, а в другом — недостаток электричества. Эта теория стала господствующей².

¹ Dalibard, Franklin, vol. II, p. 109, Mem. de l'Acad. des Sciences, 1762, III.

² Вот типичная для XVIII в. формулировка этой теории: «Электрическая сила есть жидкость, разлитая вообще по всем телам Природы. Будучи равно разделена между ними, она пребывает в состоянии недвижимости, которая препятствует ей являть свое присутствие. Но если каким-нибудь образом прервется сие равновесие и соберется в теле излишнее количество сей жидкой

И теория одного электричества (Франклин) и теория двух электричеств (дю-Фэ, Симмер) понимали под электричеством особую невесомую жидкость. Механический характер спорадически применявшейся машинной техники и, в частности, гидромеханическая база мануфактуры наложили свой глубокий отпечаток на первые представления об электричестве. Картезианские механические теории эфира, гидродинамические аналогии дали начало таким понятиям, как ток, истечение и т. п.

Но если большинство ученых XVIII в. понимало под электричеством специфическую невесомую жидкость, то, по крайней мере, у одного из них существовало ясное представление об электричестве, как об особой форме движения. Величайший из универсальных мыслителей середины XVIII в., основоположник русской науки, М. В. Ломоносов считал электричество вращательным движением частиц эфира. Несмотря на механический характер этой картины, она возвышается над взглядами современников Ломоносова. Нужно прибавить, что эту четкую физическую картину Ломоносов соединял с систематической разработкой теории электричества. Незаконченная диссертация Ломоносова называлась «Теория электричества, разработанная математическим способом». Ломоносову принадлежит также первая теория атмосферного электричества, которое он объяснял вертикальными воздушными течениями. В связи с этим Ломоносов разгадал электрическую природу северного сияния.

Вернемся, однако, к Франклину и его работам. Мы приведем отрывок, в котором очень ясно выражена связь теории с теми явлениями, которые были открыты Франклином.

«Грозовая или электрическая материя представляет в высшей степени тонкую жидкость, проникающую в другие тела и равномерно в них распределяющуюся. Если при посредстве искусственно произведенного или естественного явления происходит так, что количество этой жидкости в одном теле больше, чем в другом, то тело, которое содержит этой жидкости больше, передает ее тому, которое содержит ее меньше, и это продолжается до тех пор, пока распределение не сделается равномерным, предполагая, конечно, что расстояние между телами невелико. При большом же расстоянии должны быть употребляемы проводники, которые эту материю способны переводить от одного тела к другому. Если эта передача происходит через воздух, без посредства проводника, то можно заметить яркое огненное явление, происходящее между телами и сопровождающееся шумом. При наших небольших опытах мы называем это огненное явление электри-

материи, или переменится порядок ее разделения между частями сего тела, тогда она обнаруживает себя множеством различных явлений, которые все достойны внимания физика (Магазин Натуральной Истории, Физики и Химии, или новое собрание материй, принадлежащих к сим трем наукам, заключающее в себе: важные и любопытные предметы оных, равно как и употребление многих из них во врачебной науке, в экономике, земледелии, искусствах и художествах. Часть II. Москва, в Университетской типографии, у Н. Новикова, 1788. стр. 89)».

ческой искрой, а шум называем электрическим треском. При громадных происходящих в природе разрядах этот свет мы называем молнией, а происходящий обыкновенно одновременно со светом и доносящийся к нам лишь позже шум и его перекаты — громом. Если уравновешивание этой жидкости происходит при посредстве проводника, то оно может совершиться и без светового и без звукового явления, потому что тонкая эта жидкость свободно движется в веществе проводника. Если вне здания поставить железный шест, который шел бы непрерывно от наивысшей части здания и достигал бы области влажной земли, совершенно безразлично, будет ли это по прямой или ломаной линии, то такой шест принимает молнию своим верхним концом, причем притягивает ее таким образом, что удерживает ее от удара в другие части здания и предоставляет ей хороший отвод до самой земли. Таким способом можно предохранить здание от повреждения молнией»¹.

Мы выяснили различие между исследованиями европейских ученых и работами Франклина. Теперь остановимся на общих чертах. Они заключаются в следующем: во всех опытах XVII в. пользовались уже имеющимися в природе зарядами. Эти заряды поляризовались, отделялись друг от друга трением (электрическая машина) или, наоборот, нейтрализовались, соединялись друг с другом (громоотвод). Заряды аккумулировались в лейденских банках и проявлялись мгновенным разрядом — искрой. Таким образом электричество не возникало из другой формы энергии и не проявлялось в форме длительного движения — тока.

Электрический ток относится к следующему этапу, связанному с первым промышленным переворотом — механической революцией в исполнительном механизме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энгельс, Диалектика природы, Сочинения, т. XIV, М., 1931.
2. Маркс и Энгельс, Письма, Сочинения, т. XXIII, М., 1931.
3. Маркс и Энгельс, Святое семейство, Сочинения, т. III, М., 1931.
4. Начала гидростатики, ГТТИ, 1932.
5. Декарт, Космогония, М.—Л., ГТТИ, 1934.
6. Ньютон, Математические начала натуральной философии, пер. А. Крылова.
7. Цейтлин, Наука и гипотеза.
8. Олшки, История научной литературы, М., 1934.
9. Любимов, История физики.
10. Розенбергер, История физики, ч. II, М.—Л., 1933.
11. Гумбольдт, Космос.
12. Даннеман, История естествознания, М., 1935.
13. Klaproth, Lettre sur l'invention de la boussole, Paris, 1834.
14. Urbanitzky, Electricität und Magnetismus im Altertum Wien, Pest, Leipzig, 1887.
15. Sigaud de la Fond, Précis historique et expérimental de phénomènes électriques depuis l'origine de cette découverte jusqu'à ce jour, seconde édition, Paris, MDCCLXXXV.
16. Priestley, History of Electricity, 1775.
17. Fischer, Geschichte der Physik seit der Wiederstellung der Künste und Wissenschaften bis auf die neuesten Zeiten, Goettingen, 1801.

¹ Experiments and observations on electricity made at Philadelphia in America by Benjamin Franklin, London, 1769. Let. LIX.

ПРОМЫШЛЕННЫЙ ПЕРЕВОРОТ, СДВИГИ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕХНИКЕ И НОВЫЕ ОТКРЫТИЯ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

ПРОМЫШЛЕННЫЙ ПЕРЕВОРОТ. Исторические корни применения машин. Исходный пункт первой промышленной революции. Машины Уайта, Харгрэвса и Аркрайта. Ткацкий станок. **РОЛЬ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ В ПРОМЫШЛЕННОМ ПЕРЕВОРОТЕ XVIII В. И РАЗВИТИЕ ВОДЯНЫХ КОЛЕС.** Водяные колеса на первых фабриках. Верхненаливные и средненаливные колеса. Крупнейшие наливные колеса. Колесо Понселе. **АНГЛИЙСКАЯ ЭЛЕКТРОХИМИЯ.** Машинная текстильная индустрия и химическая технология. Опыты Гальвани и Вольты. Гальваническое электричество. Влияние работ Вольты в Англии. Открытие электролиза. Работы Дэви в области электричества. В. Петров. **ФРАНЦУЗСКАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА.** Особенности технического переворота во Франции. Влияние буржуазной революции и наполеоновских войн. Военная техника и особенности научно-технического развития Франции. Количественный анализ и идея непрерывности во французской химии. Измерительная техника, количественный анализ и электростатика. Кулон. Математический анализ и гальваническое электричество. Явление Эрстеда. Араго. Ампер. Электричество и теплота

Мы уже говорили во второй главе, что гегемония в мировой торговле постепенно перешла от средиземноморских государств к океанским и в конце концов стала принадлежать Англии. Но в Англии в отличие от Испании развитие торговых сношений сопровождалось и развитием промышленности. Поэтому ввозу товаров в Англию противостоял непрерывно растущий вывоз изделий английской промышленности. В продолжение XVIII в. тоннаж судов, вышедших из английских портов, вырос с 317 000 т в 1700 г. до 1 924 000 т в 1800 г.¹ Но это была не феодальная торговля, где в обмен на промышленные товары Востока шли награвленные у крестьян сельскохозяйственные продукты. Здесь навстречу импорту пошел поток промышленных товаров, в соответствии с чем постепенно изменился и состав ввозимых товаров —

¹ Манту, Промышленная революция XVIII столетия в Англии, М., 1925, стр. 65.

вместо готовых изделий все больше и больше ввозилось сырье для растущей английской промышленности.

Развитие промышленности, работавшей на мировой рынок, и стало исходным пунктом перехода от мануфактурного производства к машинному.

Социальная функция машины заключалась в том, что она заменяла рабочего и превращала его в свой придаток, подчиняя его тем самым капиталистической команде. Рабочий был устранен от непосредственного воздействия на объект труда. Конечно, для того чтобы лишить рабочего независимого положения, нужно было его заменить именно в тех функциях, где он играл самостоятельную роль. Это делает определенная часть машины. Маркс делит машины на три части: двигательный, передаточный и исполнительный механизмы, и именно последний, который заменяет человека, выполняющего подлинно человеческие функции. Маркс считает исходным пунктом промышленного переворота¹.

Переход от ручного (мануфактурного или ремесленного) производства к машинному создается исполнительным механизмом. Машины XVIII в. заменили не чернорабочего, вращавшего рукоятку колеса, а квалифицированного ткача или прядильщика, искусные руки которого и являлись решающим элементом производства. Исторический перелом совершился в тот момент, когда эти руки со всем своим искусством были замещены механизмом. Поэтому ряд машин, где вода и ветер заменяли рабочего как двигательную силу, не создал никакой революции в производстве. Такие машины, как мы видели, часто применялись в докапиталистическую эпоху.

В первой главе описывалось водоподъемное ступальное колесо, характерное для энергетической техники, основанной на мускульной силе рабов. Вслед за этим Витрувий дал описание водоподъемного колеса, которое приводится в движение самой водой и которое мы упоминали в качестве примера гидравлической техники, и пишет при этом: «Таким же способом устраиваются водоподъемные колеса на реках...»². Действительно: в античной технике переход от колеса, приводимого в движение рабом, к колесу, которое приводится в движение водой, не создавал никакого переворота в производстве, поскольку здесь машина заменяла собой рабочего, низведенного до положения машины. По той же причине водяные колеса не совершили никакого переворота в мануфактуре.

«...орудия — пишет Маркс, — на которые человек с самого начала действовал только как простая двигательная сила, — как, напр., при вращении вала мельницы, при насосах, при подымании и опускании рукоятки раздувального меха, при толчении в ступе и т. д., — эти орудия, прежде всего, вызывают применение животных, воды, ветра как двигательных сил. Отчасти

¹ Маркс, Капитал, т. I, изд. 5-е, стр. 281; Письма. Сочинения, т. XXIII, стр. 130.

² Бек, стр. 46.

в мануфактурный период, в единичных же случаях уже задолго до него, эти орудия развиваются в машины, но они не революционизируют способ производства. Что они даже в своей ремесленной форме уже являются машинами, это обнаруживается в период крупной промышленности»¹.

Роль исполнительного механизма в промышленном перевороте ясно видна уже в первой прядильной машине, изобретенной деревенским плотником Уайтом. Его сын следующим образом описывает изобретение машины: «Около 1730 г. у нашего отца, жившего тогда в деревне близ Личфильда, явилась первая идея этого изобретения, и он занялся осуществлением ее. И вот в 1733 г. в небольшом здании близ Сеттон-Кольфильда была выпрядена первая хлопчатобумажная нить без помощи пальцев, причем сам изобретатель, выражаясь его собственными словами, стоял рядом, в ожидании, волнуемый одновременно чувством радости и тревоги»².

Остановимся на устройстве этой машины для механического прядения; модели ее не осталось, но есть довольно ясное описание этой машины в патенте, который был взят Уайтом. Здесь ясно описан основной принцип, который позволил заменить человеческие пальцы механическим приспособлением для прядения, — это цилиндры, которые тянут нить и вращаются при этом с разной скоростью, чем объясняется вытягивание нити до любой тонины. Это изобретение, которое, по мысли Уайта, должно было изменить всю бумагопрядильную промышленность и обогатить страну, появилось, однако, слишком рано, и поэтому Уайт умер в бедности и машина его не применялась.

Иначе было с изобретенной в 1767 г. прядильной машиной «Дженни». Изобретатель этой машины Харгрэвс в 60-х годах жил в Ланкашире и был одновременно ткачом и плотником. Соединение двух таких профессий помогло ему осуществить идею замены человеческого труда в текстильной индустрии элементарным деревянным механизмом.

Он изобрел чрезвычайно простую машину, состоявшую из прямоугольной рамы, на одном из концов которой помещался ряд вертикальных веретен. Поперек этой рамы ходили два деревянных бруска, которые захватывали хлопок и вытягивали его, т. е. заменяли человеческую руку. При этом замена руки механизмом увеличила количество движущихся веретен до нескольких десятков. В части двигателя машина не внесла чего-либо нового, так как приводилась в движение самим человеком. Но это не мешало «Дженни» произвести значительные перемены в производстве. Оставив человека функционировать в качестве двигателя, эта машина заменяла его там, где он имел непосредственное отношение к обрабатываемому материалу. «Дженни» получила широкое распространение в мануфактурах XVIII в., причем капиталисты выдавали эту машину работникам своей разрознен-

¹ Маркс, Капитал, т. I, изд. 8-е, стр. 283.

² Манту, стр. 149.

ной мануфактуры и брали с каждого работника определенную плату за пользование ею. Это было мануфактурной формой эксплуатации. «Но на этом, — пишет Энгельс, — развитие не остановилось. Некоторые капиталисты стали устанавливать прялки «Дженни» в больших зданиях и приводить их в движение силой воды: это дало им возможность сократить число рабочих рук и продавать пряжу дешевле, чем прядильщику, работавшему водиночку и приводившему машину в движение собственными руками».

«Так, — продолжает Энгельс, — зародилась фабричная система, которая еще дальше развилась с изобретением ватер-машины. Изобрел ее в 1767 г. Ричард Аркрайт — цирюльник из Кретона в Северном Ланкашире»¹.

Аркрайт (1732—1792) — «величайший вор чужих изобретений и самый низкий субъект»² — является любимым героем английской промышленной истории. Его сравнивали с Ньютоном. Английская буржуазия хранит благодарную память об этом человеке, оказавшем такое большое влияние на развитие английской индустрии. Существует обширная литература, где описана не только биография Аркрайта, но даже его внешний вид. Карлейль пишет: «Ланкаширский крестьянин, с заурядной и почти грубой физиономией, с толстыми щеками, круглым брюшком и видом человека, туго соображающего после плотного обеда. Какой удивительный феномен представляет в истории этот толстощекий и толстобрюхий цирюльник. полный терпения и изобретательности»³. Этот портрет далек от прекрасных образов, очерченных в биографиях Леонардо да-Винчи и ему подобных провозвестников буржуазной индустрии. Научные идеи основателей естествознания могли получить практическое применение, лишь превратившись в источник обогащения рыцарей капиталистической наживы.



Фиг. 38. Аркрайт.

Аркрайт буквально в каждой области находил повод для капиталистической наживы. Само собой разумеется, что в середине XVIII в. в Англии не было более благоприятной почвы для капиталистической наживы, чем применение машины в хлопчатобумажной промышленности.

В 1769 г. Аркрайт получил патент на новую прядильную машину. Первоначальная модель этой машины сохраняется в Англии до сих пор и является одним из основных экспонатов Кенсингтонского музея. Она сделана из дерева, очень похожа на машину Уайта и состояла подобно последней из ряда вали-

¹ Маркс и Энгельс, Сочинения, т. III, стр. 305.

² Маркс, Капитал, т. I, изд. 8-е, стр. 325.

³ Мант у. стр. 157.

ков. Но в машине Аркрайта одно и то же колесо приводило в движение четыре пары валиков, из которых каждый вращался с большей скоростью, чем предыдущий, причем машина приводилась в движение не руками, как предшествующая машина Харгрэвса, а водяным колесом, почему и получила название «ватерная машина». Аркрайт не только изобрел эту машину, но и был инициатором строительства больших хлопчатобумажных фабрик, где эта машина получила применение.

Следующий шаг промышленного переворота заключался в комбинации «Дженни», изобретенной Харгрэвсом, и ватерной машины, изобретенной Аркрайтом. Такая машина была названа «мюль». Изобрел ее Кромптон. Он соединил вместе оба принципа — принцип поступательно-возвратного движения каретки в машине, изобретенной Харгрэвсом, и веретена, вращение которого закручивало нить. У него на тележке были помещены веретена, и эти веретена вытягивали нить, когда отходили от хлопка, и навивали на себя хлопок, возвращаясь. Это имело то значение, что можно было производить ткань такую же тонкую, как на машине Харгрэвса, и такую же прочную, как на машине Аркрайта. После этого английская ткань могла свободно конкурировать с индийской. Поэтому результатом изобретения мюль-машины было не только дальнейшее фабричное закабаление английских рабочих, но также массовое разорение и гибель от голодной смерти индийских прядильщиков.

После того как прядение было механизировано, владельцы ткацких мануфактур очень остро почувствовали необходимость внедрения машины в ткацкое производство. Прядильные механизированные предприятия выбрасывали большое количество пряжи, ткачи были завалены работой, получали высокую плату и пользовались в отношении хозяев большой независимостью. Памфлеты того времени говорят о ткачах, что «они важничают, гуляют по улице с тросточкой в руках и пятифунтовым билетом, демонстративно засунутым за бант шляпы. Они хорошо одеваются и не впускают других рабочих в таверны, где они сидят»¹. В этих памфлетах чувствуется негодование буржуа, владельцев ткацких мануфактур, которые видят, что их рабочие живут лучше, чем прядильщики и другие рабочие, потому что механическая революция, охватив прядение хлопка, остановилась перед ткацким производством. Конечно, эта остановка не могла быть продолжительной. Вскоре изобретение механического ткацкого станка пришло на помощь хозяевам. Его изобрел сельский священник Эдмунд Карпайт.

Начавшись в прядении, промышленный переворот охватил и ткачество, а затем и другие отрасли промышленности.

* * *

Перейдем теперь к энергетической базе промышленного переворота, к тем двигателям, которые приводили в движение машины, созданные промышленным переворотом.

¹ Манту, стр. 171.

Еще раз подчеркнем, что исходной точкой промышленного переворота был исполнительный механизм, что же касается двигателя, то он мог быть каким-угодно — дело заключалось не в нем.

«Когда John Wyatt в 1735 г. возвестил о своей прядильной машине, а вместе с нею — о промышленной революции XVIII века, он ни звуком не упомянул о том, что осел, а не человек приводит эту машину в движение, и тем не менее эта роль действительно досталась ослу. Машина для того, «чтобы прядь без помощи пальцев», — гласила его программа»¹.

Однако, когда Уайт обанкротился и его изобретение было передано Эдварду Кэву, последний устроил крупное предприятие, в котором впервые были поставлены пять машин по 50 веретен. Это предприятие получало энергию от водяного колеса и было построено на берегу реки Нен. Машины Аркрайта, которые, как мы видели, применялись в крупных предприятиях, были названы ватер-машинами, потому что с самого начала были связаны с водяным колесом. Они были переходом от применения прядильных машин в небольших предприятиях к фабричной системе, и этот переход к фабричным масштабам был переходом к гидроэнергии. После внедрения ватерных машин возникавшие новые предприятия, крупные бумагопрядильные фабрики, строились у рек, потому что двигатели приводились в движение водяными колесами. Этим объясняется, что графство Ланкастер с его высокими холмами, с которых реки стекают в низменные болота, стало районом крупной фабричной хлопчатобумажной промышленности. При этом совершенно ясна преемственная связь двигателей первых фабрик с мельницей. Она выражается не только в том, что гидравлический двигатель прядильных и ткацких фабрик повторяет своей формой мельничное колесо, но и географическим размещением тех и других. Ланкастер, где развивалась хлопчатобумажная промышленность, издавна был местом особенного распространения мельниц благодаря обилию рек с большим падением. Здесь в самом начале XVIII в. на протяжении трех миль вниз по реке Мерсею, ниже Манчестера, уже существовало 60 водяных мельниц.

Таким образом переход к первым машинам в сравнительно крупных предприятиях, т. е. переход к фабричной системе, имел своей базой гидравлические двигатели. Мы их оставили в виде подливных колес. Последние обычно были тихоходными, порядка 10 об/мин, радиусом в несколько метров и использовали напор в 0,5—2 м. Подобные мощности соответствовали применению водяных двигателей в эпоху мануфактуры, и потому подливные колеса преобладали вплоть до середины XVIII в.

В первых фабриках колеса должны были приводить в движение такую сложную, разветвленную и мощную систему рабочих машин, с которой несравнимы мельничные поставы, водоподъемные колеса, шлифовальные крути, меха и сукновальни предыдущей эпохи. Здесь подливные колеса не оправдывали себя.

¹ Маркс, Капитал, т. I, изд. 8-е, стр. 281.

Увеличение их мощности было трудно выполнимым. Поэтому во время промышленного переворота применялись уже известные нам наливные колеса, в которых вода действовала своим весом и в зависимости от обстоятельств подавалась сверху или подводилась к средней части колеса. В случае неизменного горизонта при напоре от 2,5 до 10 м и расходе воды до 1 м³/сек с наибольшим эффектом применялся первый тип — верхненаливное колесо, которое имело к. п. д. 0,6—0,7, при переменном же напоре в пределах 2,5—8 м и расходе до 2 м³/сек — второй тип, т. е. средненаливное колесо.

Наливные колеса широко применялись и раньше. Во второй главе мы говорили о значении этих колес для мануфактуры. У Белидора мы встречаем целый ряд описаний и изображений наливных колес. Изображенное на фиг. 39 наливное колесо имело наибольшее распространение в Германии в его время, т. е. в первой половине XVIII в.¹ Оно представляло собой цилиндр с наклонно поставленными лопастями. Белидор считает эту форму нерациональной. Наряду с ней он приводит изображение верхненаливного колеса с лопастями в виде согнутых под тупым углом пластинок² (фиг. 40) и такого же средненаливного³ (фиг. 41). О последнем он пишет, что там, где нельзя получить высокое падение воды, «можно удовлетвориться ударом воды в среднюю часть колеса». Более рациональными Белидор считал радиально поставленные прямые лопасти и дал разрез мельничного колеса с такими лопастями⁴. Вода подводится к нижней половине колеса (фиг. 42).

В середине XVIII в. теоретические работы в области водяных колес выяснили преимущества наливных колес перед подливными. В 1758 г. Смитон и другие рядом опытов продемонстрировали эти преимущества⁵. Опыты были непосредственно связаны с энергетическими нуждами возникшей фабричной промышленности. Начиная с 60-х годов XVIII в., т. е. в годы наиболее интенсивного развития машинной индустрии, происходит быстрое распространение наливных колес, обладающих к. п. д. 0,6—0,7. Они достигли особенно больших размеров в позднейшую эпоху. Эти последние установки — «лебединая песнь» наливных колес — относятся к следующему периоду, когда отживший принцип поддерживался колоссальными масштабами технического оформления. В Шотландии в Гриноке на большой бумагопрядильне у устья р. Клайда работало железное колесо диаметром 21,35 м и шириной 3,8 м при напоре 19,5 м и расходе 0,98 м³/сек. Скорость вращения этого колеса была 1,3 об/мин и мощность 191 л. с. при к. п. д. 0,75. На острове Мэн в Англии было вы-

¹ Belidor, B. II, Cap. I, т. I, F. 6.

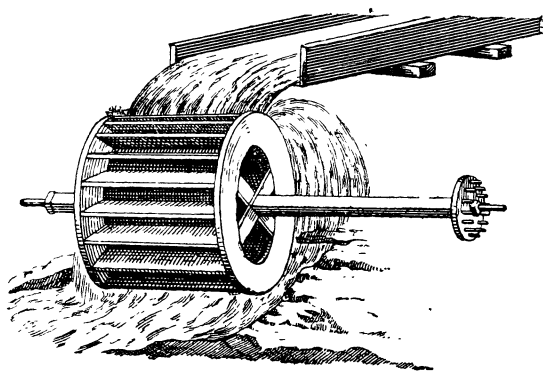
² Там же, р. 4.

³ Там же, р. 3.

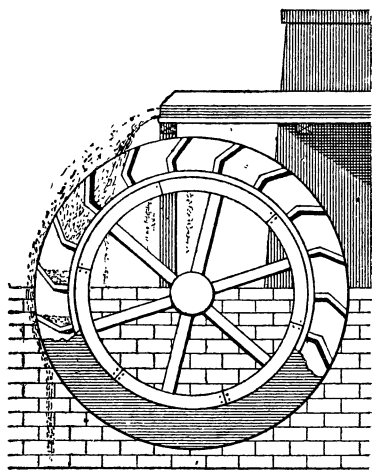
⁴ Там же, р. 8.

⁵ Smeaton, Experimental Enquiry Concerning the Natural Powers of Wind and Water to turn Mills and other Machines Depending on a Circular Motion, London, 1796.

строено еще большее колесо, средненаливное, диаметром 22 м и мощностью 200 л. с. для откачивающих насосов (Фиг. 43). Самым мощным было средненаливное колесо Кренгольмской мануфак-

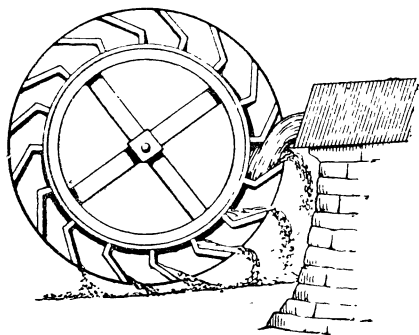


Фиг. 39. Мельница с верхненаливным колесом.

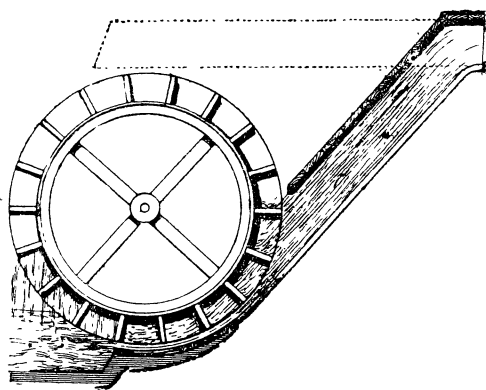


Фиг. 40. Верхненаливное колесо.

туры в Нарве с диаметром 9,15 м, шириной 7,6 м и мощностью 450 л. с. при 4—4,5 об/мин. Громадные размеры при небольшом числе оборотов ясно показывают несоответствие этих наливных



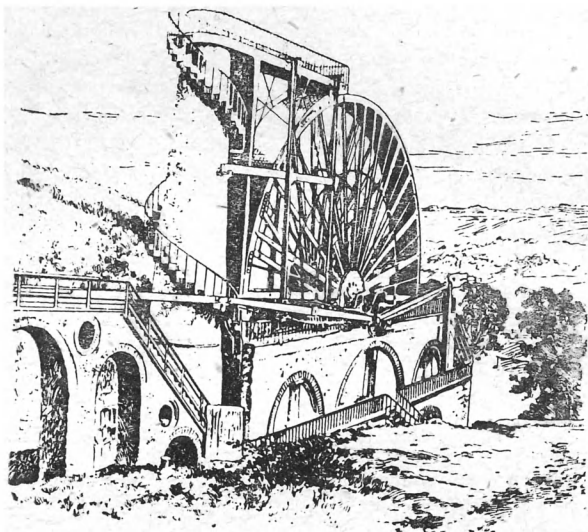
Фиг. 41. Средненаливное колесо.



Фиг. 42. Водяное колесо с прямыми лопатками.

колес уровню концентрации производства. Наряду с наливными колесами вновь начинают применяться подливные колеса, но в новой, более совершенной форме. Таково было прежде всего подливное колесо Понселе (1825 г.). Понселе придал кривизну лопаткам колеса.

Рассмотрим теперь влияние промышленного переворота в его классической форме на электрическую технику в Англии. Исходным пунктом были масштабы текстильной, именно хлопчатобумажной, индустрии.



Фиг. 43. Колесо на острове Мэн.

Массовый масштаб текстильной индустрии — это и есть то посредствующее звено, посредством которого английская механическая революция повлияла на развитие химической технологии и через нее — на возникновение и развитие электрохимии.

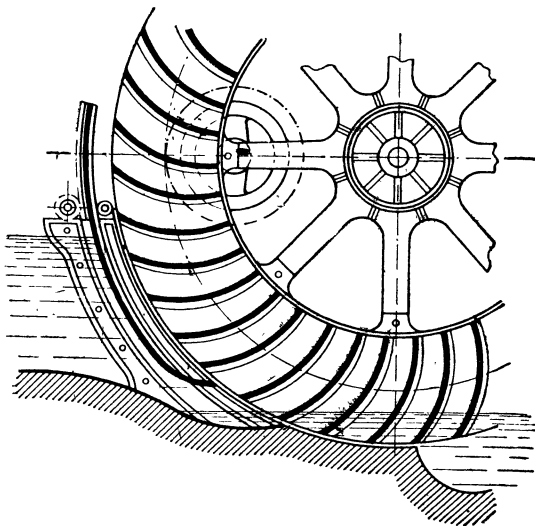


Фиг. 44. Понселе.

Для того чтобы поспевать за темпами и масштабами машинной текстильной индустрии, нужно было перейти к новым способам беления, крашения и печатания тканей. Поэтому механическая революция в прядении и ткачестве вызвала не только механическую, но и химическую революцию в обработке тканей.

В это время, т. е. в конце XVIII в. (1785 г.), Бертолле во Франции впервые опубликовал свою работу об обесцвечивающем действии хлора. Это изобретение вызвало громадный интерес в Англии. Для беления, крашения и печатания хлопчатобумажных тканей потребовалось колоссальное количество хлора, серной кислоты, соды и ряда других щелочей. Это повело к развитию в Англии химической промышленности. Английская буржуазия энергично потребовала быстрого и дешевого получения этих материалов, и научная химия стремилась получить их. Поэтому основными процессами, которые интересовали английскую химию, были реакции соединения, разложения и обмена, т. е.

именно то, что составляет специфику химии, ее «главную форму движения». Это определило путь теоретической химии в Англии. Здесь в основу химии легли специфические для нее принципы прерывности, кратных отношений, постоянства состава. Законом кратных отношений и атомистической гипотезой Дальтона (1766—1844) было положено действительное начало научной химии. Но еще раньше английских химиков заинтересовали качественные различия. Открытие Лавуазье (1743—1794) вызвало по ту сторону канала не меньший, если не больший, интерес, чем на родине. В частности, работы Лавуазье



Фиг. 45. Колесо Понселе.

в конце 90-х годов усердно штудировались Гемфри Дэви (1778—1837) — молодым учеником аптекаря и хирурга в городке Пензэнс в Корнуэльсе¹.

Дэви было суждено применить методы химического анализа к новому материалу, доставленному техническим переворотом. Дэви начал с изучения свойств газов. С 1799 г. он работает в медицинском «Пневматическом институте» и открывает удивительные свойства «веселящего газа» — закиси азота. С 1801 г. Дэви работает в Королевском институте. Здесь он живо откликается на практические запросы хозяйства: по поручению министерства земледелия изучает химию растений, конструирует безопасную лампочку для шахтеров и т. д. Но основные его работы относятся к щелочам и хлору, которыми английская промышленность особенно интересовалась после технического переворота. Здесь Дэви удалось, во-первых, разложить щелочи, установить их сложную природу и, во-вторых, выяснить природу хлора.

¹ John Ayrton, The life of sir H. Davy, 1831; Works of sir H. Davy ed. by John Davy, 1839, 1840.

Этого было бы достаточно, чтобы Дэви занял почетное место в истории химии; но работы его стали поворотным пунктом и в истории электрической техники, так как он применил для химических превращений новый источник — электричество — и передал созданную таким образом электрохимию в руки Фарадея.

Новые электрические явления, на которых основаны работы Дэви, — это гальванические явления. Врачи XVIII в. неоднократно изучали действие электричества на живые ткани, пользуясь



Фиг. 46. Гальвани.

электростатическими машинами и атмосферным электричеством. В 1786 г. Алоизий Гальвани¹ — профессор анатомии Болонского университета — сделал открытие, положившее начало новой эпохе в истории электричества. Приведем описание этого открытия, сделанное самим Гальвани:

«Я анатомировал лягушку, причем отпрепарировал ее так, как это представлено на прилагаемом рисунке, и положил ее на стол, на котором стояла электрическая машина. Когда один из моих помощников совершенно случайно прикоснулся острием скальпеля к бедренному нерву лягушки, то все мускулы на лапках несколько раз так сократились, как будто они были поражены сильнейшими судорогами. Другому же помощнику, занятому в это время электрической машиной, показалось, что это явление

происходило в том лишь случае, когда из кондуктора машины извлекалась искра. Удивленный этим обстоятельством, он обратил на него мое внимание в то время, когда я думал совершенно о другом и был погружен в свои мысли. Меня тут же охватило невероятное желание испытать это явление и осветить то, что в нем скрывалось. Поэтому я сам прикоснулся острием скальпеля то к одному, то к другому нерву, а в это время один из присутствовавших извлекал из машины искру. Явление по-

¹ Alibert, *Éloges historiques de Galvani*. IV; Venturoli, *Elogio di L. Galvani*, Bologna, 1852. Tromsdorf, *Geschichte des Galvanismus*, Erfurt, 1808.

стоянно повторялось в той же форме. Каждый раз наступали сильнейшие сокращения в тот самый миг, когда с кондуктора проскальзывали искры»¹. Гальвани повторил этот опыт, подвешивая лягушку на проволоке к громоотводу, и, наконец, в 1789 г. просто подвесил лапки лягушки на медном крючке к железным перилам балкона.

Мышцы лягушки сильно сокращались каждый раз, когда они касались перил.

Налицо был новый источник электричества, который производил те же действия, что и лейденская банка. В своей работе, вышедшей в 1792 г., Гальвани приписал телам животных особый род электричества. По его мнению, положительное электричество идет к нервам, а отрицательное — к мускулам. Нервы и мускулы являются как бы двумя обкладками лейденской банки, и разряд происходит, когда их соединяют металлическим проводником. Однако Вольт, продолжая в Павии опыты Гальвани, пришел к совершенно иному взгляду². Вольт обратил внимание, что во всех опытах Гальвани и во всех опытах, проведенных им самим, принимали участие два металла. Поэтому Вольт считал источником электричества соприкосновение двух разных металлов. «Чтобы вызвать у лягушек сокращение, необходимо, по крайней мере, чтобы два металла или проводника первого класса прикасались друг к другу с одной стороны или образовали сложную разнородную металлическую дугу, а другими концами прикасались к одному или нескольким проводникам второго рода, замыкались и образовали бы другую дугу», — писал Вольт Грину в 1796 г. Он не видел связи между электричеством, возникавшим в его опытах, с химическими процессами. Но это не помешало ему помещать металлические пластинки в кислоту. Это были цинковые и медные пластинки. Таким образом были созданы гальванические элементы. Вольт соединял эти элементы в батареи, имевшие вид столбика из металлических дисков. Это и был знаменитый вольтов столб. Вольтов столб надолго стал основным источником электрического тока. Применение этого тока в Англии и на континенте сочеталось с итогами промышленного переворота. Прежде чем остановиться на результатах такого сочетания, скажем несколько слов о том коренном различии, которое существует между новыми электрическими явлениями и старыми, известными XVIII в.

Вольтов столб был первым прибором, в котором получался непрерывный ток. Эта непрерывность была результатом не-



Фиг. 47. Вольт.

¹ Galvani, De viribus electricitatis in motu musculari, 1791. Немецкий перевод Ostwalds Klassiker, № 52, p. 4.

² Arago, Eloge historique de Volta; Sue, Histoire de galvanisme et analyse de différents ouvrages publiés sur cette découverte depuis son origine jusqu'à ce jour, Paris; An. X, 1802, II p. 267.

прерывного превращения одной формы движения в другую. Электричество впервые приобрело такую форму, которая выражала самую сущность его. Здесь впервые электричество оказалось наиболее общей формой энергии, промежуточным звеном, при помощи которого один вид движения превращается в другой. Фарадей, в работах которого эта идея получила наиболее полное развитие и в экспериментах которого вольтов столб получил наиболее широкое применение, говорил поэтому о Вольты, что «он первый сделал пролом в умственной темноте и открыл дорогу в неизвестное до того знание».

Еще раньше открытий Вольты плоский конденсатор позволил Лавуазье и Лалласу заметить выделение электричества при растворении железа или углекислого кальция в кислоте. Пристлей еще в 1772 г. показал разложение воды. Кавендиш (1730—1810) заметил получение азотной кислоты в воздухе при прохождении электрической искры. Бертоле разложил искрой аммиачный газ (1785 г.). Явления, названные впоследствии гальваническими, наблюдал Гумбольдт, Риттер и др. Однако только вольтов столб, и при том на английской почве, создал электрохимию.

В Англии, где переворот в исполнительных механизмах вызвал к жизни химическую технологию, вольтов столб привел к созданию электрохимии. Именно в Англии было впервые опубликовано открытие Вольты. Это было сделано в 1800 г., и в том же году Никольсон (1765—1855) и Карлейль открыли электролиз воды¹. Они опустили проволоки от вольтова столба из 17 гальванических пар в воду, заметили поднимающиеся от концов проволоки пузырьки, собрали выделяющийся газ и обнаружили, что это водород. Заменяв медные проволоки неокисляющимися платиновыми, они собрали также и кислород на положительном полюсе батареи. Подобные опыты делали также Аш в Оксфорде, Фарбони во Флоренции и Креве в Майнце². Крюкшенк (1746—1808) в 1801 г. уложил медные и цинковые пластинки в пазы ящика, куда наливалась кислота. Одновременно стали увеличивать число элементов в гальванических батареях. Особенно известной была батарея Королевского общества, состоявшая из 2 000 пластин.

Работы Дэви не только логически, но и хронологически непосредственно следуют за открытием вольтова столба и его применением английскими химиками. Уже в 1801 г. Дэви повторяет опыты Вольты и делает в Королевском институте сообщение под названием «Описание некоторых гальванических соединений, образуемых размещением отдельных металлических пластинок и жидкостей, подобно новому гальваническому прибору Вольты». Первая «Bakerian Lecture», прочитанная Дэви в 1807 г., сообщает «о некоторых новых случаях химических изменений, вызванных электричеством, в частности, о разложении нелетучих щелочей и

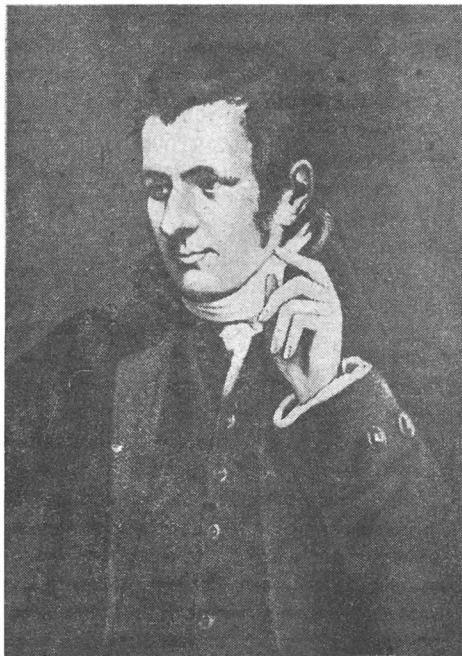
¹ Nicholson's, Journal, 1800, vol. IV, p. 179, Sue, p. I, 282—294.

² Н о р р е, Geschichte der Elektrizität, S. 132—139.

о выделении новых веществ, которые являются их основаниями, а также об общей природе щелочных тел». Новыми веществами оказались полученные при разложении щелочей калий и натрий. Затем Дэви при помощи того же электролиза получил хлор и целый ряд других элементов (1-III «Bakerian Lectur»).

Наряду с электрохимическими открытиями Дэви принадлежит открытие вольтовой дуги, т. е. основы электротермии и первоначального электрического освещения.

Однако здесь Дэви лишь самостоятельно повторил открытие русского ученого. Официальные круги, раболепствовавшие перед западной наукой, замалчивали гениальные открытия русских исследователей. Между тем, уже в 1803 г. появилась книга первого русского электротехника, которая носит характерное название «Известия о Гальвани-Вольтовских опытах, которые производил профессор физики Василий Петров, посредством огромной наипаче батареи, состоявшей иногда из 4 200 медных и цинковых кружков и находящейся при Санкт-Петербургской Медико-Хирургической Академии». В этой книжке подробно описан «яркий белый свет и пламя», т. е. вольтова дуга.



Фиг. 48. Дэви.

Совершенно иной тип электрической техники и учения об электричестве возник в ту же эпоху во Франции, где Био, Араго и Ампер, пользуясь тем же вольтовым столбом, создали чрезвычайно важные звенья электрической техники (электромагнит) и учения об электричестве (электродинамика). Основа их — особенности экономического развития Франции на рубеже XVIII и XIX вв. Здесь химическая технология, связанная с масштабами текстильной индустрии, не имела такого значения, как в Англии. Среди условий, определивших развитие французской науки, особую роль сыграли буржуазная революция и наполеоновские войны. После того как «победа третьего сословия... свелась к завоеванию политической власти социально-привилегированной частью его — имущей буржуазией», начинается период наполеоновских войн и континентальной блокады, покрывшей Европу сотнями таможен и тысячами трупов. В этот период и вслед

за ним машинная индустрия распространяется на континенте. Одновременно под крылом Наполеона специфическими путями развивается научная база промышленной техники.

Мы видели, что возникновение электрохимии было непосредственно вызвано химической технологией, связанной с массовым характером машинной текстильной индустрии в Англии. Во Франции химия развивалась в иных условиях. В годы революционных войн и континентальной блокады от химии ждали, что она поможет освободиться от необходимости колониальных товаров. Эти надежды оправдались лишь отчасти (свекловичный сахар, индийские ткани). Но в основном континентальная блокада поддерживалась не техническими достижениями французской промышленности, а непрерывными войнами. Химия прежде всего занималась изготовлением взрывчатых веществ. Нужно подчеркнуть, что французская химия занималась не столько химическими превращениями, как в Англии, сколько достижениями физических эффектов, изменениями температуры, упругости и т. п. — явлениями, имевшими военное значение. Сюда относятся прежде всего работы Гей-Люссака, Дюлонга и Пти над проблемой расширения и охлаждения газов. Но указанные процессы относятся к «побочной форме движения» в химии, носят непрерывный характер, и инструментом для их изучения служит математический количественный анализ и в первую очередь — анализ бесконечно малых. Отсюда математический характер французской химии. Математика играла важную роль в работах французских химиков начала века, и математики были их ближайшими сотрудниками. Характерная и даже символическая картина — это сорокалетняя дружба Бертоле и Монжа и их совместное участие в наполеоновских походах. Наполеон поручил Бертоле организацию научной части египетской экспедиции. Знаменитый химик выполнил это поручение совместно с не менее знаменитым математиком, причем их работы и имена во время экспедиции были так тесно связаны, что солдаты спорили: кто из двух является «ученым Монж-Бертоле».

Если французская химия была в высокой степени проникнута математикой и опиралась на измерительную технику, то еще больше это относится к геодезии. Здесь связь с военной практикой не требует пояснений. На рубеже XVIII и XIX вв. геодезия сыграла колоссальную роль в техническом и научном развитии. Еще до революции геодезические и топографические работы способствовали объединению государства и были объективно направлены против провинциально-феодальной замкнутости. Потом эти работы стали орудием войны. В конце XVIII в. последовал ряд крупнейших изобретений и открытий, совершенных офицерами французской армии и прежде всего военными топографами. Развитие в этой области зависело от совершенствования измерительных приборов.

В области математики Франция в конце XVIII и начале XIX вв. стояла впереди всех стран. Достаточно перечислить имена Лагранжа, Монжа (1746—1814), Лазаря Карно (1753—1823). Ле-

жандра (1752—1833) и др. В области электричества конец XVIII в. отмечен распространением измерительных приборов, основанных на электрическом притяжении и отталкивании, и применением математических методов для анализа электрических явлений. В 80-х годах XVIII в. Кулон (1736—1806) в наиболее яркой форме и полной мере применил к электричеству и магнетизму методы точного измерения. Кулон был армейским офицером, затем стал инженером по крепостным и гидротехническим сооружениям. Он работал, главным образом, в области точных измерений. Кулон изучал кручение, сначала шелковых нитей и волос, затем тонких металлических проволок, и в 1784 г. опубликовал описание своих приборов и опытов¹. Знаменитые крутильные весы Кулона состояли из длинной шелковой нити и подвешенной на ней легкой горизонтальной стрелки с маленьким наэлектризованным шариком на одном конце и противовесом на другом. Верхний конец нити прикреплялся к винту и мог закручиваться в разные стороны. Когда к наэлектризованному шарiku крутильных весов подносили другой, заряженный шарик, стрелка изменяла свое положение. Чтобы вернуть ее обратно, надо было закрутить нить на определенный угол. Таким образом сила взаимного отталкивания или притяжения шариков уравнивалась и измерялась силой кручения нити, пропорциональной углу кручения. Такие весы обладали чрезвычайно большой чувствительностью. В одном из своих мемуаров, представленных Французской Академии в 1785 г., Кулон утверждал, что каждый градус угла кручения соответствует силе 0,00000166 г, и стрелка, подвешенная на шелковом волокне в 10 см длиной, поворачивается на 45°, когда наэлектризованное тело подносят на расстояние в 1 м от нее. Пользуясь этими весами, Кулон измерил силу взаимного отталкивания и притяжения заряда и придал правилу д'ю-Фэ количественную определенность.

С этим законом математика входит в учение об электричестве. Первым результатом была теория потенциала. Лаплас (1779—1827), Пуассон (1781—1840), и, главным образом, Грин (1733—1841) придали ей почти современную форму. Что же касается электростатических приборов и электростатической техники, то главный фарватер открытий идет мимо нее. Гальваническая техника оказалась той экспериментальной базой, опираясь на которую, математический анализ поднял учение об электричестве на новую ступень. Речь идет об опытах и теории Ампера.

В работах Ампера отразилось все своеобразие хозяйственного, политического и научного развития Франции. Количественно математический характер науки и техники эпохи континентальной блокады, традиции, завещанные энциклопедистами, принцип дальнего действия — все это наложило свой глубокий след на творчество Ампера. Вместе с тем теория Ампера имела совершенно

¹ Recherches théoriques et expérimentales, sur la forme de torsion et sur l'élasticité des fils de métal etc. construction de différentes balances de torsion pour mesurer les petits degrés de force, Per. Mem. 1784.

ясные международные корни. Международным характером обладали технические корни опытов Ампера. Здесь, как и в работах Дэви, в основе лежало открытие гальванического электричества. Но действие этого открытия на континенте было несколько иным, чем в Англии. Здесь гальваническое электричество стало базой для опытов над механическим действием тока. Весной 1820 г. датский физик Христиан Эрстед (1777—1851) обнаружил, что магнитная стрелка, подвешенная над проводником, по которому пробегает ток, поворачивается и становится перпендикулярно к проводнику. В июле того же года Эрстед описал это явление в сообщении, разосланном крупнейшим физикам. Здесь приводятся результаты ряда опытов, произведенных Эрстедом. Эрстед дает следующую формулу, указывающую направление поворота стрелки: «полюс, над которым вступает отрицательное электричество, поворачивается на запад; полюс, под которым оно вступает, поворачивается на восток». Эта формула, таким образом, пригодна и для того случая, когда проводник проходит над магнитной стрелкой. Эрстеду не удавалось устранить влияние земного магнетизма, и для того чтобы получить возможно больший эффект, он увеличивал силу тока и первоначально утверждал даже, что стрелка поворачивается лишь тогда, когда проводник раскаляется. Впрочем, дальнейшие опыты Эрстеда показали, что последнее не обязательно.

Открытие магнитного действия тока получило особенное развитие на французской почве. Причина заключается в высоком уровне измерительной техники и математического анализа. Дальнейшая обработка открытий Эрстеда была произведена плеядой наполеоновских офицеров, геодезистов, физиков и математиков. К этой плеяде принадлежал Био¹ (1774—1863). Совместно с Саваром он установил количественные соотношения в явлении Эрстеда, причем установленный ими закон носит дифференциальный характер.

Громадное значение для дальнейшего развития электромагнетизма имели работы Араго. Биография Араго чрезвычайно характерна для поколения, которое на почве, разрыхленной французской буржуазной революцией, строило политическое господство буржуазии и создавало техническую базу буржуазного порядка². Араго родился в 1776 г. и в 1805 г. принимал участие в грандиозном предприятии — измерении меридиана, которое занимало одно из центральных мест во всей научно-технической работе того времени. Совместно с Био Араго измерял меридиан между Барселоной и островом Фромантера и был на острове Майорке, когда Испания восстала против Наполеона. Он был арестован, бежал из крепости, попал в плен, был освобожден, потерпел кораблекрушение, попал в Алжир в рабство и, наконец, получив свободу, едва спасся от английского фрегата. Наполеон назначил Араго профессором Политехнической школы — научно-технического цен-

¹ Lefort, Documents relatifs à la vie et aux travaux scientifiques de Biot, Paris, 1862.

² Audigane, François Arago, 1869.

тра буржуазной Франции. Араго был историком науки и техники (история физики, астрономии и геометрии, история паровой машины), астрономом, географом, метеорологом, химиком, физиком (электричество, магнетизм, оптика) и политическим деятелем. В качестве последнего он во время революции 1848 г. стал военным и морским министром временного правительства. Работая в области магнетизма и электричества, Араго обнаружил, что куски железа, помещенные вблизи тока, намагничиваются. Он же начал придавать проводнику для намагничивания железа форму соленоида. Все это имело решающее значение для создания технических применимых электромагнитов, которые были устроены на основе работ Араго и Ампера американским ученым Генри. Последний сконструировал мощные электромагниты с изолированной обмоткой и наряду с Фарадеем перешел от работ с электромагнитами к конструированию магнито-электрических машин.

Андре Мари Ампер принадлежал к тому же поколению, что и Араго (родился в 1775 г.) и к тому же научно-техническому центру. С 1806 г. он был директором Политехнической школы. Детство Ампер провел в поместье отца близ Лиона. 14 лет от роду он прочитал полностью всю энциклопедию Дидро и д'Аламбера. Сочинения энциклопедистов и Руссо произвели неизгладимое впечатление на Ампера. Отец Ампера окончил жизнь на гильотине, сам Ампер был противником якобинской диктатуры, но предреволюционная идеологическая борьба французской буржуазии в значительной степени определила характер его мировоззрения.

Работы Ампера носят энциклопедический характер. Ему принадлежат труды по гносеологии, классификации наук, филологии, ботанике, химии (классификация простых тел), биологии, космологии (теория образования земли), теории вероятностей, аналитической геометрии, дифференциальному исчислению, вариационному исчислению, аналитической механике и почти по всем отраслям физики.

С 1801 г. Ампер был профессором физики в Бургской школе, а затем получил кафедру математики в Политехнической школе. Его работы в области электродинамики начались в 1820 г. сразу



Фиг. 49. Ампер.

же после открытия Эрстеда. Осенью 1820 г. на собрании натуралистов в Женеве де-ля-Рив повторил опыты Эрстеда. В этом собрании участвовал Араго. Когда Араго, возвратившись в Париж, привез известие об открытии Эрстеда, Ампер немедленно приступил к разработке новой области теории электричества. Уже 18 сентября 1820 г. он докладывает о новых открытиях. Ампер сообщает, что два гальванических тока, имеющих одинаковое направление, взаимно притягиваются, а токи противоположного направления — отталкиваются. Таким образом механический эффект тока уже не был связан с наличием магнита. Поэтому Ампер предложил называть соответствующие явления не электромагнитными, а электродинамическими. «Наименование электромагнитные, которое было дано явлениям, вызываемым проводниками вольтыта столба, — пишет он, — представлялось удовлетворительным только в ту эпоху, когда были известны лишь явления, открытые Эрстедом между электрическим током и магнитом. Я считал необходимым применить название электродинамические для объединения под одним общим именем всех этих явлений и особенно для обозначения тех явлений, которые я наблюдал между двумя проводниками тока»¹.

Что касается действия тока на магнит, то Ампер вслед за Эрстедом показал взаимный характер этого действия, что было основой для действительного развития теории электромагнитных явлений. Ни формальное сходство закона Кулона с законом магнитного притяжения, ни невятные априорные догадки предшественников Эрстеда, Араго и Ампера не могут считаться началом этой теории. Ампер прежде всего ввел новые приборы, без которых невозможны были точные измерения электромагнитных явлений. Он заменил один круговой виток проводника соленоидом. В 1821 г. он изобрел аstaticкую стрелку, сразу же позволившую установить поперечный характер отклонения магнитной стрелки в опыте Эрстеда. Возникновение электродинамики совпадает с возникновением первых гальванометров, которые основаны на законах Ампера и на его изобретениях.

Пользуясь этими приборами, Ампер впервые в ясной и бесспорной форме установил единство электричества и магнетизма и нанес решительный удар представлению об особой магнитной жидкости. Он выдвинул известную гипотезу молекулярных токов, объясняющую все магнитные явления. Пользуясь методами математического анализа, он вычислил силу электродинамического взаимодействия токов и создал гениальную теорию, о которой Максвелл говорит: «Исследования Ампера, в которых он установил законы механического взаимодействия электрических токов, принадлежат к числу самых блестящих работ, которые были проведены когда-либо в науке. Теория и опыт как будто в полной силе и законченности вылились сразу из головы «Ньютона электричества»².

¹ Exp. rel. a de nouveaux phénomènes électrodynamiques, Ann. de chimie et de physique, 1822, XX, p. 60; Розенбергер, ч. III, стр. 194.

² Розенбергер, ч. III, стр. 197.

В те же годы, когда Эрстед, Араго и Ампер вскрыли связь между электричеством и механическим перемещением, была обнаружена и другая связь нового вида энергии. В 1821 г. Зеебек (1780—1831) обнаружил, что два металла, нагретые рукой, действуют на магнитную стрелку. Он назвал это явление «термомагнетизмом». Уже первые опыты с висмутом и сурьмой показали, что под влиянием самого незначительного нагревания в этих металлах возникает электрический ток.

Обратное превращение — электричества в теплоту — имело гораздо большее теоретическое и практическое значение. Исходным пунктом явилось открытие электрического сопротивления. Ом в 1836 г. ввел в теорию электричества это понятие, которое было третьим после напряжения и силы тока элементом основного количественного соотношения в теории тока.

Джоуль в теплоте нашел эквивалент электрического сопротивления. Это, однако, целиком входит в ту группу открытий, которые создали закон сохранения энергии. Об этом законе, его исторических корнях и наиболее важных выводах из принципа единства и сохранения энергии — в следующей главе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркс, Капитал, т. I, М., 1932.
2. Маркс, Нищета философии, Сочинения, т. V, М., 1931.
3. Маркс и Энгельс, Святое семейство, Сочинения, т. III, М., 1931.
4. Энгельс, Положение рабочего класса в Англии, Сочинения, т. III, М., 1931.
5. Энгельс, Анти-Дюринг, Сочинения, т. XIV, М., 1931.
6. Манту, Промышленная революция XVIII столетия в Англии, М., ГИЗ, 1926.
7. Дэви, О некоторых химических действиях электричества, М., ГТТИ, 1933.
8. Данилевский, Очерки истории техники XVIII—XIX вв., М., 1934.
9. Smeaton, Experimental Enquiry Concerning the Natural Powers of Wind and Water to turn Mills and other Machines depending on a circular Motion, London, 1796.
10. Ball, Natural sources of Power, London, 1908.
11. Fairbairn, Mills and Millwork, London, 1871.
12. Tromsdorf, Johann Battholomae, Geschichte des Galvanismus oder der galvanischen Elektrizität, vorzüglich in chemischer Hinsicht, Erfurt, 1808.
13. Sue, Histoire du galvanisme et analyse de différents ouvrages publiés sur cette découverte depuis son origine jusqu'à ce jour, Paris, An. X, 1802.
14. Hoppe, Geschichte der Elektrizität.
15. Bertrand, François Arago et sa vie scientifique, 1865.
16. Valson, La vie et les travaux de A. M. Ampère, Lyon, 1886.
17. Venturoli, Elogio de L. Galvani, Bologna, 1852.
18. Ampère, La théorie des phénomènes électrodynamiques, Paris, 1826.

ГЛАВА ПЯТАЯ

ПАРОВАЯ МАШИНА

Промышленный переворот и новая энергетическая база. Применение пара в древности. Приборы Герона. Эолипиль. Витрувий об эолипиле. Применение пара в средние века и в XV—XVI вв. Саломон де-Ко. Устер. Бранка. Принципы роторного двигателя и двигателя внутреннего сгорания в предистории паровой машины. Пороховая машина. Паровой насос. Насос Севери. Идея Лейбница. Машина Папена. Машина Ньюкомена. Джемс Уатт. Отделение конденсатора от цилиндра. Машина двойного действия. Марк об универсальном паровом двигателе. Завод Болтона. Конструктивное развитие машины Уатта. Роль машины Уатта в развитии энергетической техники. Паровая машина и тяжелая индустрия. Паровой транспорт. Развитие паровой машины. Высокое давление. Парораспределение. Машина Корлиса. Развитие котлов

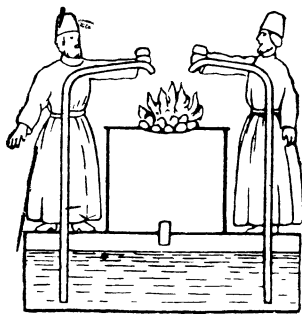
После первой революции, механизировавшей производство, после промышленного переворота, положившего начало капиталистической фабрике, последовала вторая революция, революция в энергетической технике. Энергетическая революция была произведена паром. Она является завершением механических изобретений XVIII в., опирается на эти изобретения, является следующим, более поздним этапом технического развития. Поэтому из ряда конструкторов паровой машины, ряда, включающего имена Архимеда, Леонардо да-Винчи и Лейбница, выделяется фигура Джемса Уатта. Уатт завершает не только блестящую галерею гениальных мыслителей, которые в результате широты и всеобъемлющей универсальности своих научных интересов двинули вперед историю паровой техники. Он завершает также скромный ряд пионеров фабричной индустрии. Механический переворот в исполнительных механизмах подготовил ту фазу паровой техники, в которой она выполнила свою историческую миссию и с которой собственно нужно начинать ее историю. Эта фаза — работы Уатта, а историческая миссия паровой машины — универсальное техническое использование превращения теплоты в механическое движение.

Мы уже видели, какие именно изобретения сделали необходимой к концу XVIII в. новую энергетическую базу. Теперь по-

смотрим, как до этого времени развивалось применение пара для механической работы. Попытки применить пар для силовых нужд начинаются с глубокой древности. Упругость пара была хорошо известна Герону Александрийскому. Однако он отождествлял пар и воздух. «Вода, превращенная теплом, — пишет Герон, — переходит в воздух. Пары из нагретых тиглей есть не что иное, как расширившаяся жидкость, превратившаяся в воздух, ибо огонь растворяет все твердое и преобразовывает его». Техническая база этого взгляда — приборы Герона. Они связывают воедино пневматику, гидравлику и теплоту. В ряде изобретенных Героном аппаратов теплота действует посредством воздушного давления. Таков, например, механизм, посредством которого зажженный на алтаре огонь заставляет жертвенную влагу выливаться из фигуры жреца. Здесь огонь нагревает воздух, который давит на жидкость (фиг. 50).

Первое применение пара заключалось в замене паром воздушной струи. Герон хотел «изготовить котел и приделать к нему изображение животного, которое дует и даже раздувает уголья»¹. Здесь дана идея парового дутья, причем в описании этого котла Герон указывает на внутреннюю жаровую трубу, как в корнваллийском котле.

К этому примыкает и знаменитый эолипил Герона, в который пар входит через полую ось и затем вытекает наружу через изогнутые трубы. Этот прообраз реактивной паровой турбины также предназначался для храмовых церемоний.



Фиг. 50. Прибор Герона.

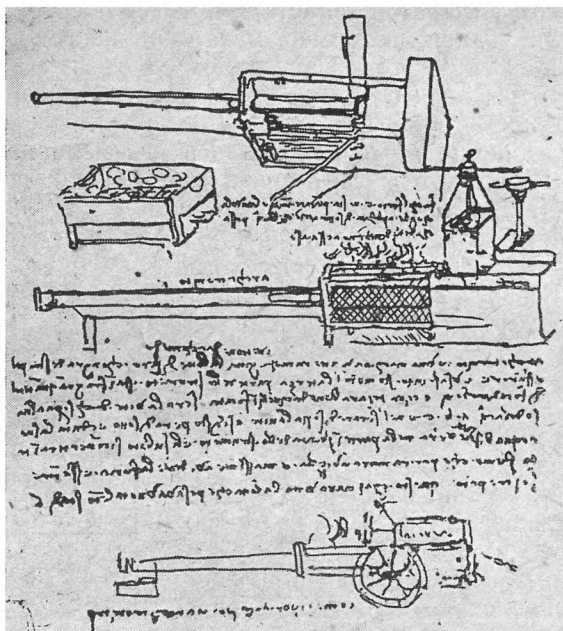
Из всех аппаратов, построенных Героном, больше всех сохранились эолипилы. О них пишет Витрувий, причем его рассуждения поразительно ярко вскрывают характер античной «теплотехники». Теплота могла появиться в качестве источника механического движения, только превращаясь в силу, уже знакомую технике. Силу струи пара в древности отождествляли с освоенным источником энергии — ветром. Эолипиль показывал древним связь между ветром и теплом, но он затушевывал различие между воздухом и паром. Вот что пишет Витрувий:

«Ветер — это текущая волна воздуха с неопределенным затопляющим движением. Он появляется при жаре и влаге, напор тепла выжимает мощное дующее дыхание. В подтверждение этого можно привести медные эолипилы и, таким образом, узнать божью правду в отношении тайных законов неба, при помощи изобретенных предметов. А именно, делают медные полые сосуды с возможно более узким отверстием. Через это отверстие сосуд наполняют водой и затем ставят у огня. До того как она на-

¹ Бек, стр. 28.

греется, нет никакого дуновения, но как только вода начинает нагреваться, то начинает действовать сильное дутье, таким образом, из этого маленького представления можно иметь суждение о большом необъятном законе природы»¹.

О первых паровых конструкциях вспомнили в ту эпоху, когда культурное наследство классической древности вошло в арсенал буржуазной Европы. Первый факт, с которого нужно начинать историю паровой машины, бросает яркий свет на соотношение античной культуры, ренессанса и идеи паровой машины. Это



Фиг. 51. Рисунок Леонардо да-Винчи, изображающий паровую пушку.

паровая пушка Леонардо да-Винчи. Величайший из провозвестников буржуазной техники описывает паровую пушку, изобретение которой он приписывает величайшему мыслителю древней Греции — Архимеду. В описании Леонардо да-Винчи говорится:

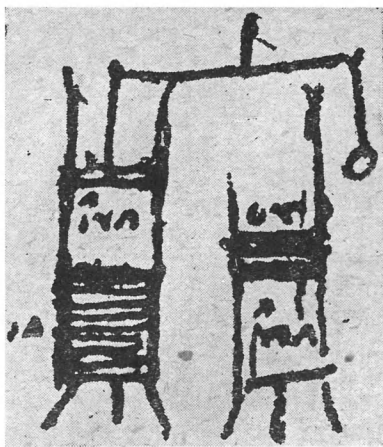
«Архитронито есть машина из тонкой меди, изобретение Архимеда, и бросает ядра из железа с большим шумом и большой силой. Ее употребляют следующим образом: третья часть инструмента находится внутри большой массы горящего угля и, когда она им хорошо нагреется, заворачивают винт, который находится под водяным резервуаром. Когда винт ввинчен вниз, он открывает проход вниз, и после того как вода вытекла, она течет в на-

¹ Бек, стр. 190.

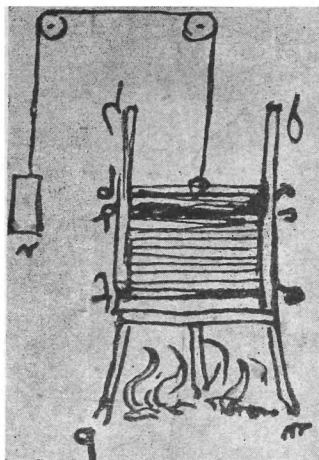
гретую часть инструмента и внезапно превращается в пар, так что, повидимому, происходит чудо — такая видна сила и слышен шум. Она бросает ядра, весящие один талант, на шесть стадий расстояния»¹.

Леонардо принадлежит и ряд других эскизов, относящихся к паровой технике. Упомянем два эскиза, дающие прототип цилиндра с поршнем. Один из них (фиг. 52) изображает прибор для измерения количества пара. «Возьми квадратный сосуд, — пишет Леонардо, — с огнем под ним и крышкой, которая может двигаться вверх до высоты сосуда...»². В другом приборе (фиг. 53) Леонардо предлагает помещать в цилиндр «кожаный мешок, куда наливается немного воды»³.

Шестнадцатый век начал с того, на чем остановился первый. Но он принес с собой новое орудие научного исследования —



Фиг. 52. Эскиз цилиндра с поршнем.



Фиг. 53. Эскиз цилиндра с кожаным мешком.

эксперимент. Ряд ученых производит эксперименты с паром и предлагает использовать его упругость. Кому же из них принадлежит честь открытия паровой машины? В XIX в. историко-техническая литература уделяет этому вопросу величайшее внимание. Немецкие, английские и французские ученые наперебой выдвигают своих претендентов на почетное место изобретателя паровой машины. Испанец Бласко де-Гарай, француз де-Ко, англичанин Устер, итальянец Бранка, снова англичанин Морленд — всем им историко-техническая литература приписывала изобретение паровой машины. Если под шелухой националистической пропаганды вскрыть действительное содержание открытий и изобретений XVI—XVII вв., станет совершенно ясной полная

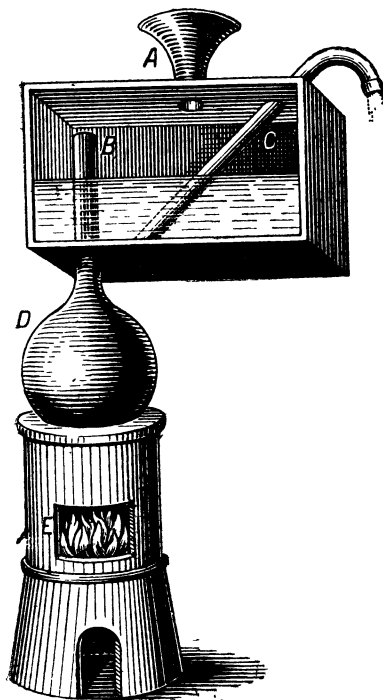
¹ Feldhaus, *Ruhmesblätter der Technik*, B. I, Lpz, 1924, S. 120.

² Feldhaus, *Leonardo, der Techniker und Erfinder*, Jena, 1913, S. 91.

³ Feldhaus, *Ruhmesblätter der Technik*, s. 119.

неосновательность высказанных притязаний. Ни один из конструкторов XVII в., так же как и следующего, не был единственным изобретателем паровой машины. Энгельс подчеркивает интернациональный характер этого изобретения. В начале XVII в. Саломон де Ко открывает ряд первых экспериментаторов, использовавших силу пара. Папен завершает этот ряд.

Еще в XVI в. Кардан (1501—1576) говорит о мощности пара и легкости его конденсации и образования вакуума. Он говорит



Фиг. 54. Измерение объема пара по Де-ла Порте.

также о противоположности давления и конденсации как об основе применения пара. При этом Кардан ссылается не на экспериментальные данные, а на древних. Но это — традиционная форма, которую постепенно наполняет новое содержание. В том же XVI в. мы встречаем упоминание о паровом двигателе на судне Бласко де-Гарай. Это упоминание является настолько сомнительным и неопределенным, что трудно даже утверждать, что у Бласко де-Гарай был тепловой двигатель и тем более определить, какой именно двигатель. В середине XIX в. выяснилось, что нет оснований считать судно де-Гарая пароходом¹.

Этим ограничиваются сведения о паровых двигателях XVI столетия. Поэтому у нас нет оснований говорить о паровой технике этого века. Другое дело XVII в. Он начался рядом экспериментальных работ и кончился паровой машиной, получившей применение в производстве.

В 1601 г. Порта указывает на возможность подъема воды давлением пара и предлагает конструкцию, изображенную на фиг. 54. В 1608 г. Риво пишет о том, что вода, испаряясь в бомбе или пушечном стволе, может произвести сильный взрыв. Наиболее характерная фигура среди пионеров паровой техники XVII в. — Саломон де-Ко. Араго считал его первым изобретателем паровой машины. Немецкие историки техники всячески оспаривают это утверждение. Он родился в конце XVI в., умер в первой половине XVII в. и занимался, насколько это можно понять из крайне неясных и отрывочных биографических данных, устройством фонтанов и прочих украшений дворцовых садов. В его многочисленных ра-

¹ См. Feldhaus, Ruhmesblätter der Technik, B. I. S. 246.

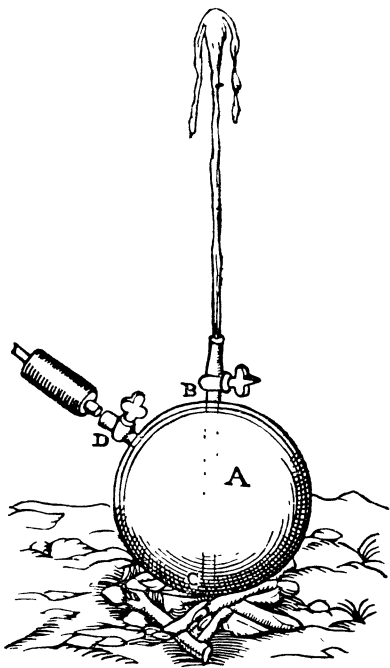
ботах особенно характерно сочетание элементов средневековой традиции с новыми принципами. Саломон де-Ко повторяет аристотелевские определения, но подкрепляет их экспериментальными иллюстрациями. Схоластическая традиция заставляет его апеллировать к текстам, но наблюдения толкают к новым понятиям¹.

Саломон де-Ко пишет об «отне — стихии горючей, светящейся, сухой и легкой», о «воздухе — стихии сухой и легкой, которую можно сжать и которая при этом проявляет большую силу». Однако опытным путем он приходит к представлениям, которых античная техника не могла вскрыть, именно к большой силе пара. Он пишет:

«Однако сила эта (воздух) становится еще больше, когда воздух получают из воды, нагретой в сосуде и превращенной в пар, и это испарение остается в сосуде. Возьми, например, медный шар с внутренним диаметром в 1 фут и толщиной (стенок) в 1 дюйм, наполни его через отверстие в стенке водой, закрой хорошенько отверстие шипом, так чтобы вода не могла выйти, и положи шар на огонь. Ты найдешь, что когда шар хорошо нагреется, внутреннее давление с треском разорвет его, как пептарду».

Саломон де-Ко связывает представление о большой силе пара с идеей применения этой силы для подъема воды. «Наполни шар водой, закрой хорошенько пробку, поставь шар на огонь — и тепло начнет поднимать воду».

Несколько позже о таком же механизме пишет маркиз Устер. Этот английский аристократ создал целый ряд механизмов и описал их в книге², вышедшей в 1663 г. В этой книге Устер описывает «замечательный и высокомогущий способ поднять воду вверх огнем. Сосуд, наполненный водой, разжиженный огнем,



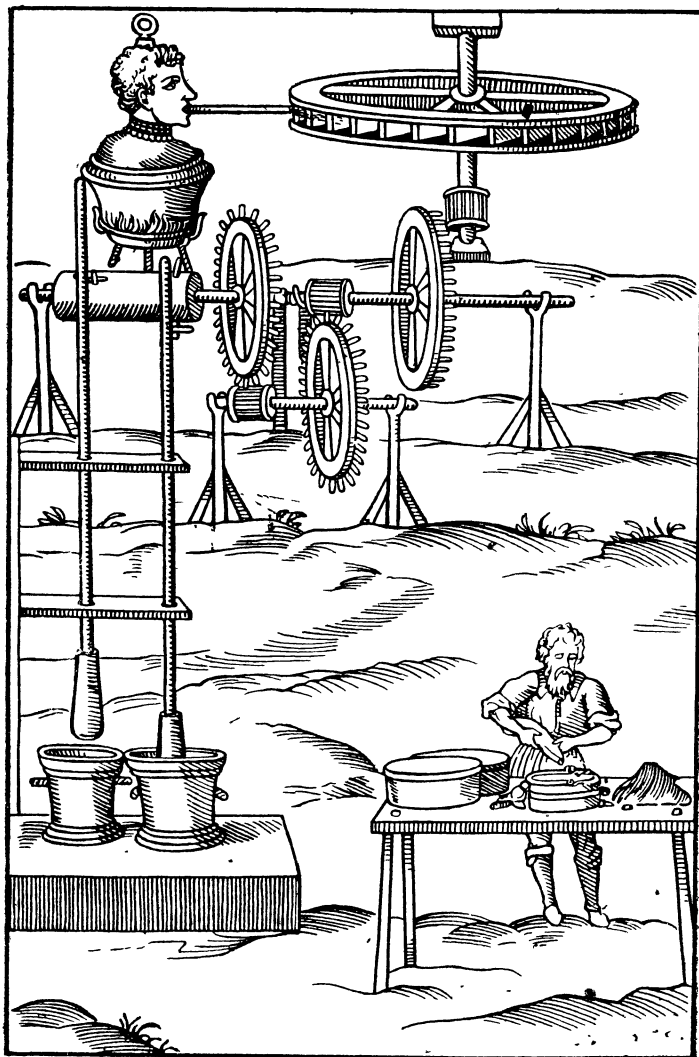
Фиг. 55. Паровой фонтан Саломона де-Ко.

¹ Salomon de Caus, *Les raisons de forces mouvantes avec diverses machines*, Frankfurt a. M. 1615.

² Worcester, *A century of the names and scantlings of such inventions etc.*, London, 1663; см. Dicks, *The life, times and labours of the second Marquise of Worcester*, London, 1865; см. Описание изобретения и постепенное усовершенствование паровых машин, составленное Николаем Божеряновым. СПб, 1892, стр. 13—22.

поднимает вверх в сорок раз больше холодной воды». В машине Устера было два шара, поочередно наполнявшихся водой.

Другую конструкцию создал Джовани Бранка (умер в 1629 г.). В книге «Le macchine», выпущенной в 1629 г., Бранка помещает



Фиг. 56. Паровое колесо Бранка

рисунок, изображающий прообраз паровой турбины (фиг. 56). Здесь ясно видна связь этой конструкции с ветряным мельничным колесом. Двигатель Бранка предназначался для толчен. Здесь знакомый уже древним «суфлятор» выпускает пар на лопатки колеса с вертикальным валом. Характерно применение

зубчатой передачи, связанное с большим числом оборотов этой турбины.

После того как Саломон де-Ко и вслед за ним Устер наблюдали внушительную силу упругости пара, появился количественный подсчет этой силы, произведенный Морлэндом. Рукопись Морлэнда имеет характерное название: «Подъем вод всякого рода машинами, приведенный к мере тяжести и весам». Среди различных машин упомянут и насос типа Устера, причем в отрывке «Начало новой силы огня, открытой кавалером Морлэндом в 1682 г. и представленной его величеству в 1683 г.», говорится:

«Когда вода действием огня превратится в пар, то последний мгновенно занимает пространство, гораздо большее (почти в 2 000 раз) против того, которое занимала раньше вода, и он скорее разорвет пушку, чем останется в ней. Но если им управлять по законам статики и привести вычислениями к мере тяжести и равновесию, то он несет груз спокойно, как хорошая лошадь, и совершает полезную работу, особенно для поднятия воды, согласно следующей таблице, показывающей число фунтов, которое можно поднять 1 800 раз в час на высоту 6 дюймов цилиндрами, до половины наполненными водой, при разных диаметрах и высотах этих цилиндров»¹.

Дальше идет таблица для цилиндров с диаметром от 1 до 6 футов, высотой от 2 до 12 футов². Наибольшее число цилиндров, предусмотренное таблицей, — 90. Они поднимают 291 600 фунтов воды. Все это отчетливо показывает, какие технические применения были основой конструирования и расчета паровых двигателей XVII в.

Перечисленные случаи применения пара очень рельефно обрисовывают технику и науку XV в. Они целиком подтверждают данную выше характеристику мануфактурной эпохи. Мы видим тесную преемственную связь с античной культурой. Наряду с этим — новую черту, не знакомую Герону, — большую мощность предложенных устройств, связанную с новыми техническими задачами — устройством фонтанов, движением мануфактурных станков и т. п. Наконец, мы видим конструктивную связь между паровыми «машинами» XVII в. и мельницами — энергетической базой мануфактуры. Существует еще одно отличие конструкций и идей нового времени от античных. Это — интернациональный характер открытий, который особенно ярко сказался в работах непосредственных предшественников Уатта: Палена (1647—1712), Севери (1650—1715) и Ньюкомена (1663—1729). «Паровая машина, — пишет Энгельс, — была первым действительно интернациональным открытием, и факт этот, в свою очередь, свидетельствует об огромном историческом прогрессе. Паровую машину изобрел француз Палин, но в Германии. Немец Лейбниц, рас-

¹ См. Паровые машины. История, описание и приложение их, взятые из сочинений Пертингтона, Стифенсона и Араго, СПб, 1838, Божерянов, стр. 23—24.

² Божерянов, стр. 25.

сыпая вокруг себя, как всегда, гениальные идеи, без заботы о том, припишут ли заслугу этого ему или другим, — Лейбниц, как мы знаем теперь из переписки Палина (изд. Герляндтом), подсказал ему основную идею этой машины — применение цилиндра и поршня. Вскоре после этого англичане Севери и Ньюкомен придумали подобные же машины; наконец, их земляк Уатт, введя отдельный конденсатор, придал паровой машине в принципе ее современный вид. Круговорот, открытый в этой области, закончился: удалось достигнуть превращения теплоты в механическое движение. Все дальнейшее было только улучшением деталей»¹.

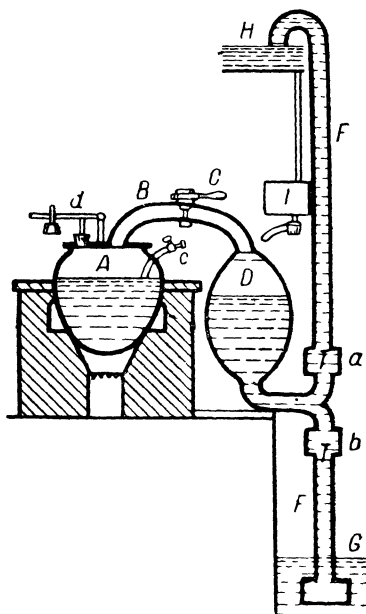
Перейдем к истории этих изобретений. С конструктивной стороны паровая машина, если ее рассматривать исторически, — это синтез двух принципов, которые применялись в эпоху мануфактуры. В эту эпоху уже существовал двигатель внутреннего сгорания. Больше того, он был самым известным, распространенным двигателем. Дело в том, что с известной натяжкой можно считать двигателем внутреннего сгорания и огнестрельное оружие. Ствол его является цилиндром, а снаряд — поршнем, который вылетает из цилиндра и больше не возвращается. В 1673 г. Гюйгенс предложил свой двигатель — пороховую машину. В пороховой машине газы при взрыве пороха толкали поршень вверх, а атмосферное давление возвращало его обратно. Изобретение Гюйгенса стало исходным пунктом применения цилиндра и поршня для паровой машины.

Другая линия, которая вела к паровой машине, — паровой насос. Это — непрерывная линия, включающая Саломона де-Ко и Устера. Завершение ее — насос Севери. Остановимся на этом. Севери был разносторонним конструктором и первоначально изобрел усовершенствованную лодку. С этим он обратился к королю. Но государственная машина Англии уже приобрила в то время те черты, которые впоследствии благодаря романам Диккенса получили мировую известность. Нескончаемая волокита заставила Севери направиться к промышленной буржуазии. Шахтовладельцы требовали мощного насоса для откачки воды. Севери создал для этого машину, где вода поднималась сначала атмосферным давлением при конденсации пара, а затем непосредственным давлением пара. Модель этой машины была преподнесена королю Вильяму III летом 1689 г. Пар из медного котла шел в соседний сосуд. Когда последний наполнялся паром, его стенки окатывали холодной водой. Давление пара падало, и вода поднималась в сосуд по трубе через открытый в это время кран. После этого открывали другой кран, через который растущее давление выталкивало воду вверх. Машина Севери была водяным насосом, но сам он рассчитывал на ее применение в ряде отраслей промышленности в качестве двигателя, впрочем дополнительно к мельнице. «Это новое изобретение, — пишет Севери; — для подъема воды и для получения движения для всех видов производства при помощи движущей силы огня имеет большое значение для осушки руд-

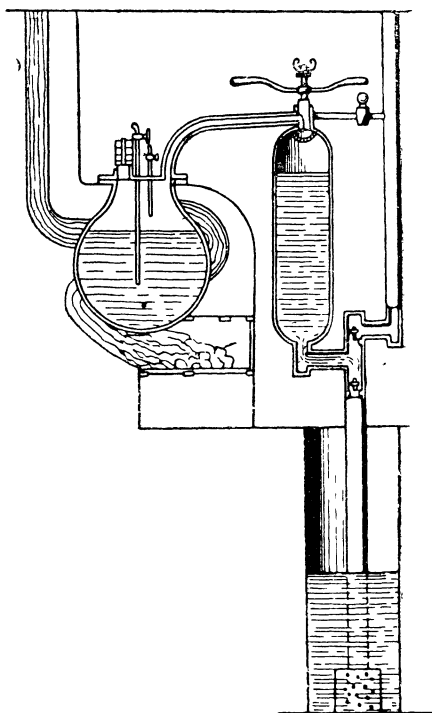
¹ Маркс и Энгельс, Сочинения, т. XIV, стр. 570—571.

ников, для водоснабжения городов и для производства движущей силы для фабрик всех видов, которые не могут использовать водяную силу или постоянную работу ветра».

Однако, даже для того чтобы работать в качестве насоса, машина Севери нуждалась в усовершенствовании. В 1702 г. Севери в своей книге¹ описывает более сложную машину. Здесь пар из двойного котла поступает в два самостоятельно работающих сосуда, которые поочередно засасывают воду и поочередно нагнетают ее вверх. Дальнейшие усовершенствования внес Дезагюлье,



Фиг. 57. Машина Севери.



Фиг. 58. Машина Дезагюлье.

который кроме папеновского предохранительного клапана внес в конструкцию Севери еще одну новую особенность: холодная вода здесь не поливала сосуды снаружи, а вбрызгивалась в них (фиг. 58).

Однако и в этом усовершенствованном виде машина работала плохо. Прежде всего она могла поднимать воду на очень небольшую высоту. Вода засасывалась в насос атмосферным давлением, которое не могло поднять ее больше чем на 8 м. Дальше воду поднимало вверх давление пара, обычно не превышавшее 3 ата,

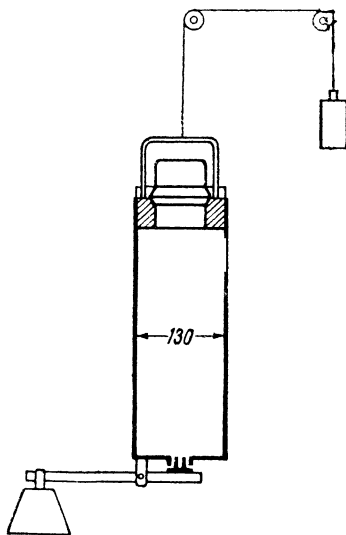
¹ Savery, The miners friend, or an engine to raise water by fire etc., London, 1702.

что хватало лишь на 20 м. Между тем, тридцатиметровый подъем воды уже не удовлетворял английскую горную промышленность, и последняя требовала нового двигателя.

Вторым недостатком машины Севери была ее крайняя неэкономичность. Мы видели, что в ней отсутствовали движущиеся части. Сама вода, непосредственно соприкасаясь с паром, то втягивалась в сосуд, то выталкивалась из него. Но это вызывало большие потери энергии. Пар охлаждался водой, сосуды, попеременно нагреваясь и охлаждаясь, также расходовали много лишней энергии. Поэтому машина Севери, расходовавшая до 80 кг угля на 1 л. с. в час, получила наибольшее распространение в дворцовых парках, дворянских усадьбах — там, где к. п. д. не решал вопроса. Другое дело — шахтовладельцы, для которых каждый лишний кусок угля — это вопрос конкуренции. Они требовали новой, более совершенной машины. Дени Папен изобрел недостающее звено применив для



Фиг. 59. Папен.



Фиг. 60. Пороховая машина Папена.

паровой машины поршень. Машина, построенная Папеном, состояла из полого цилиндра и поршня, который в нем двигался. В цилиндр наливалась вода, он нагревался, и пар поднимал поршень вверх. Затем цилиндр поливали холодной водой, и с конденсацией пара, атмосферное давление опускало поршень обратно.

В этом и заключалось изобретение паровой машины, так как последняя является сочетанием пара, сила которого была известна Герону, Витрувию, де-Ко и др., — с поршневым механизмом. Основную идею этого изобретения высказал Лейбниц. Она заключалась, как мы видели, в соединении силы пара с конструктивной формой пороховой машины Гюйгенса.

«В 1688 и 1690 гг. Папен впервые высказывает идею паровой

машины, т. е. парового двигателя с поршнем и цилиндром. В «Acta eruditorum» он пишет:

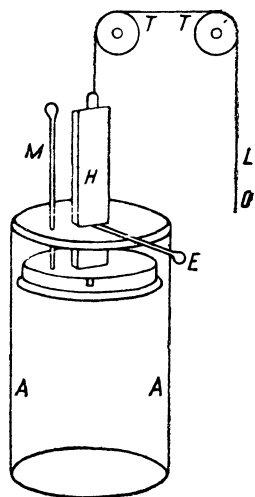
«Нашедши невозможным производить пустоту в цилиндре посредством пороха, я старался сделать то же водой, которая, будучи превращена в пар, имеет упругую силу, подобно воздуху, и потом сгущается от холода, так что не остается и следа прежней силы или упругости».

После этой исторической формулировки принципа паровой машины идет описание двигателя.

«Наливаю в цилиндр немного воды, опускаю в него поршень до самой поверхности оной, а воздух, заключенный под поршнем, выпускаю через отверстие особого крана, тогда действием огня, разведенного под цилиндром, вода в нем начинает кипеть и превращаться в пар, который производит сильное давление на поршень и поднимает его до верха цилиндра, преодолевая давление атмосферы, в это мгновение упорка, входящая в выемку, сделанную на стержне, задерживает поршень вверху, после чего убивается огонь, и пар, сгущаясь через охлаждение, производит в цилиндре пустоту. Теперь машина в состоянии произвести механическое действие, ибо по отнятии упорки поршень опустится с силой, равной давлению атмосферы, и может поднимать данное сопротивление помощью веревки и блоков¹».

Трудно сейчас представить себе, до чего плохо работала такая машина. Когда Пален раздувал огонь мехами и машина работала быстрее, она делала одно движение в минуту. Вторым недостатком был громадный расход топлива. Причина того и другого — конструктивное объединение котла и цилиндра. Пален перешел от принципа внутреннего сгорания, от пороховой машины — к паровому двигателю и поэтому разделил цилиндр и топку. Но цилиндр, перестав быть топкой, стал котлом и этих функций Пален конструктивно не разъединил. Между тем, для быстрой и экономной работы машины это разделение необходимо. Котел должен работать непрерывно, а поршень в цилиндре должен менять направление своего движения, что достигалось в машине Палена тем, что нагревание и охлаждение чередовались.

Нужно было выделить котел, чтобы парообразование происходило непрерывно. Мы видели, что машина Севери могла быть улучшена введением поршня, т. е. принципа, осуществленного Паленом в его первой машине. Это было сделано в другой машине, сконструированной Паленом в 1707 г., где котел был отде-



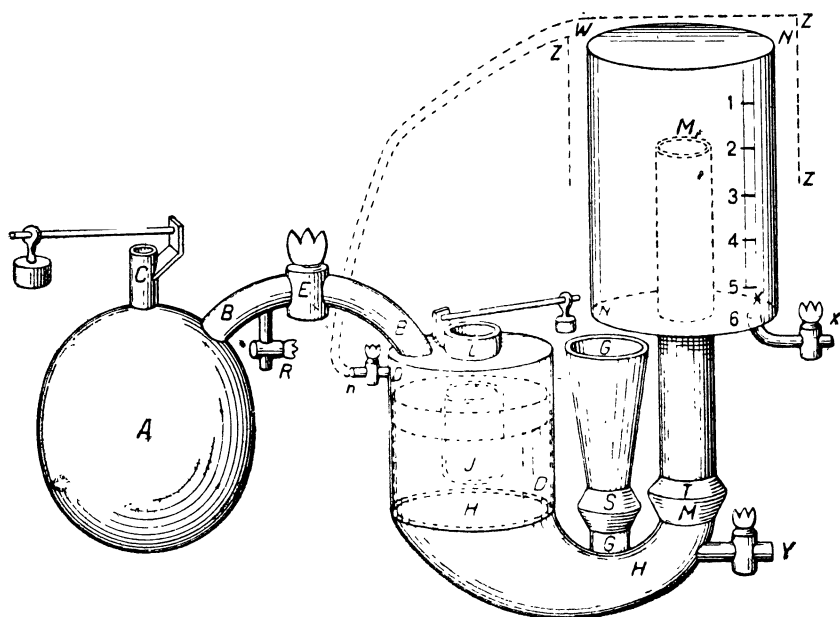
Фиг. 61. Паровая машина Палена.

¹ Божерянов.

лен от цилиндра и пар давил на воду поршнем-поплавком (фиг. 62) ¹ Последний еще не является подлинным поршнем, и поэтому машина Папена 1707 г. напоминает насосы Севери. Характерно, что вода, накачиваемая машиной, направляется затем в лопатки водяного колеса (фиг. 63). Таким образом Папен хотел превратить насос в универсальный двигатель.

Более применимой оказалась другая конструкция, включавшая котел и цилиндр с поршнем и объединившая, таким образом, идеи Севери и Папена. Ее построил девонширский кузнец и слесарь Ньюкомен в 1705—1706 гг. ².

В машине Ньюкомена пар из котла поступает в цилиндр, где движется поршень, соединенный с большим деревянным качаю-



Фиг. 62. Машина Папена 1707 г.

щимся балансиrom, на другом конце которого находится противовес. Когда поршень поднят, кран, соединяющий котел и цилиндр, закрывается и открывается другой, через который впрыскивается в цилиндр холодная вода (первоначально цилиндр обливали снаружи). Пар конденсируется, получается вакуум, и атмосферное давление опускает поршень обратно. Таким образом это — атмосферный тепловой двигатель.

Для того чтобы краны автоматически открывались и закрывались, машина Ньюкомена была снабжена системой проволок и

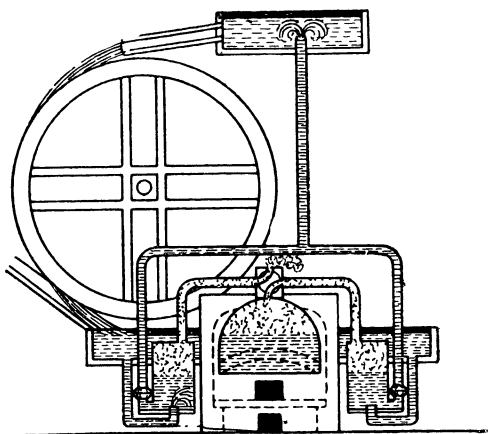
¹ Papin, Nouvelle manière pour lever l'eau, Cassel, 1707.

² Matschoss, Die Entw. d. Dampfmaschine, B. I. S. 304; Beiträge zur Gesch. d. Techn. u. Industrie, 1929. B. XIX. S. 139—141.

штанг. Предание говорит, что эти проволоки и штанги были придуманы мальчиком Гемфри Поттером, которому надоело все время поворачивать краны. Повидимому, этот рассказ сам является изобретением парусителей ньюкоменовского патента. Автоматическое управление кранами, затем предохранительный клапан, уменьшивший опасность взрывов, которые были сначала очень частыми, — все это было сделано, главным образом, Бейтоном и создало широко применимый тип машины. В 1720 г. машина приняла ту форму, которая держалась после этого пятьдесят лет¹.

«Огневые» машины Ньюкомена быстро превратились из диковинных «раритетов» в распространенные механизмы, известные самым широким кругам.

Вскоре современники удивлялись не принципу новой машины, а размерам отдельных установок, например, машины Ньюкомена, которая в 1720 г. заменила собой насос Севери в лондонском водопроводе. Эта машина имела цилиндр высотой в 9 футов и потребляла ежегодно на 100 фунтов стерлингов топлива. Машины Ньюкомена потребляли свыше 25 кг угля на 1 л. с. в час, и для больших установок нужно было держать несколько десятков лошадей, непрерывно подвозивших топливо. На под-



Фиг. 63. Машина Палена высокого давления, с водяным колесом.

воз топлива уходило восемьдесят процентов всех расходов на установку. Машины Ньюкомена встречались повсюду, где были шахты, шлюзы и другие пункты, где требовался подъем воды. Но революции в производстве они не произвели. До технического переворота в исполнительных механизмах новый двигатель был ограничен очень узкой сферой. Да и сам двигатель этот был ограничен своими техническими особенностями и был по существу атмосферным паровым насосом. В 60-х годах, когда Англия покрылась сетью фабрик, эта ограниченность ньюкоменовского двигателя стала очередным барьером технического развития. Появились различные предложения о превращении поступательно-возвратного движения насоса во вращательное движение универсального двигателя. Но там, где это действительно осуществлялось, обычно накачивали воду насосом Ньюкомена в резервуар, откуда она направлялась к лопаткам архаического водяного колеса — универсального двигателя первых фабрик. Таким образом, в частности, использовались машины Смитона, инженера, кото-

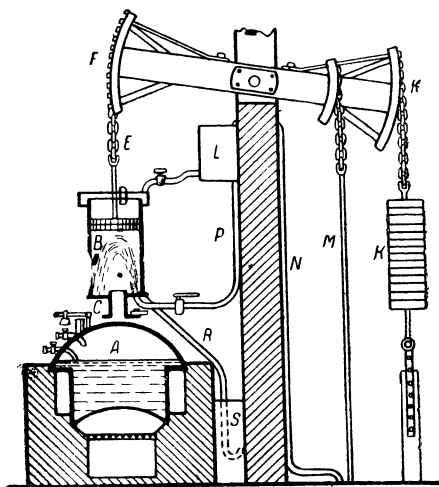
¹ Matschoss. В. 1, §. 307.

рый, больше чем кто бы то ни было, обобщил гидроэнергетическую технику XVIII в., первым подошел к паровой машине во всеоружии теоретических расчетов и, усовершенствовав насос Ньюкомена, создал двигатель, расходовавший всего 8 кг угля на 1 л. с. в час.

К числу первых паровых двигателей, предназначенных не для откачки воды, а для других силовых нужд, принадлежит машина русского механика И. И. Ползунова, работавшего на Барнаульском заводе¹. Ползунов, по всей вероятности, был знаком с конструкцией Ньюкомена по описанию ее в книге Шлаттера², но сам он создал совершенно оригинальную машину — первую паровую воздухоудувку. Шлаттер в своем отзыве считает наиболее

оригинальной особенностью машины Ползунова два цилиндра. «Сей его вымысел, — пишет он, — за новое изобретение почесть должно — и вместо того, что все на свете находящиеся такие машины одинаки и из одного цилиндра состоят, то он оную на две разделил и из двух цилиндров делать предлагает, следовательно, он и другие члены к движению сей его машины вымыслить был должен, нежели при обыкновенной имеются, в чем он преизрядный успех имел».

На рисунке, изображающем модель машины Ползунова, видны ее конструктивные особенности: отсутствие балансира, оригинальное парораспределение, сложная система цепей и шкивов, соеди-



Фиг. 64. Машина Ньюкомена.

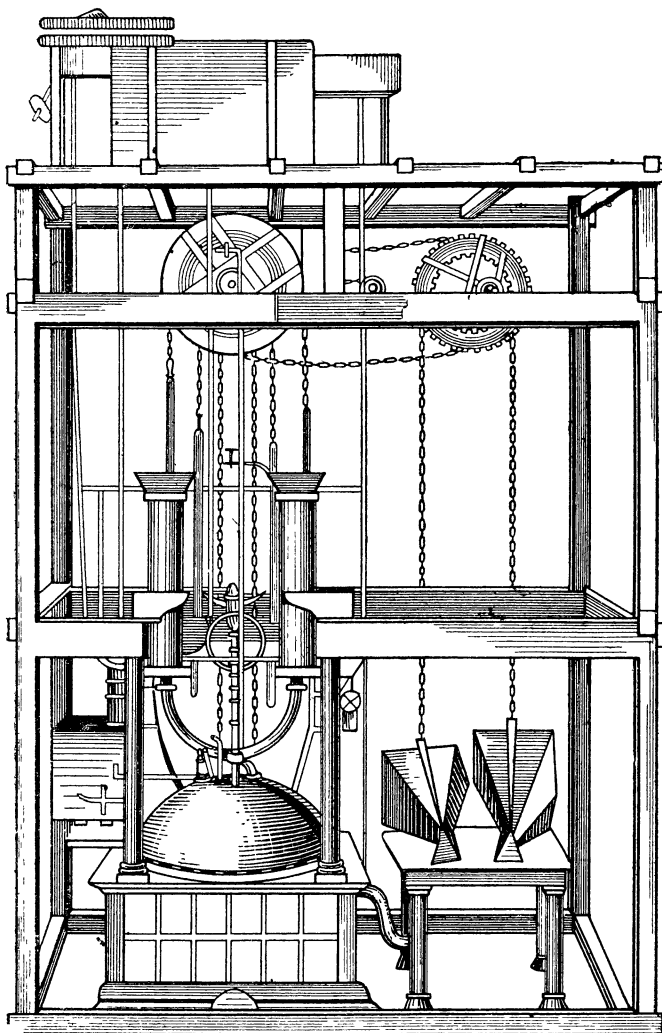
нявших двигатель с воздухоудувными мехами. К концу 1765 г. машина в несколько измененном виде (с балансиром) была выстроена. Весной следующего года, уже после смерти Ползунова, она была пущена. Это было очень трудным делом, так как уровень металлообработки еще не обеспечивал сколько-нибудь приемлемого качества частей машины. Отмеченная при пуске «несушительная в циркумференции круглость цилиндров» была и в Западной Европе основным барьером на пути паровой машины. В машине Ползунова поршни пришлось окружить берестяной прокладкой, «но как от приходивших паров цилиндры в обыкновенную свою горячность пришли, то помянутое бересто весьма ожесточилось и к цилиндровым бокам плотно... нисколько не могло

¹ См. Воейков, И. И. Ползунов — изобретатель первой в Европе паровой машины. «Русская старина», 1883—1884 гг.; Южаков, Шпихтмейстер, И. И. Ползунов и его паровая машина. «Известия Томского технического института», 1907.

² Шлаттер, Наставление рудному делу и т. д., СПб, 1760.

прижиматься. И так по неровности оных цилиндров в лоповатые места вода проходить чрезвычайно начала».

Все же машина была пущена и работала до ноября. Но Россия XVIII в. не могла открыть перед конструкцией Ползунова не



Фиг. 65. Машина Ползунова.

только пути к дальнейшему развитию, — но даже сколько-нибудь широкого применения.

В Англии в это время способ, осуществленный Смитом и другими, т. е. накачивание воды и сброс ее через лопатки водяного колеса, был единственным способом применения пара на фабри-

ках. Этот переходный мост между гидроэнергетикой и теплоэнергетикой существовал и в XIX веке, но характерен для 60-х годов XVIII в. В это время лучшие инженеры ищут новый двигатель, который мог быть универсальным. Все было готово. Эпоха как бы подыскивала и выбирала человека, с именем которого связано наилучшее решение поставленной задачи.

Таким человеком оказался Джеймс Уатт.

Нужно указать на несколько характерных особенностей Уатта как мыслителя, изобретателя и конструктора. Прежде всего он



Фиг. 66. Уатт.

подошел к конструированию паровой машины не как эмпирик — ремесленник, а как ученый, который стоял на уровне науки своей эпохи. Уже из первой биографии Уатта — трехтомной работы его родственника Мюрхида¹ — видна широта его научного кругозора. Он владел европейскими языками (итальянским, французским и немецким), следил за научной литературой всей Европы, и это помогло ему изобрести паровую машину, которая была, по выражению Энгельса, первым интернациональным открытием.

В 70-х годах Уатт входил в известное «Лунное общество», т. е. неофициальную академию бирмингемских ученых, включавшую

также Пристлея, Дарвина (деда великого биолога), Смоля и других, которые собирались ежемесячно в полколунние (чтобы не возвращаться домой в темноте). Он занимался не только паровой техникой, но совместно с Блэком производил анализ поваренной соли и плавиковой кислоты, с Кавендишем и Пристлеем занимался разложением воды, составлял проекты каналов, усиленно штудировал немецких философов XVIII в., интересовался поэзией и музыкой. Вообще в нем наряду с чертами английского конструктора-практика ясно видно нечто от Леонардо да-Винчи, Декарта, Лейбница: универсализм, широта научного кругозора. Но в данном случае результатом этих качеств должна была оказаться не новая философская система, а новая машина. Уатту удалось дать синтез наиболее передовых идей своего века в изобретенной им паровой машине.

Существует легенда о том, что Уатт пришел к идее паровой машины, наблюдая, как кипел чайник и пар толкал крышку, причем это показало ему, что пар может совершать техническую работу.

¹ The origine and progress of the mechanical inventions of James Watt, illustrated by the correspondence of his friends and the specifications of his Patents by James Patrick Muirhead, London, 1854.

Изаумительно нелепая выдумка. К тому времени, когда Уатт наблюдал в чайнике механическую работу пара, уже в десятках предприятий качались балансиры Ньюкомена, и он прекрасно знал эти машины. Отталкиваясь от машины Ньюкомена, Уатт и пришел к своему изобретению. Уатт занялся профессией, где ближе всего смыкалась наука и производственная техника. Он изготовлял и ремонтировал лабораторные приборы в мастерской при университете в Глазго. Благодаря этому он подходил к каждой модели не только как конструктор, но и как физик; перед ним была не производственная машина, а конструкция, демонстрировавшая физические законы. Здесь зимой 1763—1764 г. он столкнулся с машиной Ньюкомена, когда по просьбе профессора физики в Глазго Андерсона ремонтировал небольшую модель этой машины, которая демонстрировалась студентам на лекциях в физической аудитории университета. Ремонтируя машину Ньюкомена, Уатт произвел ряд экспериментов, для того чтобы определить причины поразившего его громадного расхода пара в этой машине. Он определил отношение удельного объема пара при давлении в 1 ат к удельному объему воды. Найденное им число — 1 800 — мало отличается от полученного в наше время — 1675. Еще точнее Уатт определил связь между давлением и температурой пара. Полученные им кривые почти совпадают с кривыми, полученными Реньо в середине XIX в. В результате экспериментов и теоретического анализа Уатт пришел к заключению, что в машине Ньюкомена бесполезно пропадает теплота, затраченная на повышение температуры ранее охлажденного цилиндра до уровня, соответствующего давлению впускаемого пара. Уатт решил устранить этот недостаток, отделив конденсатор от цилиндра. Вот что он пишет: «Во избежание всякого бесполезного сгущения пара нужно было устроить так, чтобы цилиндр, где пар только что привел в движение поршень, оставался всегда таким же горячим, как самый пар... Для получения желаемой пустоты нужно было, чтобы сгущение происходило в отдельном сосуде, где температура могла бы понижаться, насколько это необходимо, без одновременного изменения температуры цилиндра». Здесь сформулировано изобретение, которое завершило работу Папена, Севери и Ньюкомена. Отныне паровая машина получила обособленные друг от друга котел, цилиндр и конденсатор.

Принцип отдельного конденсатора Уатт проверил экспериментальным путем. Приведем полностью описание этого эксперимента, сделанное самим Уаттом и являющееся одним из основных документов истории энергетической техники.

«Взяв большой латунный цилиндр диаметром в 1,75 дюйма и длиной в 10 дюймов — пишет Уатт — я сделал в нем дно и крышку из жестяных листов; для прохождения пара из котла к обоим сторонам цилиндра была проведена трубка, другая трубка отводила пар в конденсатор из верхней части цилиндра (для упрощения я опрокинул цилиндр по сравнению с обыкновенной паровой машиной). Я просверлил по оси шток поршня и укрепил кран на нижнем конце его для выпуска воды, получаемой при первом на-

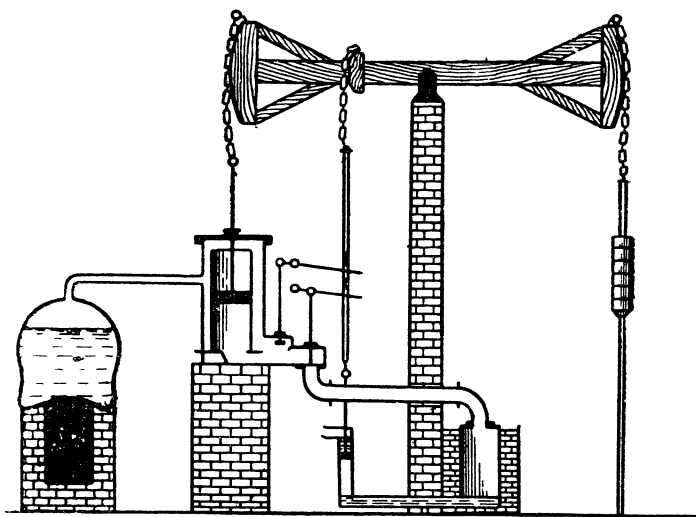
Паровая трубка была соединена с небольшим котлом, из которого пар выпускался в цилиндр и скоро выходил через просверленный шток: поршня и через тран-

¹ Цитировано по А. Д. Радциг. Джемс Уатт и изобретение паровой машины, стр. 39—41.

Это изобретение является завершением предшествующих работ. Уатт назвал свою машину «усовершенствованной машиной Ньюкомена».

Действительно, в ней были завершены принципы, примененные при создании рудничного насоса XVIII в.

Наряду с отдельным конденсатором Уатту принадлежит другая идея, резко повысившая экономичность паровой машины. Уатт решил использовать расширение пара и в 1776 г. создал машину, где выпуск пара прекращался раньше, чем поршень достигал своего крайнего положения. Подобный же двигатель был построен через два года после этого для лондонского водопровода. В 1782 г. Уатт получил патент, где помещена изо-



Фиг. 68. Схема машины Уатта 1776 г.

браженная на фиг. 70 схема, показывающая изменение давления при движении поршня.

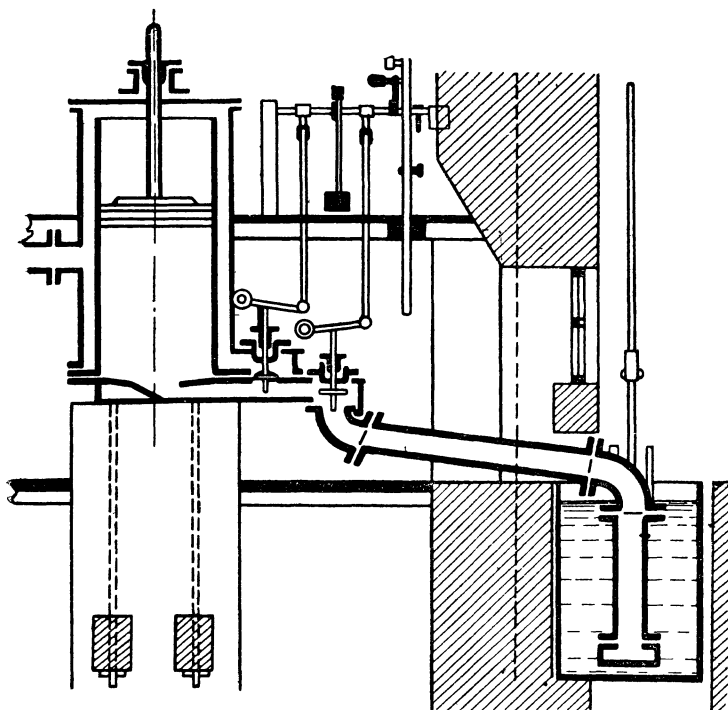
Осуществление этого принципа было связано с уаттовской системой парораспределения.

Первая машина Уатта была очень похожа своим видом на машину Ньюкомена и служила тем же целям.

Дальнейшие изобретения предназначались для крупной фабричной промышленности и создали энергетическую базу фабричной промышленности. Сюда прежде всего относится отказ от использования атмосферного давления. Применение атмосферного давления годилось для насоса, но для универсального двигателя нужен был иной принцип. Поэтому Уатт создал другую машину. Это уже не «паропневматическая» машина, здесь уже не действовали поочередно упругость пара как вспомогательная и давление воз-

духа как основная сила. Это в полном смысле слова паровая машина. Своей машиной Уатт завершил исторический переход от пневматической техники к чисто паровой. В описании, приложенном к патенту 1769 г., он высказывает эту мысль следующим образом:

«Для производства давления на поршень я намерен пользо-



Фиг. 69. Парораспределение и конденсатор в машине Уатта 1776 г.

ваться в некоторых случаях упругой силой пара, подобно тому, как в обычных огневых машинах пользуются теперь для этого давлением атмосферы. В тех случаях, когда нельзя иметь в достаточном количестве холодную воду, машины могли бы приводиться в движение одной только силой пара»¹. Здесь это высказано пока лишь в виде беглого замечания, а полный переход от конструктивных принципов атмосферной машины произошел гораздо позднее — через пятнадцать лет.

Приведем отрывок из «Капитала», посвященный паровой машине двойного действия:

«Только с изобретением второй машины Уатта, так называемой

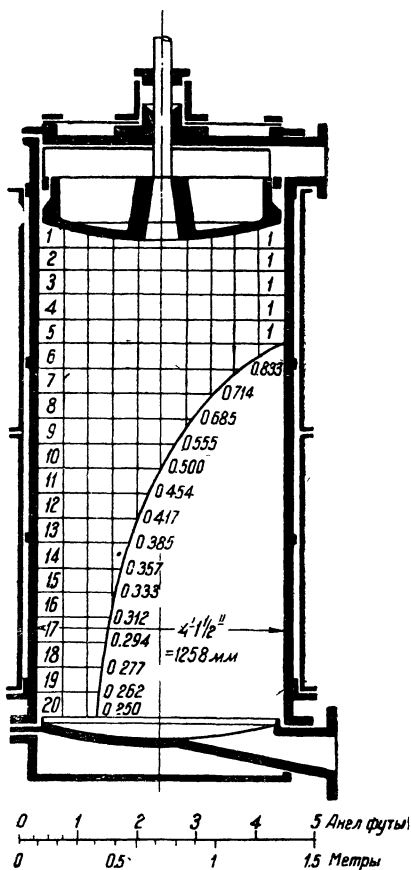
¹ Matschoss, B. I. S. 345.

паровой машины двойного действия, был найден первый мотор, который, потребляя уголь и воду, сам производит двигательную силу, и действия которого находятся всецело под контролем человека. Двигатель и сам — средство передвижения; он позволяет концентрировать производство в городах, вместо того, чтобы рассеивать его в деревне. Наконец он универсален по своему техническому применению и сравнительно мало зависит в своем местопребывании от тех или иных локальных условий. Великий гений Уатта обнаруживается в том, что патент, взятый им в апреле 1784 г., давая описание паровой машины, изображает ее не как изобретение лишь для особых целей, но как универсальный двигатель крупной промышленности. Он упоминает здесь о применениях, из которых некоторые, как, напр., паровой молот, введены лишь более чем через полвека»¹.

Связь двойного действия с универсальным характером машины Уатта подчеркивалась еще Араго. Он описывает атмосферную машину и считает ее удовлетворительной для откачки воды или, как мы бы сказали, для эпохи, когда первый промышленный переворот еще не подготовил энергетической революции во всех отраслях созданной им фабричной промышленности, революции, опиравшейся на универсальный паровой двигатель. Араго пишет:

«Таким образом атмосферная машина для выкачивания воды представляет собой безукоризненный, и прерывность ее действия не представляет никаких неудобств. Совсем другое в том случае, когда упомянутая машина употребляется в виде двигателя. Орудия и инструменты, приводимые ею в действие, движутся весьма быстро во все время нисхождения поршня, но в время его восхождения они останавливаются или продолжают действовать только силой приобретенной скорости»².

Принцип двойного действия потребовал связи прямолинейно



Фиг. 70. Расширение пара в цилиндре по чертежу Уатта в патенте 1782 г.

¹ Маркс, Капитал, т. I, изд. 8-е, стр. 285.

² Араго, стр. 47.

движущегося поршня с балансиrom, концы которого движутся по кривой. Эту задачу Уатт решил своим знаменитым параллелограмом. Параллелограм Уатта представляет собой необыкновенно остроумное и изящное решение конструктивной проблемы, и сам Уатт гордился этим изобретением больше, чем другими:

«Хоть я не особенно забочусь о моей славе, однако горжусь изобретением параллелограмма больше, чем любым другим моим изобретением», — пишет Уатт¹. Действительно, в решении этой небольшой конструктивно-геометрической задачи с особенной яркостью проявилась глубина и сила конструкторской мысли Уатта, напоминающая изящество гениально простых эскизов Леонардо.

Машина Уатта не могла стать универсальным двигателем без значительного прогресса машиностроительной техники. Историческую роль в этом отношении сыграл известный завод Болтона в Сохо, в котором впервые начали в значительном числе изготавливаться паровые машины. Болтон (1728—1809) — очень интересная фигура среди английских буржуа. Основная идея его деятельности — создание в Ливерпуле металлообрабатывающей мануфактуры, которая бы изготавливала изделия высокого качества. Мануфактура Болтона была очень большой: в ней работало около 600 рабочих — для XVIII в. это было исключительно крупное предприятие. Мануфактура Болтона первоначально изготавливала всякие мелкие металлические предметы для текстильной и швейной промышленности. Затем Болтон перешел к ювелирному производству и начал выпускать тонкие и высококачественные металлические изделия. В этой мануфактуре ранее, чем где бы то ни было в Англии, пришли к тому, что можно назвать точной механикой. Болтон заинтересовался машиной Уатта. Завод его работал на гидравлической энергии, но после того как масштабы предприятия потребовали более сильного и концентрированного источника энергии, Болтон обратился к Уатту, и в 1767 г. произошла встреча Уатта с Болтоном. Они в первый раз увидели друг друга. Если Болтону нужна была машина Уатта, потому что она могла дать ему необходимый источник энергии для завода, то Уатта заинтересовала другая сторона дела. Уатт, побывав у Болтона, впервые увидел завод, который мог бы хорошо и точно изготавливать все детали для его паровой машины. Болтон предложил Уатту сотрудничество. Уатт обратился за советом к своему бывшему компаньону Робеку, который порекомендовал ему заключить договор с Болтоном, но ограничить область сбыта продукции завода так, чтобы этот завод работал только для трех графств. Болтон был поражен ограниченностью такого замысла. Его задачей было изготавливать паровые машины для всего мира. Болтон уловил техно-экономический темп эпохи, он предвидел, что паровые машины должны получить широкое распространение и поэтому связал

¹ Matschoss, B. I. S. 361.

свою судьбу с распространением этих машин для различных стран и в различных отраслях промышленности. Он говорит: «Моя мысль была — рядом с моим заводом, на берегу нашего канала, устроить завод, который был бы снабжен всем необходимым оборудованием для постройки машин и который снабжал бы весь мир машинами всевозможных размеров... Фабриковать только для трех графств — это игра, не стоящая свеч; действительно, стоило бы труда только одно — фабриковать для всего мира»¹.

История первых десяти лет (1774—1784) завода паровых машин в Сохо показывает, с какой поразительной точностью и глубиной Маркс сформулировал значение изобретения Уатта. До 1784 г. машина Уатта была усовершенствованным насосом. Поэтому основными заказчиками были шахтовладельцы, а в тех случаях, когда машины заказывались владельцами заводов, они предназначались опять-таки для подъема воды, которая затем вращала гидравлические колеса.

В 1775 г. Вилькинсон купил первую машину, которая указанным способом, т. е. через водяное колесо, приводила в движение воздухоудные меха на металлургическом заводе в Брозлее. В 1776—1778 гг. машина Уатта появляется в корнуоллийских копях. В 1778—1779 гг. завод изготавливает машину для парижского водопровода.

В 1784 г. наступил перелом. Новая машина Уатта была прежде всего установлена на самом заводе, где она изготовлялась. Этому примеру последовали горнозаводчики и владельцы машиностроительных заводов Англии. В 1786 г. строится первая паровая мельница. Что касается текстильной индустрии, то в 1784 г. Уатт пишет, что паровая машина бесспорно может быть употребляема на бумагопрядильных фабриках, во всех тех случаях, когда легкость устройства фабрики в городе или в готовом уже здании компенсирует расход на топливо и на платежи за право пользования изобретением². Практика показала, что эти условия освобождения от необходимости строить фабрики у речных перепадов являются общими. Первая паровая прядильня была устроена в 1785 г. Робинсоном, а в 1790 г. от гидроэнергии к пару перешел пионер фабричной системы Аркрайт. Новый век застаёт в Манчестере 32 паровых машины. В 1802 г. Севденшерн, путешествуя по Англии, все время встречает паровые машины и пишет: «Не будет преувеличением сказать, что эти машины встречаются в Англии так же часто и даже чаще, чем у нас водяные и ветряные мельницы».

Приведем таблицу, показывающую распределение по отраслям



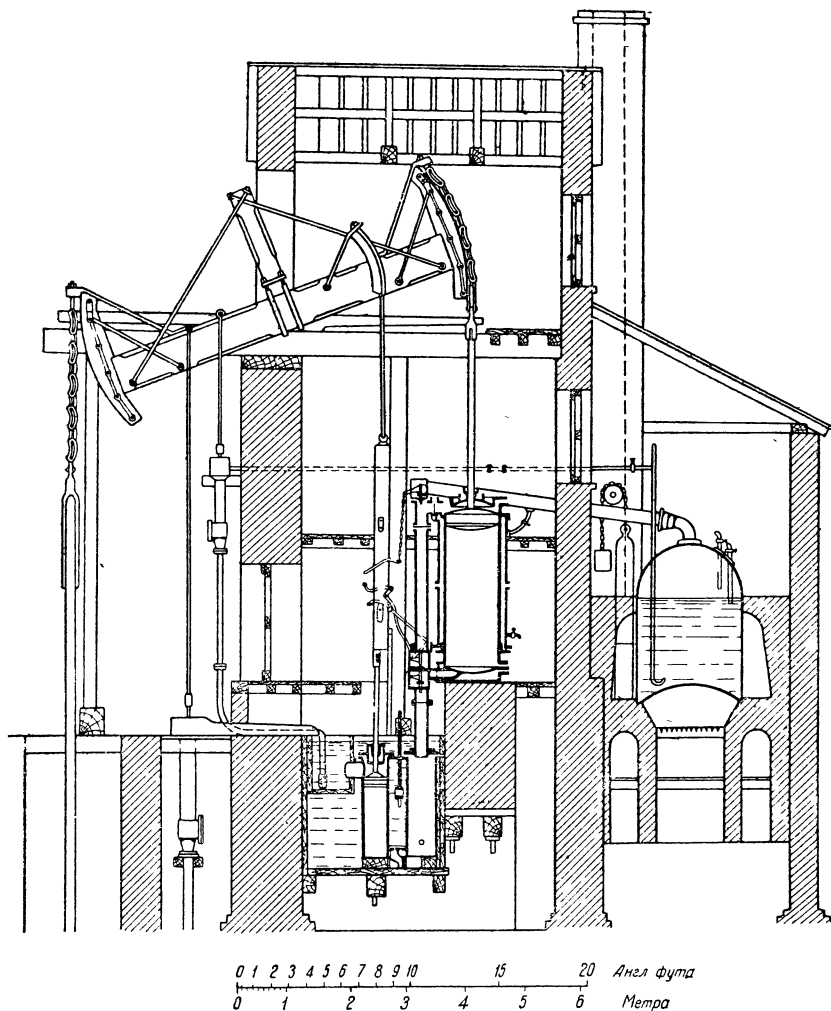
Фиг. 71. Болтон.

¹ М а н т у, стр. 240.

² М а н т у, стр. 247.

промышленности машин завода в Сохо, выпущенных с 1775 по 1800 г.¹.

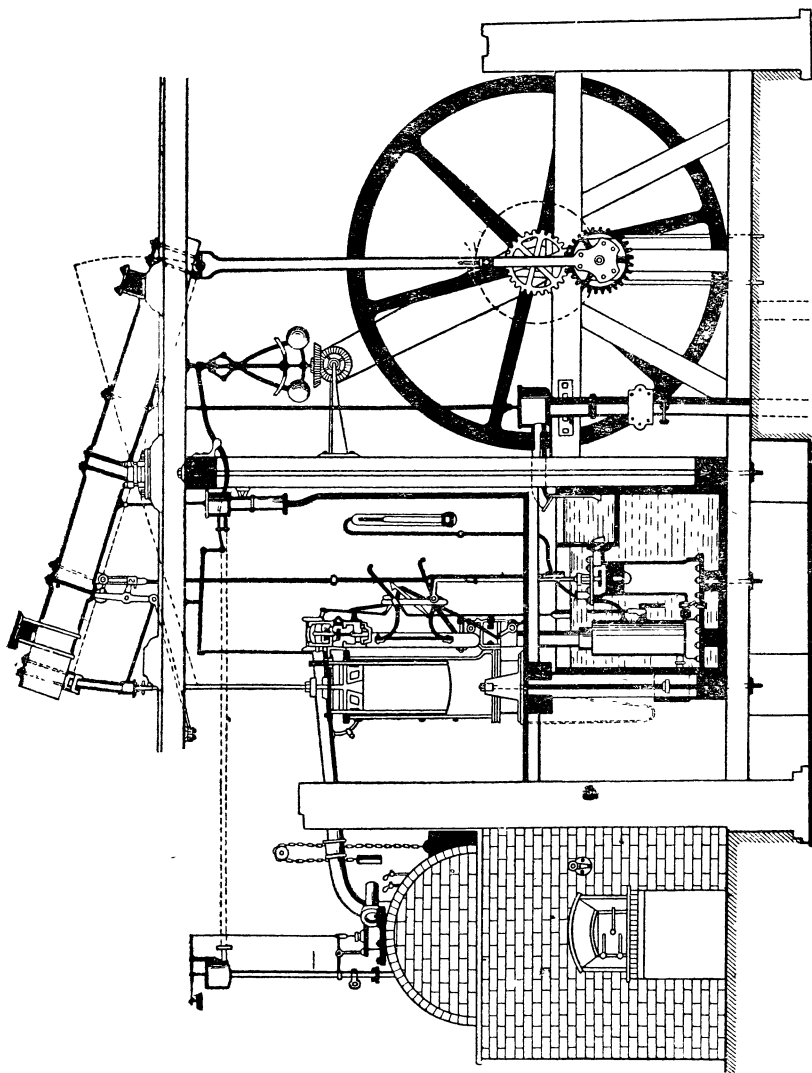
	Число машин	Мощность в л.с
Хлопчатобумажные фабрики	84	1 382
Шерстяные фабрики	9	180
Каналы	18	261
Каменноугольные копи	30	380
Водопровод	13	241
Медные копи	22	440
Металлургические заводы	28	618
Пивоваренные заводы	17	147



Фиг. 72. Машинна Уатта для подъема воды 1788 г.

Lord, Capital and Steam Power, 1750—1800, 1923. СП, VIII

Вернемся к техническому развитию машины Уатта. В конструктивном отношении задача универсального двигателя решается превращением прямолинейного движения во вращательное. Уатт перечислил в патенте 1781 г. пять способов такого пре-



Фиг. 73. Машина Уатта двойного действия 1787 — 1800 гг.

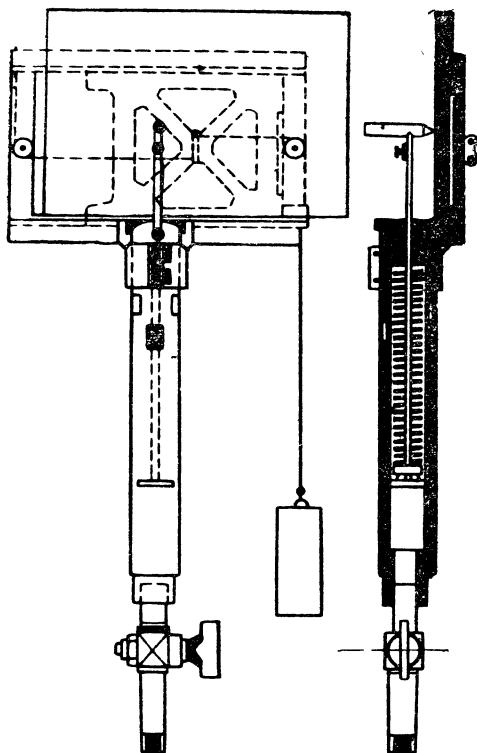
вращения. Самым простым кривошипом Уатт не мог пользоваться, так как годом раньше патент на это уже был взят. Поэтому он пользовался так называемой «планетной передачей» по идее Мердокса, мастера на заводах Болтона.

Научные индустриальные методы конструирования машины, которые привели Уатта к идее конденсации и расширения, эти методы

вызывали к жизни первые измерительные приборы, без которых обходилась ремесленно-эмпирическая, традиционная практика предшественников Уатта. Уатт создал первый индикатор, состоявший из цилиндра и поршня, соединенного с карандашом.

Кроме того, Уатт построил для паровой машины ртутный манометр, водомер и т. д.

В основе этих изобретений и усовершенствований лежала та же общая линия — универсальный характер нового двигателя, при-



Фиг. 74. Индикатор Уатта.

менение его в разнообразных производственных условиях и наряду с этим индустриальный характер новой энергетической базы, связанный с необходимостью точных измерений¹.

Пора, однако, перейти к выводам. Они заключаются в следующем: Уатт осуществил универсальный переход теплоты в механическую работу. У предшественников Уатта теплота была вспомогательным орудием, а действующей силой было давление воздуха. В итоге превращения до Уатта оказывалась не механическая работа вообще, а определенный полезный вид ее (подъем воды). В машине Уатта именно теплота (а не атмосферное давление) была исходным пунктом всего процесса, а результатом — именно механическая работа (а не определенный вид ее).

С машиной Уатта «круговорот открытий в этой области закончился: удалось достичь превращения теплоты в механическую работу». Это превращение становится основным энергетическим принципом производства. Наступает эпоха пара. Паровая машина распространяется повсеместно, и это распространение объясняет пути ее дальнейшего технического развития, которое сводилось к «улучшению деталей». Остановимся на причинах господства шаровой машины в классическую эпоху промышленного капитализма — в первые три четверти XIX в. Какова основная движущая сила технического развития в эту эпоху? Это — классовая борьба между капиталистами и рабочими. Машины

¹ Араго, стр. 194.

были ответом на стачки, орудием закабаления рабочих. Они являлись олицетворением и орудием власти капитала над трудом, а техническая основа машины была такова, что рабочий обращался в простую ее придаток. Маркс в гл. XIII «Капитала» и Энгельс в «Положении рабочего класса в Англии» приводят целый ряд примеров того ухудшения условий существования рабочего, которое было вызвано капиталистическим применением машин. Если в Карфагене, где приносились человеческие жертвы Молоху, в раскаленное чрево идола бросали десятки детей, то в первой половине XIX в. тысячи детей гибли близ раскаленных топок паровых машин и смертность в эти годы достигла таких цифр, которые не знает даже невежественное, отсталое, дикое средневековье. Капиталистический строй, капиталистическая фабричная индустрия, которая в XIX в. приобрела современные формы, была построена на крови и костях миллионов людей. В Манчестере, который был самым промышленным городом Англии, из ста родившихся умирало в детском возрасте двадцать шесть, в результате применения машин в хлопчатобумажной промышленности. Вдобавок к нищете матери, принужденные работать на фабрике, оставляли детей без присмотра и даже отравляли их распространившимися в то время в Англии препаратами опиума. Выжившие попадали с семилетнего возраста на фабрики, и там их непосредственно убивал непосильный фабричный труд.

Машина подчинила капиталу не только всю семью, но и все время рабочего. Применение машины потребовало увеличения рабочего дня. Маркс цитирует заявление английского фабриканта Ашворта: «когда земледелец бросает свой заступ, он делает бесполезным на это время капитал в 18 п. Когда один из наших людей (т. е. из фабричных рабочих) оставляет фабрику, он делает бесполезным капитал, который стоил 100 000 ф. ст.»¹.

Каждый момент, каждую секунду, в продолжение которой рабочий не работал, он лишал машины их основной функции — выкачивания прибавочной стоимости. Поэтому ясно, что машина, которая по существу своему должна была облегчить труд и уменьшить рабочий день, — эта машина стала добавочным фактором увеличения продолжительности рабочего дня.

В первой главе мы упоминали об одном литературном памятнике римской эпохи, в котором говорится, как применение мельницы освобождает раба от непрерывной работы. Маркс вспоминает об этом, говоря о системе фабричного наемного рабства, где машина удлиняет и делает более тяжелым труд человека. Машина в это время является не только символом капиталистической эксплуатации, в машине не только олицетворяется капитал, противостоящий рабочим, но машина является реальным орудием, которое позволяет осуществиться капиталистической гегемонии над трудом. Именно пар был энергетической основой этой функции машин. «Певец фабричной системы» Юр пишет: «В этих огромных мастер-

¹ Маркс, Капитал, т. I, изд. 3-е, стр. 309.

ских благотворительная сила пара собирает вокруг себя мириады своих подданных»¹. Действительно, сила пара превратила рабочих в подданных капитала, но благотворительной эта сила была только для капиталистов. Для рабочих ее применение было новым источником нищеты, истощения и закабаления. Маркс пишет о тяжести той формы труда, которую он приобрел в эпоху пара. «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».

Далее Маркс цитирует Энтельса: «Унылое однообразие бесконечной муки труда, постоянно все снова и снова выполняющего один и тот же механический процесс, похожий на работу Сизифа; тяжесть труда, подобно скале, все снова и снова падает на истомленных рабочих»². Действительно, машинный труд захватывает все физические и психические силы рабочего.

После того как рабочие научились различать капиталистическую форму, в которой применяются машины, от самих машин, борьба рабочих приобрела характер стачек. В борьбе против стачек капиталистам помогала машинная техника.

Юр, который достаточно цинично излагает и описывает классовую роль машинной техники, пишет об «Selfacting mulle»: «Это изобретение подтверждает развитую уже нами доктрину, что капитал, заставив науку служить себе, постоянно принуждает мятежные руки труда к покорности»³.

Какова же была энергетическая техника, при помощи которой капитализм подчинял себе рабочего и боролся с первыми стачками? Это — паровая техника.

Сущность паровой техники прежде всего заключается в том, что работа группы машин, группы станков, подчиняется отныне темпу и ритму центрального парового двигателя. Вместе с тем паровая машина вытесняет самостоятельного и квалифицированного работника, управляющего машиной, диктующего ей свой ритм и характер работы. Большинство тех достижений техники, о которых говорит Юр, было основано на всестороннем внедрении паровых двигателей во все отрасли промышленности и транспорта. Прежде всего следует указать на применение пара в тяжелой промышленности. В эпоху промышленного переворота в легкой промышленности по-прежнему господствовал ручной труд. Если для приведения в движение таких машин, которые пряли или ткали хлопчатобумажные ткани, достаточно было силы воды или силы рабочего, как в первых прядильных машинах, то для того чтобы приводить в движение механические орудия металлообработки, эта сила была недостаточной. Только после изобретения паровой машины тяжелая индустрия

¹ Маркс, Капитал, т. I, изд. 8-е, стр. 321.

² Там же, стр. 323.

³ Там же, стр. 335.

перешла к машинному производству машин. Машина, которая была основой фабричной системы во всех областях и отраслях производства, сама долгое время производилась не машинами, а кустарным ручным способом. Благодаря паровой технике машины стали производиться машинами же. Таким образом мы снова видим, какими тесными узами связаны между собой индустриальное машиностроение и паровая машина. Ярким примером является паровой молот, изобретенный Нэсмитом (1808—1890).

24 ноября 1839 г. Нэсмит получил письмо от Гемфри, инженера английского пароходного общества. В этом письме Гемфри жаловался на невозможность отковать железный вал для пароходных колес. У истоков изобретения требования пара и парового транспорта, адресованные машиностроению, столкнулись с требованиями машиностроения, адресованными новой энергетической базе. Нэсмит, получив письмо Гемфри, сразу же сформулировал идею прямодействующего парового молота и набросал эскиз, изображенный на фиг. 76. В следующем году Шнейдер познакомился с этим изобретением и установил на своем заводе паровой молот Нэсмита.

Наиболее яркую картину распространения паровой техники в XIX в. дает транспорт. Развитие тяжелой индустрии потребовало в конце концов перехода и транспорта на новую энергетическую базу. Возникает паровой транспорт.

Изобретение парохода и паровоза, так же как и другие изобретения этого периода, было делом рук очень большого числа людей. Сейчас очень трудно установить, кто является автором первого предложения о применении пара к движению судов и поездов. Такие предложения возникали десятками в продолжение первых десятилетий XIX в. Обычно возникновение парового транспорта связывается с именами Фультона и Стефенсона. Действительно, разработанные ими конструкции выделяются из числа прочих своей применимостью.

Все эти изобретения и попытки отличаются общим свойством — они не представляют собой непрерывного технического ряда, где каждое усовершенствование машины становится исходным пунктом дальнейшего усовершенствования. Пароходы появлялись в виде чертежей, реже моделей и совсем редко в виде экзотических и диковинных судов, которые совершали один-два рейса. Но и в этом случае никто не подходил к ним со стороны капиталистической рентабельности, не вкладывал значительных капиталов, не ставил это дело как длительное, регулярно работающее предприятие.

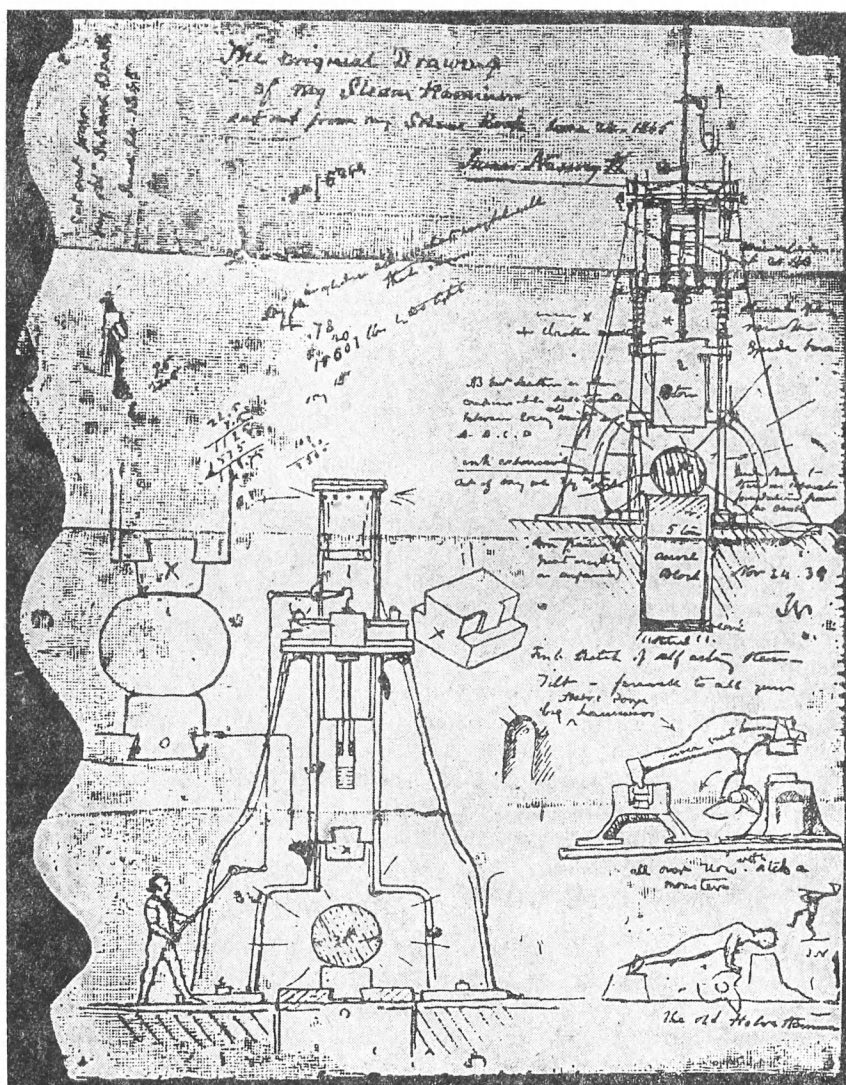
Напротив, работы Фультона (1765—1815) начали непрерывное развитие парового водного транспорта¹. В 1804 г. Роберт Фультон



Фиг. 75. Нэсмит.

¹ Knox, The Life of Robert Fulton and a History of Steam Navigation, London, 1887.

предложил Наполеону ввести в состав французского флота паровые суда. Но Наполеон, только что перед этим потерпевший решительное



Фиг. 76. Эскиз парового молота Нэсмита.

поражение в борьбе с английским морским владычеством и переходивший к континентальной блокаде, интересовался более применимыми изобретениями, и это предложение не встретило сочувствия. Фультону пришлось попытать счастья за океаном. В 1807 г. в Аме-

рике после четырехлетних опытов Фультон совершил первую поездку по Гудзонову заливу. Он выехал из Нью-Йорка в Албани на пароходе «Клермонт». Это было судно с боковыми гребенчатыми колесами, приводимыми в движение паровой машиной. «Клермонт» не отличался каким-нибудь новым принципом, который бы выделял его из ряда многочисленных паровых судов, которые предлагались до него.

Однако конструктивное совершенство построенного двигателя и судна обеспечивало ему регулярное применение¹.

Начиная с 1808 г., «Клермонт» совершает регулярные рейсы между Нью-Йорком и Албани. Это уже — не пробные поездки. Здесь паровая машина используется для массового водного транспорта. «Клермонт» Фультона знаменует собой возникновение американского пароходства. В Европе пароход появился позже. Первым европейским пароходом можно считать так называемую «Комету» Белля². Генри Белль в 1811 г. построил в Глазго сравнительно большое судно в 40 футов длиной, на нем была установлена построенная здесь же в Глазго Джемом Робертсоном паровая машина. После первых пробных поездок «Комета» переходит к регулярным рейсам между Глазго и Гриноком. Вслед за этим пароходы появились на континенте. В 1817 г. первый пароход прошел по Рейну, а через два года было установлено сообщение между Венецией и Триестом по Адриатическому морю. В том же 1819 г. был совершен первый пароходный рейс через Атлантический океан между Нью-Йорком и Ливерпулем.



Фиг. 77 Фультон.

Развитие на основе парового двигателя крупной фабричной промышленности потребовало сети железных дорог. С начала XIX в. паровая техника внедряется в сухопутный транспорт. Паровой транспорт так тесно связан был с самыми насущными потребностями производства, что количество патентов и предложений в этой области превысило даже количество предложенных моделей парохода. Не проходит и года, чтобы в разных концах Европы не возникали проекты паровой телеги, паровых омнибусов и т. д. В 1802 г. Ричард Тревитик взял патент на «паровую карету» ((фиг. 79). Это был первый в XIX в. паровой автомобиль. Паровые автомобили существовали довольно долго и конструировались в продолжение всего XIX в. Паровая телега, или карета Тревитика, в следующем году была перенесена на рельсы, и таким образом в 1803 г. Тревитик сконструировал первый паровоз. Котел был поставлен на колеса, а вовнутрь был вставлен горизонтальный цилиндр двойного действия. Поршень приводил

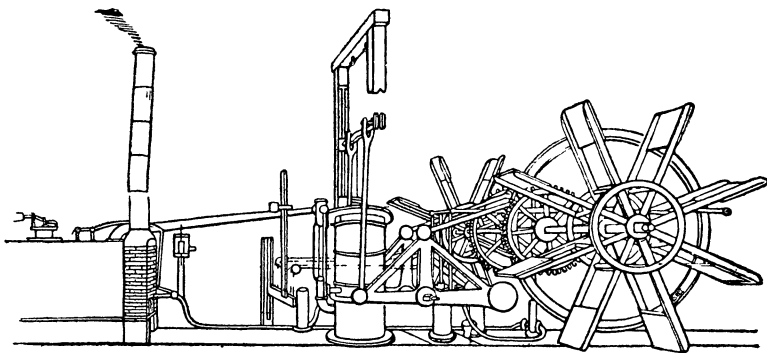
¹ Matschoss, B. I. S. 77

² Colin, La navigation commerciale aux XIX siecle, Paris, 1900, p. 37.

в движение систему зубчатых колес с маховиком. Паровоз тащил за собою десять тонн груза и семьдесят пассажиров со скоростью 8 км в час. Но к. п. д. этого паровоза был настолько незначительным, что он не мог ни в коей мере конкурировать с конной тягой¹.

Следующей была машина Бленкинсопа. Бленкинсоп не знал, что трение, зависящее от тяжести паровоза, будет достаточным для того, чтобы паровоз двигал за собой поезд по гладким рельсам. Поэтому на построенной им железной дороге вдоль рельс укладывали зубчатую рейку и с ней сцеплялось специальное зубчатое колесо, которое тянуло паровоз (фиг. 80).

Интересный паровоз был построен Гедли. В 1815 г. его паровоз был поставлен на восемь колес. Это было первым шагом



Фиг. 78. Паровая машина «Клермонт».

к увеличению числа колес паровоза. В паровозе Гедли пар выпускался в дымовую трубу. Англичане, которые давали собственные имена каждой новой машине, называли этот паровоз «Пыхтящим Билли». Этот «Пыхтящий Билли» производил на зрителей огромное впечатление, особенно ночью, когда пар устрашающе шумел в трубе и выбрасывал из нее искры и огонь.

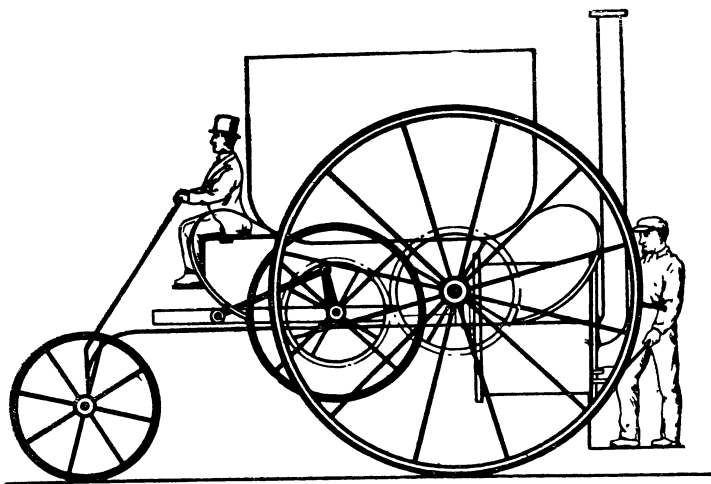
Около этого же времени (в 1813 г.) появилась интересная попытка Брентона, о которой Маркс упоминает в «Капитале»². Это — паровоз с ногами. Поршень действовал на два металлических стержня, которые толкали паровоз, упираясь в землю (фиг. 81).

Теперь перейдем к работам Стефенсона (1781—1859), который впервые поставил паровоз, если здесь уместно так выразиться, — «на настоящие рельсы». Стефенсон принадлежал к числу многочисленных рабочих-конструкторов этой эпохи. Он был английским шахтером и в течение нескольких лет работал на рудниках в качестве помощника своего отца, который был ма-

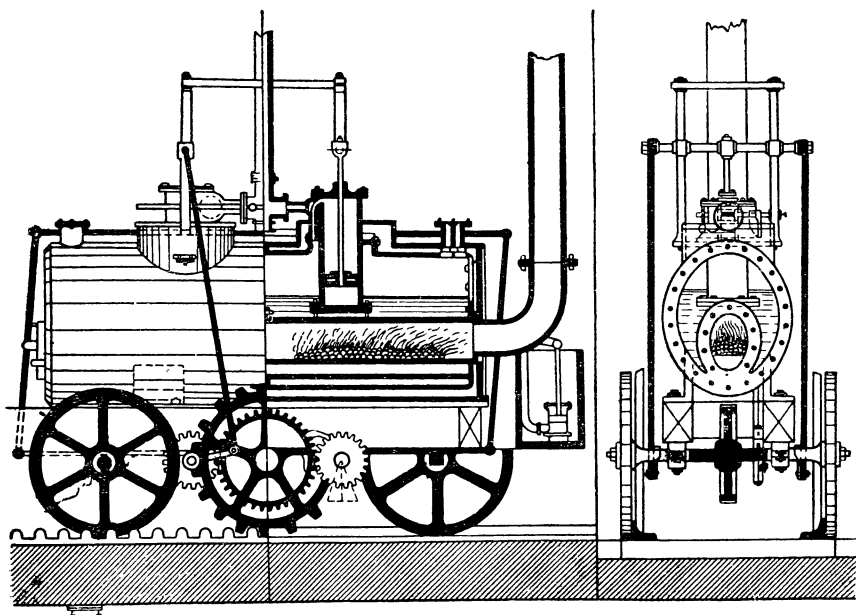
¹ Matschoss, B. I. S. 775.

² Маркс, Капитал, т. I. изд. 8-е. стр. 290.

шинею на угольной шахте¹. Уже в юности Стефенсону пришлось заинтересоваться паровыми машинами, причем он ре-



Фиг. 79. Паровая карета Тревитика.

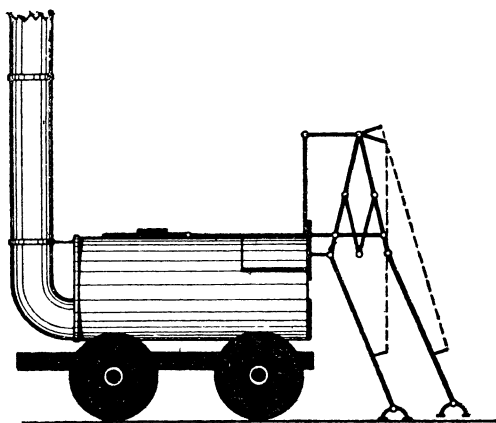


Фиг. 80. Паровоз Бленкинсопа.

монтировал машину Ньюкомена, что совпадает с важным фактом биографии Уатта. Но здесь имеется разница — Уатт ремонти-

¹ S miles, The Life of George Stephenson, London, 1857.

ровал университетскую физическую модель машины Ньюкомена и его интересовали прежде всего принципы этой машины. Машиниста Стефенсона интересовала другая сторона дела — его интересовала возможность применения паровой машины для перевозки угля. Паровая техника, развитие тяжелой индустрии, развитие металлургии потребовали массовой перевозки угля и поставили перед владельцами копей проблему такой транспортной техники, которая могла бы справиться с возросшими масштабами перевозки угля. В эту сторону и направилась мысль



Фиг. 81. Паровоз Брентона.



Фиг. 82. Стефенсон.

Стефенсона. Он приступил к систематическим работам в этой области.

В 1814 г. Стефенсон выпустил паровоз, который был назван популярным именем Блюхера, командовавшего в то время войсками, действовавшими против Наполеона¹. Этот паровоз, сконструированный под влиянием работ Бленкинсопа, включал также зубчатую передачу, и это обстоятельство, как и недостаточное парообразование, сделало к. п. д. «Блюхера» незначительным. В 1815 г. Стефенсон сконструировал другой паровоз, где движение передавалось бесконечной цепью. Затем появилось еще несколько моделей, которые закончились уже пригодной для практической эксплуатации машиной с двумя вертикальными цилиндрами, которая была названа «Локомошен». В это время составлялся проект Стоктон-Дарлингтонской дороги. Стефенсон принимал участие в проектировании и боролся за применение паровой тяги на этой дороге.

7 сентября 1825 г. сконструированный Стефенсоном паровоз появился на выстроенной Стоктон-Дарлингтонской дороге. Под управлением самого Стефенсона этот поезд потащил за собой 38 вагонов с углем, продуктами и пассажирами. Это была железная дорога для перевозки угля, и даже пассажирские вагоны

¹ Шотлендер, История паровоза за 100 лет, стр. 12—16.

первого поезда были угольными коробками, приспособленными для пассажиров. На торжественном открытии дороги впереди этого поезда для безопасности ехал верховой с флагом. Однако через некоторое время — рассказывает Стефенсон — он попросил верхового сойти с пути и стал увеличивать скорость, которая достигла 24 км в час.

Однако этот опыт еще не полностью доказал коммерческую — выгодность паровой тяги к тому времени, когда начала строиться Ливерпуль-Манчестерская железная дорога. Эта дорога соединяла Манчестер — родину английской машинной индустрии, город, в котором родилась фабричная система, где промышленный переворот одержал свою первую победу, — с Ливерпулем — городом металла, где были сосредоточены первые металлообрабатывающие заводы.

Осенью 1829 г. в Ренхилле близ Ливерпуля дирекция дороги устроила конкурс паровозов. Победа досталась паровозу «Ракета», с трубчатым котлом, сконструированному Стефенсоном. Это была машина с 25 дымогарными трубами, с поверхностью нагрева котла 138 кв. футов, давлением 3,6 ат. На самом состязании она прошла 48 км в час; а потом несколько позже, когда состязание затянулось, она поставила рекордную скорость — 55 км в час. Это состязание было переломным моментом в развитии паровой транспортной техники. «Ракета» после этого еще 15 лет работала на английских дорогах, потом долго стояла на складе, а в 1862 г. была куплена Кенсингтонским музеем. В 1925 г. праздновалось столетие паровой тяги на транспорте, и в ознаменование этой годовщины была построена специальная дорога и по ней после столетнего и восьмидесятилетнего простоя пустили «Локомошен» и «Ракету», которые, таким образом, подобно Фаусту пережили вторую молодость.

После «Ракеты» Стефенсон построил еще ряд паровозов. Из них наибольшее значение имела «Планета» со 129 дымогарными трубами и давлением пара 4,5 ат. «Планета» надолго стала образцом для конструкторов паровозов.

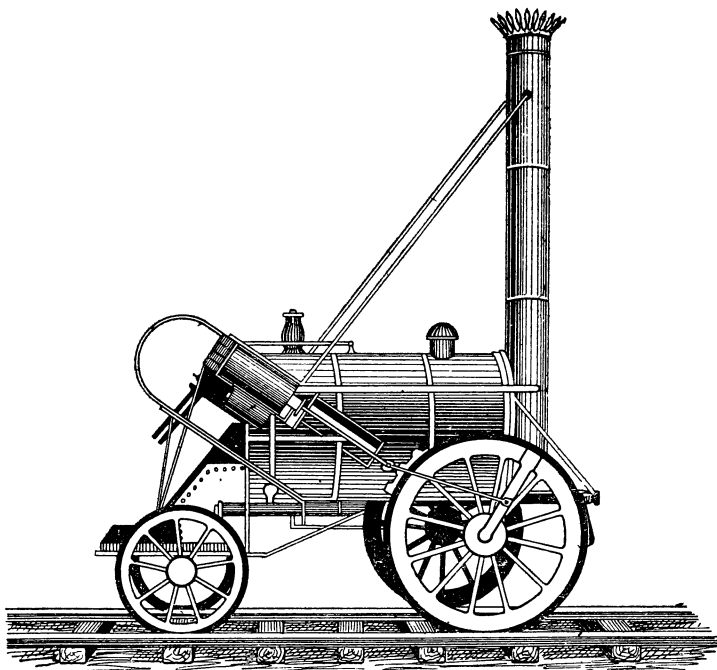
Во второй половине века целый ряд усовершенствований был сделан американскими инженерами, которые должны были создать технику — транспортную технику, соответствовавшую громадной хозяйственной территории, концентрации производства и мощным грузопотокам страны. Однако до 1876 г. основные усовершенствования идут по линии улучшения парораспределения и увеличения масштабов паровозных котлов, цилиндров и колес. С 1876 г. начинается новый период, так как появляются машины-компаунд, с цилиндрами высокого и низкого давления.

* * *

Распространение паровой машины в промышленности и транспорте явилось причиной ее технической эволюции. Для каждого усовершенствования мы можем найти причину в расширении сферы паровой техники, а условием каждый раз оказывается качественный рост машиностроения.

Остановимся на двух моментах: высоком давлении и парораспределении.

В XVIII веке Пален и другие строили машины «высокого давления», где пар уходил в атмосферу. В 1724 г. Лейпольд в своем «Theatrum machinarum» описал такую машину (фиг. 84). Хорнблоуэр¹ в 1781 г. также взял патент на машину высокого давления. Патент Уатта заставил Хорнблоуэра отказаться от конденсатора. Наконец, сам Уатт в четвертом параграфе своего парового патента предусматривает возможность «на случай, если холодную воду будет трудно иметь под рукой, заставлять машины действовать помощью одного пара, который бы,



Фиг. 83. Ракета.

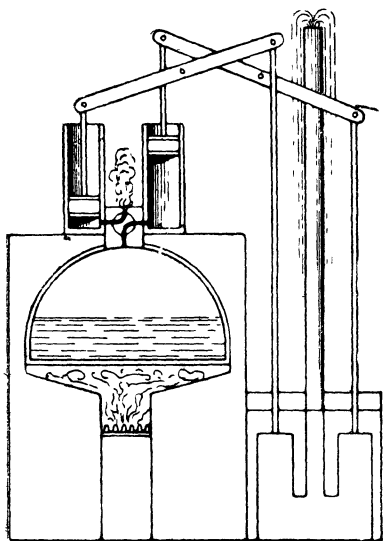
совершив свое действие, улетал в атмосферу». Однако машины высокого давления не производились вплоть до первых лет XIX в., когда их начали строить Эванс (1755—1819) в Америке и Тревитик и Вивиян в Англии².

Оливер Эванс — интереснейшая и крупнейшая фигура американской промышленности конца XVIII и начала XIX в. Уже в 70-х годах, во время войны за независимость, он сделал ряд крупных изобретений. Они очень ярко показывают связь усовершенствования паровой машины и, в частности, перехода к вы

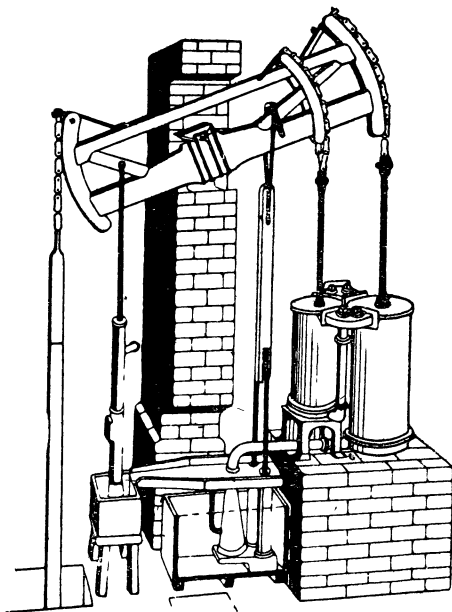
¹ Matschoss, B. I. S. 434.

² Matschoss, B. I. S. 345.

сокому давлению с расширившимся производственным применением паровой техники. Его опыты продолжались очень долго: он начал их еще в 70-х годах. В 1787 г. он хочет взять патент на паровую мельницу и на паровую телегу. Следовательно, Эванс идет по основной линии, характерной для развития капиталистической техники. Он борется за применение паровой машины в новых областях производства. Эванс создал паровую драгу, построенную в конце XVIII в. в Филадельфии, пароход, ряд мукомольных, лесопильных и других машин, связанных по своей конструкции с приводом паровой машины. Таким образом он



Фиг. 84. Двухцилиндровая машина Лейпольда.



Фиг. 85. Машина Хорнблукера 1781 г.

был пионером применения паровой техники во всех областях производства (паровозы, пароходы, промышленность).

Однако его предложения несколько обогнали развитие промышленности и транспорта. Идеи Эванса сочли невыполнимыми, и ему было отказано в выдаче патента, но он успел дожидаться торжества своих идей. Если попытка построить паровой самодвижущийся экипаж окончилась неудачно, то паровая мельница была им построена. В 1802 г. Эванс создал в Филадельфии первый американский завод паровых машин — это были машины высокого давления. Давление пара достигало в них 7—10 ат. Конденсация пара в них отсутствовала.

Эванс независимо пришел к идее высокого давления. Первоначально он работал над проблемой механического транспорта, отбросил по его словам «все способы, которые были прежде испытаны,

например, ветер, зубчатые педали, колеса, рукоятки». Наблюдая новогоднюю пальбу из нагретых заклепанных ружейных стволов, куда наливалась вода, Эванс пришел к мысли воспользоваться для движения экипажей силой пара. Уже отсюда видно, как отличались американские условия от английских. В Англии в это время уже существовал ряд типов паровых машин. Впоследствии техническая отсталость американской индустрии оказалась для Эванса роковой.

Эванс в конце 70-х годов узнал, наконец, о существовании и устройстве паровых машин. Его поразило, «что пар употребляется лишь для получения пустоты», а не работает непосредственно. Он начал конструировать паровую машину для мельницы и транспорта. Но американская промышленность не торопилась к новой энергетической базе. Эванс только в 1787 г. получил патент и только в 1801 г. построил паровую машину. В 1805 г. появилась



Фиг. 86. Эванс.

книга Эванса «Steam engineers guide» с теоретическим обоснованием высокого давления. Впоследствии Эванс устроил в Филадельфии, в Питтсбурге и в Пенсильвании мастерские, выпускавшие паровые машины. На фиг. 87 дан чертеж машины Эванса, помещенный в «Steam engineers guide». Выходя из котла с внутренней топкой, пар попеременно проходит через верхние и нижние клапаны, приводя в движение поршень, балансир, маховое колесо и через систему зубчатых колес — кулаки, управляющие клапанами.

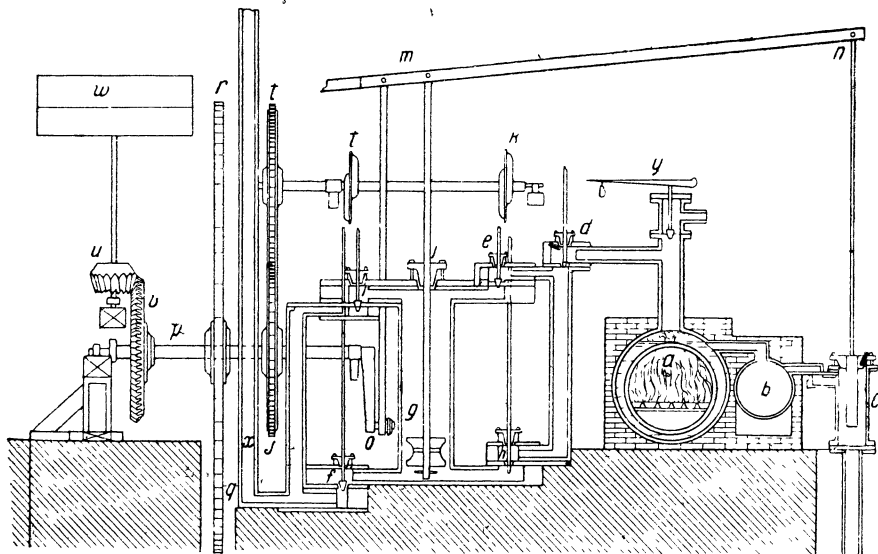
Не только у Эванса, но и у других изобретателей паровых машин высокое давление было связано с распространением паровой машины и, в особенности, внедрением ее в транспортную технику. Конструктор первого паровоза Тревитик вместе с Вивияном почти одновременно с Эвансом конструируют машину высокого давления без конденсации. Их машины работают с давлением 6—8 ат. Кроме связи с паровым транспортом эти машины очень убедительно показывают связь паровой техники с техникой металлообработки. Основное препятствие, которое пришлось преодолеть паровым машинам высокого давления, была утечка пара, и устранение ее было связано с точностью изготовления металлических частей паровой машины.

Любая страница истории паровой машины демонстрирует связь между паром и индустриальным машиностроением. В частности, реализация высокого давления была немислима без решительного перелома в машиностроении и задерживалась несовершенством выполнения машин. В первой трети XIX в. преобладало давление в 0,5 кг, а давление в 3 кг господствовало вплоть до последней четверти века. Даже в 1839 г., отвечая на вопросы парламентской анкеты о несчастных случаях на пароходах, ряд конструкторов заявлял о неэкономичности и невозможности до-

статочно надежных котлов высокого давления¹. Однако по мере качественного роста машиностроения высокое давление захватывало новые позиции. При этом движущей силой было не стремление обойтись без конденсации, а погоня за экономией топлива.

В третьем томе «Капитала» Маркс, анализируя экономию в применении постоянного капитала, приводит следующий отрывок из письма Нэсмита:

... «Во-вторых, стали применять высокое давление. Раньше на предохранительный клапан навешивалась такая нагрузка, что он открывался уже при давлении пара в 4,6 или 8 фунтов на кв. дюйм; теперь было найдено, что повышение давления до 14—20 фунтов... приводит к весьма значительному сбережению угля; другими словами, работа на фабрике стала осуществляться при

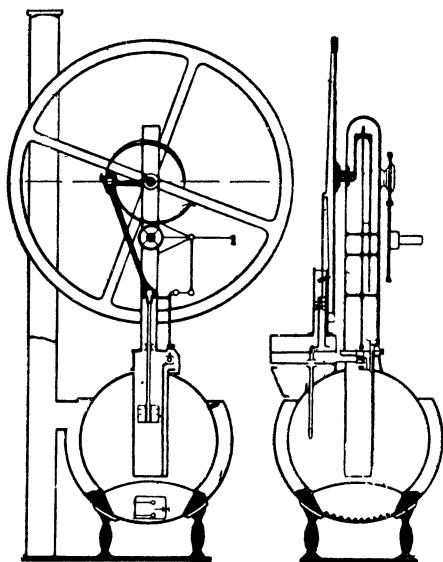


Фиг. 87. Машина Эванса.

значительно меньшем потреблении угля... Люди, обладающие достаточными средствами и достаточной предприимчивостью, стали применять систему повышенного давления во всей ее полноте и ввели в употребление соответственно построенные паровые котлы, развивавшие давление в 30, 40, 60 и 70 фунтов на кв. дюйм, — давление, которое заставило бы инженеров старой школы упасть в обморок от страха. Но так как экономический результат этого повышенного давления пара... очень быстро обнаружился в совершенно недвусмысленной форме фунтов, шиллингов и пенсов, паровые котлы высокого давления при конденсационных машинах получили почти всеобщее распространение. Те, кто провел реформу радикально, стали применять вульфовские машины; это имело место по отношению к большинству недавно построенных машин; вопли

¹ Mallet, Man. de la Société des Ing. civil, 1908, sept., p. 522.

в употребление в особенности вульфовские машины с двумя цилиндрами, в одном из которых пар из котла развивает силу вследствие перевеса давления над атмосферным и затем, вместо того, чтобы выходить наружу после каждого движения поршня, как это делалось прежде, поступает в цилиндр низкого давления, приблизительно в четыре раза более обширный по объему, и, совершив там новое расширение, проводится в конденсатор. Экономия, достигаемая как результат применения таких машин, выражается в том, что здесь работа одной лошадиной силы в течение часа создается $3\frac{1}{2}$ —4 фун. угля, тогда как на машинах старой системы для этого необходимо было от 12 до 14 фунтов. При помощи искусных приспособлений



Фиг. 88. Машина Тревитика — чертеж из патента 1782 г.

удалось вульфовскую систему двойного цилиндра или комбинированной машины высокого и низкого давления применить к существующим машинам более старого типа и таким образом повысить их дееспособность, понижая в то же время потребление угля. Тот же самый результат в течение последних 8—10 лет был достигнут благодаря соединению машины высокого давления с конденсационной таким образом, чтобы отработанный пар первой переходил во вторую и приводил ее в движение. Эта система во многих случаях оказалась полезной»¹.

В письме Нэсмита говорится о сочетании высокого давления с конденсацией. Действительно, если сначала высокое давление противопоставлялось кон-

денсации, то впоследствии высокое давление сочеталось с конденсацией. Нэмит упоминает о машинах Вульфа. Вульф получил патент на паровую машину высокого давления в 1804 г., т. е. когда срок патента Уатта уже кончился. Поэтому он мог включить конденсатор, и здесь высокое давление не противопоставлялось конденсации. Задачей Вульфа было не устранение конденсации, а экономия топлива. Действительно, машина Вульфа значительно повысила его использование. Это и видно из приведенного письма Нэсмита.

Применение нескольких цилиндров вызвало конструктивные изменения в паровой машине.

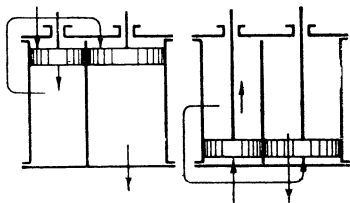
Первоначально кривошипы располагали параллельно друг другу. В 1830 г. Перкинс предложил помещать их под углом.

¹ Маркс, Капитал, т. III, изд. 8-е, М., 1932, стр. 57-58

так чтобы мертвые точки не совпадали. В 1850 г. Эльдер расположил кривошипы под углом в 180° , чтобы уравновесить силы инерции. В 60-х годах начали применять предложенное еще в 1835 г. расположение кривошипов под углом в 90° .

К этому времени паровая машина вообще изменила свой облик. Еще в конце XVIII в. появились машины с горизонтальным цилиндром. Исчез балансир — эта наиболее заметная часть первых паровых машин. В 1807 г. Модслей построил первый двигатель, работавший без балансира.

Экономичность паровых машин была еще более увеличена применением перегрева пара. Идея



Фиг. 89. Схема цилиндров Вульфа.

перегрева возникла в 30-х годах XIX в., но применен он был лишь в 50-х годах Гирном. Последний теоретически разработал проблему перегрева и сконструировал перегреватель, повышавший температуру пара на 100° . В 60-х годах перегрев начинает распространяться повсеместно, но в 70-х годах это распространение несколько тормозится, так как в это время основной линией в работе кон-

структоров становится повышение давления. Однако в дальнейшем переход к более высоким давлениям требует перегрева, и в 90-х годах мы видим окончательное внедрение перегрева в паровую технику. К этому периоду относятся работы Шмита, который довел перегрев до 350° и положил начало новейшей паротехнике.

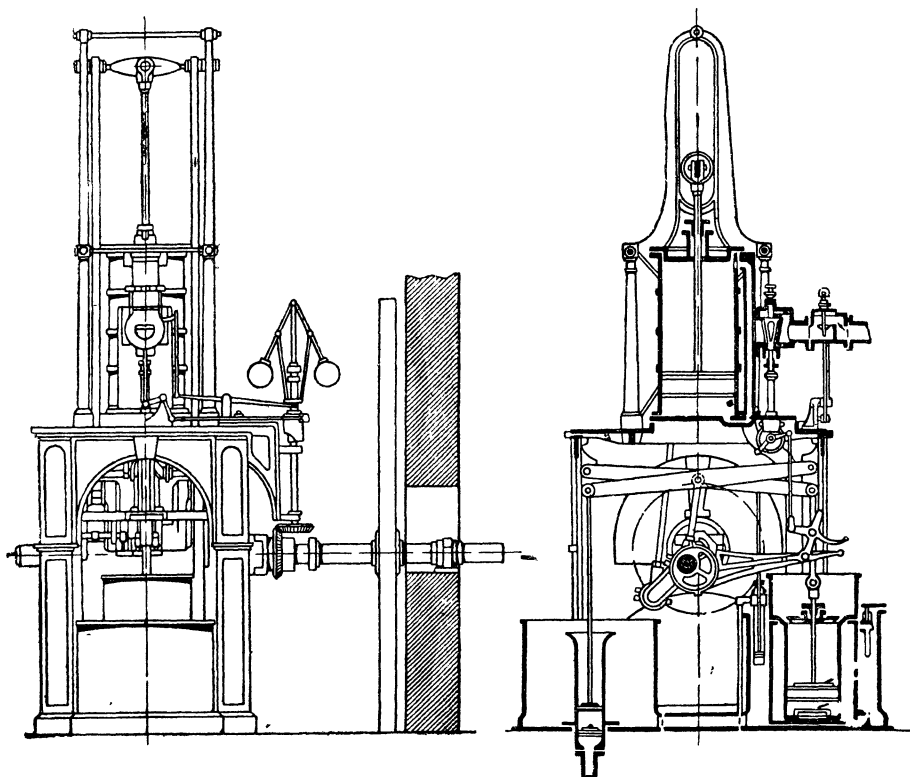
Очень важной линией в развитии паровой техники было усовершенствование парораспределения. Первый шаг в этом направлении был сделан, как мы видели, еще самим Уаттом. Парораспределитель Уатта был заменен золотником Мердока, усовершенствованным впоследствии Мюрсеем. Однако дальнейшим конструкторам пришлось немало поработать, для того чтобы создать управление парораспределением, пригодное для тех новых участков, в которых паровая машина получила применение в классическую эпоху промышленного капитализма. Здесь также исходным пунктом явились технические задачи парового транспорта. В стефенсоновской мастерской в 1842 г. была создана так называемая «Кулиса Стефенсона». Через два года была сконструирована в Германии «Кулиса Гейзингера». Сначала они применялись для реверсивных двигателей, а потом для отсечки пара.



Фиг. 90. Модслей.

В конце 40-х годов появилась конструкция, которая благодаря своему техническому совершенству означала новый этап в развитии парораспределения и вообще в развитии паровой машины.

Американский инженер Джорж Корлис (1817—1888) предложил новую систему парораспределения¹. В машине Корлиса оно достигалось вращением кранов с автоматическим регулированием степени наполнения. Цилиндры этой машины имеют по два крана с каждой стороны, краны открываются и закрываются оригинальной системой тяг, соединенных с эксцентриком, насаженным на вал машины. Совершенное регулирование сочеталось с небольшой величиной вредных пространств. В результате машина Корлиса расходовала до 0,63 кг угля на 1 л. с. в час. Это по-



Фиг. 91. Машина Модслея без балансира 1807 г.

зволило Корлису подобно Уатту заключать договоры, по которым он получал за машину пятикратную годовую экономию топлива и обязывался платить громадные неустойки за перерасход угля против условленного. Отсюда понятно колоссальное распространение машин Корлиса. Наряду с тем, что примененный Корлисом принцип удовлетворял назревшие запросы, имело значение высокое конструктивное совершенство этих машин. Здесь важно еще

¹ См. Uhland, Corliss und Ventil-Dampfmaschinen, Leipzig, 1879.

раз подчеркнуть связь паровой техники с развитием машиностроения. По сравнению с первыми конструкциями позднейшие паровые машины отличались своим выполнением, что было условием реализации таких принципов; как высокое давление и пр., которые были высказаны в конце XVIII и начале XIX в. Сказанное целиком относится к машинам Корлиса. Первая из них была построена в 1848 г. Это был двигатель в 260 л. с. с поразившим всех небольшим расходом пара, легкостью регулирования и постоянством скорости. Для второй половины века характерна машина Корлиса, выставленная на выставке в Филадельфии в 1876 г.¹ Она была двухцилиндровой мощностью в 2 500 л. с. и была поразительным достижением машиностроения. На выставке наибольшее впечатление произвели громадные размеры



Фиг. 92. Гирн.



Фиг. 93. Корлис.

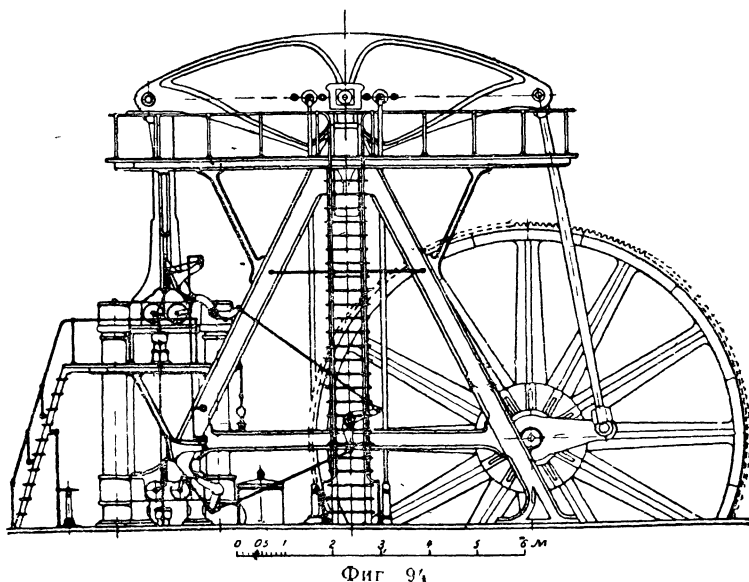
машины, ее вес (607 т) и величина пятидесятишеститонного маховика. Эта машина была не только выставочным экспонатом. Она была поставлена на вагонном заводе Пульмана и работала до 1910 г.

Большинство американских и европейских заводов, изготовлявших паровые машины, быстро перешло к этому типу. Машина Корлиса, появившаяся на рубеже первой и второй половин XIX в., является историческим гребнем между сравнительно примитивными маломощными и неэкономичными машинами первой половины века и несравненно более совершенными конструкциями второй половины его.

Остановимся в двух словах на развитии котлов. Первоначально применялись простые закрытые котлы, входившие составной частью в машины Севери, Ньюкомена, Смитона и т. д. Потом Уатт сконструировал коробчатый котел. В конце XVIII в. появляется цилиндрический паровой котел с нижней топкой и проходящей внутри котла жаровой трубой. Эти котлы были скон-

¹ См. Radinger, Dampfmaschinen und Transmissionen in den Vereinigten Staaten von Nord America, Wien, 1878.

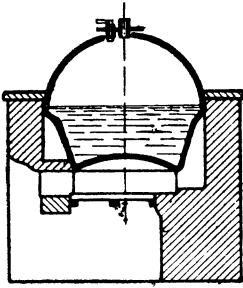
струированы Оливером Эвансом в 1786 г., он создал уже горизонтальные цилиндрические котлы с внутренней топкой. В Европе их строил Тревитик. Они первоначально применялись в горной промышленности и получили широкое распространение в коях Корнуэльса — отсюда и название *корнуэлийские* котлы. Котлы с двумя внутренними топками были названы *ланкаширскими*. В конце XVIII в. возникают и водотрубные котлы. В 1787 г. Джон Фитч, а в 1804 г. Стевенс применяют водотрубные котлы для предложенных ими паровых судов. Более совершенную конструкцию создает Албан (1791—1856) для своей машины



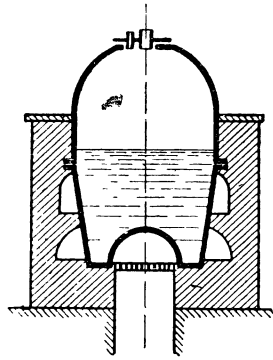
Фиг. 94. Машина Корлеса.

высокого давления. Эти водотрубные котлы широко распространяются и значительно совершенствуются в середине века. Широкую известность приобрел котел Вилькокса, где каждый ряд трубок связан с отдельным коллектором. Этот котел, впоследствии усовершенствованный конструкторами фирмы Бабкок и Вилькокс, явился родоначальником ряда современных котлов.

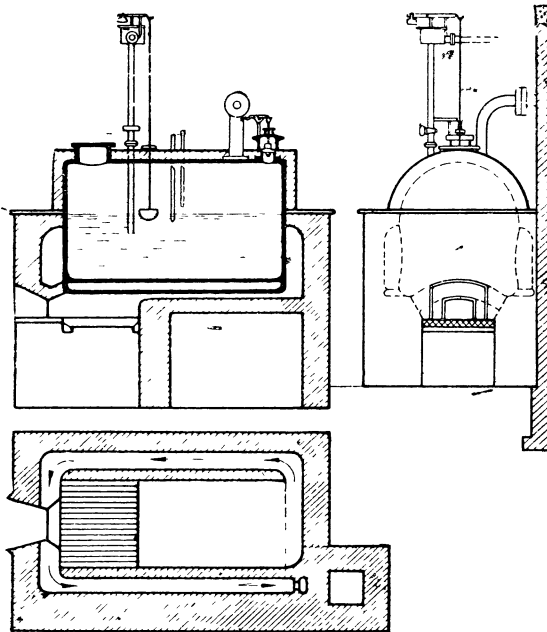
Таковы основные черты развития паровой машины XIX в. Мы видим, что в XIX в. капитализм нашел в паре энергетическую технику, адекватную капиталистической эксплуатации. Отсюда — широкое распространение паровых двигателей, внедрение пара во все отрасли промышленности и в транспортную технику. Этим, как мы видели, объясняются и те конкретные этапы, через которые прошло развитие паровой машины.



Фиг. 95. Котел машины Ньюкомена.



Фиг. 96. Котел Смитона.



Фиг. 97. Котел Уатта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркс, Капитал, т. I, М., 1932.
 2. Энгельс, Диалектика природы, Сочинения, т. XIV, М., 1931.
 3. Араго, Историческая заметка о паровых машинах, СПб, 1861.
 4. Паровые машины — история, описание и приложение их, взятые из сочинений Пертингтона, Стефенсона и Араго, СПб, 1838.
 5. Божерянов, Описание изобретения и усовершенствования паровых машин, СПб, 1842.
 6. Хетинский, История паровых машин, пароходов и паровозов, СПб, 1853.
 7. Брандт, Очерки истории паровой машины и паровых двигателей в России, СПб, 1892.
 8. Рядчик, Джемс Уатт и изобретение паровой машины, Петр., 1924.
 9. Ure, Philosophie of Manufactures.
 10. Stuart, A descriptive history of the Steam engine, London, 1825.
 11. Farey, Treatise on the steam engine, London, 1827.
 12. Hachette, Histoire des machines à vapeur, Paris, 1830.
 13. Thurston, Die Dampfmaschine, Geschichte ihrer Entwicklung, Leipzig, 1880 (перевод с английского).
 14. Reuleaux, Kurzgefasste Geschichte der Dampfmaschine, Braunschweig, 1891.
 15. Gerland, Leibnizens und Huygenss Beifwechsel mit Papin, Berlin, 1881.
 16. Matschoss, Geschichte der Dampfmaschine, Berlin, 1901.
 17. Matschoss, Die Entwicklung der Dampfmaschine, B. I—II, Berlin, 1929.
 18. Springer, Die Entwicklung der Dampfmaschine, Berlin, 1908.
-

РЕВОЛЮЦИЯ, ПРОИЗВЕДЕННАЯ ПАРОМ, ЗАКОН СОХРАНЕ- НИЯ ЭНЕРГИИ И ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Победы естествознания и метафизическое мировоззрение. Паровая техника и идея единства форм движения. Работы Майера. Паровая и электрическая техника. Идея единства и эквивалентности форм энергии в применении к электричеству. Фарадей и закон сохранения энергии. Фарадей об электричестве как форме движения. Законы электролиза. Открытие электромагнитной индукции. Представления Фарадея о реальности силовых линий. Борьба против принципа дальнего действия. Истоки электронной теории и теории поля в работах Фарадея и связь между ними

Уже в XVIII в. в естествознании пробивается все более крепнущая антиметафизическая струя. Первый удар метафизике был нанесен гипотезой Канта о возникновении солнечной системы из туманности. «Первая брешь в этом окаменелом мировоззрении была пробита не естествоиспытателем, а философом»¹, и прошло сто лет, пока эмпирическое естествознание подтвердило его мысль спектральным анализом. Ляйель показал, что земная кора является продуктом долгого исторического развития. Все эти доказательства изменчивости и единства мира завершаются открытием Дарвина, который изгоняет метафизику из биологии. Однако наиболее важные открытия, доказавшие единство мира, единство движения, трансформацию его форм и количественную неизменность движения в этих трансформациях, были сделаны в 40-х годах и заключались в механической теории тепла и законе сохранения энергии. «Благодаря этому различные физические силы — эти, так сказать, неизменные «виды» физики — превратились в различно дифференцированные и переходящие по определенным законам друг в друга формы движения материи»². Начиная с 20-х годов XIX в., эти открытия, все более явственно раскрывающие диалектическое единство мира, опираются на революцию, произведенную паром. Круговорот открытий в области превращений механической энергии в теплоту и обратно был завершён второй машиной Уатта. «Но какова, — спрашивает Энгельс, — была при этом роль

¹ Энгельс, Диалектика природы, Сочинения, т. XIV, стр. 480

² Там же, стр. 482.

теории? Довольно печальная. Хотя именно в XVII и XVIII столетиях бесчисленные описания путешествий кишели рассказами о диких народах, не знавших другого способа получения теплоты, кроме трения, но физики этим почти совершенно не интересовались; с таким же равнодушием относились они в течение всего XVIII века и первых десятилетий XIX века к паровой машине. В большинстве случаев они ограничивались простым регистрированием фактов. Наконец, в двадцатых годах Сади Карно заинтересовался этим вопросом и разработал его очень искусным образом, так что вычисления его, которым Клапейрон придал геомет-



Фиг. 98. Майер.

рическую форму, сохранили свое значение и до нынешнего дня и были использованы в работах Клаузиуса и Клерка—Максвелля. Он добрался почти до сути дела; окончательно решить вопрос ему помешало не отсутствие фактического материала, а предвзятая ложная теория, и притом ложная теория, которая была навязана физикам не какой-нибудь злокозненной философией, а придумана ими самими при помощи их собственного натуралистического метода мышления, столь превосходящего метафизически-философствующий метод»¹.

Завершением этих шагов были работы Грове, Кольдинга, Джоуля и Майера. Последний в 1842 г. сформулировал закон сохранения энергии и определил механический эквивалент теплоты. В конце своей статьи, напечатанной в 1842 г. в «Annalen der Chemie und Pharmacie»², он

особенно ярко показал связь между законом сохранения энергии и вопросом о к. п. д. паровой машины. Майер находит, что «опусканию единицы веса с высоты около 365 м соответствует нагревание равного веса воды от 0 до 1°» и продолжает: «Если с этим результатом сравнить полезное действие наших лучших паровых машин, то увидим, что лишь очень малая часть разводимого под котлом тепла действительно превращается в движение или поднятие груза, и это могло бы служить оправданием для попытки представить себе выгодный путь получения движения иным способом, чем посредством использования химической разности между С и О; а именно, посредством превра-

¹ Маркс и Энгельс, Сочинения, т. XIV, стр. 571.

² В. Мейер. Закон сохранения и превращения энергии, под ред. А. Макушмова. Москва, ГТТИ. 1933, стр. 86.

щения в движение электричества, полученного химическим путем».

Таким образом Майер, открыв закон сохранения энергии, пророчески указал на технику, которой суждено в будущем полностью воплотить этот закон в производственную практику.

В несколько более поздней работе¹ Майер указывает на двадцать пять экспериментов, демонстрирующих взаимный переход «пяти главных форм физической силы» (падение, движение, тепло, электричество и магнетизм, химические силы). При этом основной вывод заключается в том, что все эти силы являются не специфическими флюидами, а формами движения.

Однако задолго до появления этих работ Майера, под непосредственным влиянием его предшественников, идея единства сил природы стала центральной идеей работ Фарадея.

Принцип единства форм движения был перенесен Фарадеем в область учения об электричестве, и на этой основе Фарадей объединил французскую электродинамику с английской электрохимией. Прежде чем перейти к изложению теории Фарадея, остановимся на его биографии².

Фарадей родился в 1791 г. в рабочей семье и стал переплетчиком. Он, однако, не только переплетал, но и читал книги и даже пытался повторять описанные в них физические и химические опыты. Позже ему удалось стать учеником Дэви и ассистентом в его химической лаборатории в Королевском институте. Фарадей участвовал в поездке Дэви за границу и здесь встретился с наиболее крупными физиками континента. Фарадею были чужды не только схоластические спекуляции предшественников, но и абстрактно-математические работы современников. В противоположность им Фарадей шел путем чрезвычайно детального и тщательного экспериментирования. Результат этих экспериментальных



Фиг. 93. Фарадей.

¹ Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel von I. R. Mayer, Heilbron, 1895.

² Bence Jones, Life and letters of Faraday, I+II, London, 1870; Silv. Thompson, Michael Faraday, his Life and Work, 1898.

работ — 3 362 параграфа «Experimental Researches in Electricity» (I—III, London, 1856), где приводятся записи наиболее важных работ и открытий Фарадея, сделанных в продолжение нескольких десятилетий. Во всем этом громадном сочинении нет ни одной математической формулы. Само собой разумеется, что односторонний эмпиризм заводил Фарадея очень далеко от истины: «... люди, подобные Дэви и даже Фарадею, — пишет Энгельс, — блуждают в потемках (электрические искры и т. д.) и ставят опыты, в совершенстве напоминающие рассказы Аристотеля и Плиния о физических и химических фактах. Именно в этой новой науке эмпирики целиком повторяют слепое нащупывание древних. А где гениальный Фарадей намечает правильный след, там филистер Томсон протестует против этого»¹.

Стихийно разрывая пути эмпирических традиций, Фарадей создал гениальную теорию электричества, обобщающую все экспериментальные открытия той эпохи, когда учение об электричестве опиралось на производственное применение других, более элементарных, форм движения. Основные открытия начинаются с 30-х годов. Биографы Фарадея неоднократно разбирали вопрос, почему только в 40-летнем возрасте Фарадей совершил наиболее крупные открытия. С нашей точки зрения ответить на этот вопрос очень легко. Переворот в учении об электричестве произошел в 30-х годах только потому, что именно к этому времени были созданы его предпосылки — французская электродинамика и теоретические обобщения революции, произведенной паром.

Чтобы понять влияние паровой техники на работы Фарадея и, следовательно, установить исторические корни этих работ, нужно точнее определить соотношение паровой и электрической техники. Физическим принципом паровой машины является трансформация теплоты в механическое движение, замыкающая круг полезных превращений этих форм движения. Физическим принципом электротехники является универсальное превращение всех форм движения через посредство электрического тока. «Паровая машина научила нас превращать тепло в механическое движение, но использование электричества откроет 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»... — пишет Энгельс в своем известном письме Бернштейну². Таким образом паровая машина показывает превращение форм энергии на примере двух форм — теплоты и механического движения. Но этого мало. Паровая техника использует молекулярное движение, а последнее является основой принципа сохранения энергии. «Только с молекулярным движением изменение форм движения приобретает полную свободу. В то время как на границах механики молярное движение может принимать другие формы только порознь — теплоту или электричество, —

¹ Маркс и Энгельс, Сочинения, т. XIV, стр. 511.

² Маркс и Энгельс, Сочинения, т. XXVII, стр. 289.

здесь перед нами совершенно другое разнообразие изменений формы; теплота переходит в электричество в термоэлементе, становится тождественной со светом, на известной ступени излучения производит, со своей стороны, снова механическое движение; электричество и магнетизм, образующие такую же пару близнецов, как теплота и свет, не только переходят друг в друга, но переходят и в теплоту, и в свет, а также и в механическое движение. И это происходит согласно столь определенным отношениям, что мы можем выразить данное количество одного из этих видов энергии в любом другом — в килограммометрах, в единицах теплоты, в вольтах — и можем переводить любую меру в любую другую»¹.

Приведенный отрывок чрезвычайно ярко показывает связь представления об эквивалентности видов энергии с техническим применением молекулярных процессов и неизбежность включения электричества и магнетизма в круг явлений, рассматриваемых с этой точки зрения. Но по сравнению с электрической техникой это — лишь первый шаг. Электрическая техника придает единству энергии гораздо более глубокий и универсальный смысл, гораздо более закономерный и технически осязаемый вид.

Таким образом революция, произведенная паром, приоткрыла завесу над основной особенностью электричества, оставив грядущему техническому перевороту расширение и углубление достигнутых представлений.

Прежде всего мысль о единстве форм энергии была применена Фарадеем к самому электричеству. В это время наука знала множество различных «электричеств»: электричество трения, атмосферное, гальваническое, животное и т. д. Фарадей опытным путем, вызывая одни и те же действия электричеством из различных источников, доказал его тождественность. Результаты этих опытов были опубликованы в 1833 г. и сформулированы Фарадеем в § 360 «Ехр. Res.»: «Общий вывод, который, по моему, должен быть сделан из этого собрания фактов, заключается в том, что электричество, независимо от его источника, идентично по своей природе. Явления, относящиеся к пяти видам, отличаются не характером, а только степенью». Позже Фарадей поставил более широкую задачу. В 1837 г. Фарадей пишет в своем дневнике: «Нужно сравнить количества материальных сил, т. е. сил электричества, тяготения, химического сродства, сцепления и т. д., где возможно дать выражение для их эквивалентов в той или иной форме». Таким образом Фарадей близко подошел к закону сохранения энергии. Близко, но не вплотную. Даже после открытия Грове, Джоуля, Майера и Гельмгольца в 1857 г. Фарадей говорил о «высшем законе физических наук — законе сохранения силы». Он не дошел до выбора той физической величины — работы, которая остается неизменной в превращениях энергии, и смешивал эту величину с силой. Где при-

¹ Энгельс, Диалектика природы, Сочинения, т. XIV, стр. 569.

чина того, что Фарадей не дошел до четкой формулы сохранения энергии, до правильного выбора величины, измеряющей энергию при ее превращениях?

Причина здесь в следующем. Фарадей апеллировал к «закону сохранения силы», чтобы доказать единство электрических и химических явлений. В продолжение всей первой половины XIX в., да и позже, шла дискуссия о происхождении гальванического электричества, начатая еще с открытия Вольта.

Фарадей, выступая против контактной теории в защиту химической, указывает на термоэлектрические и электромагнитные явления, как на доказательство перехода одного вида энергии в другой¹ и на невозможность возникновения энергии из ничего.

«Контактная теория, — пишет Фарадей, — полагает, что сила может возникнуть из ничего, что ток может быть порожден без какого-либо изменения в действующей материи или без затраты производящей силы, причем ток этот будет действовать непрерывно, преодолевая постоянное сопротивление. Это было бы на самом деле созданием силы, и этим ток отличался бы от всякой другой силы. Мы знаем много процессов, благодаря которым форма силы так изменяется, что происходит видимое превращение одной силы в другую. Так, мы можем химическую силу превратить в электрический ток, а электрический ток — в химическую силу. Прекрасные опыты Зеебека и Пелетье доказывают превратимость теплоты в электричество, а опыты Эрстеда и мои — превратимость электричества в магнетизм. Но никогда не происходит создания силы, возникновения силы без соответствующей затраты того, что питает эту силу»¹.

Здесь изложена лишь первоначальная концепция сохранения энергии, отрицающая ее возникновение из ничего. Это еще не та развитая теория, которая знает определенное мерило энергетических переходов. Но опыты, о которых говорит здесь Фарадей, и не дают оснований для этого. Из явлений термоэлектричества, гальванизма, электролиза и магнитных действий тока вытекает лишь этот первоначальный вывод о возможности превращения энергии и невозможности ее возникновения из ничего. Поэтому все эти явления подтверждают лишь старую картезианскую идею количественного постоянства движения. Но это лишь отрицательное определение принципа. То новое, что внесло в этот принцип естествознание сороковых годов, заключалось в положительной и качественной стороне закона. Именно в этом сказалось запоздавшее влияние паровой техники на принцип сохранения энергии. Положительная сторона закона сохранения энергии связана с практическим производственным применением превращений энергии. Поэтому, пока электричество является лишь побочным спутником химических и тепловых технических процессов, оно еще не демонстрирует качественной стороны энергетических переходов и даже не выкристаллизовывает их неизменного мерила.

¹ „Exp. Res.“ § 2071.

Между тем, в эпоху Фарадея производственной электротехники еще не было. Это наложило свой отпечаток на эволюцию представлений об электричестве.

В начале своей известной статьи об электричестве Энгельс сравнивает уровень теоретических представлений в этой области с химией. В то время, как в химии царит относительный порядок и «планомерный натиск на неизведанные еще области», в электричестве господствует хаос. «несмотря на эту вездесущность электричества, несмотря на то, что за последние полвека оно все больше и больше становится на службу человеческой промышленности, оно является именно той формой движения, насчет существа которой царит еще величайшая неясность»¹.

Чем объясняется это отставание учения об электричестве? В основе лежит революционный характер электрической техники. Электричество — эта величайшая революционная сила — просачивалось в область промышленной техники уже во времена классического домонополистического капитализма. Но широким фронтом электрическая техника двинулась лишь в эпоху монополий, с наступлением сумерек и заката капитализма. Полное техническое воплощение электричества может произойти лишь после разгрома классового общества. Революция, произведенная электричеством, оказалась последним по счету техническим переворотом в капиталистической промышленности. Вплоть до последней четверти XIX в. теория электричества не могла опираться на базу электрической техники. Отсюда ее хаотичность и отставание.

Конечно, теория электричества всегда опиралась на развитие техники, но это была не столько электрическая техника, сколько механическая, химическая и т. д. В XVIII в. наиболее заметное влияние оказала механика (принцип дальнего действия, теории истечений, понятие силы и пр.). Первый промышленный переворот в его классической форме связал электричество с химией (Дэви и др.). Впоследствии дело переменялось. В XX в. и механика перестроилась под влиянием электричества (теория относительности), и химия обещает превратиться в главу учения об электричестве. Но до широкого промышленного применения электричества учение об электричестве получало основные импульсы от смежных областей и от лабораторной, а не производственной электрической техники.

Этот период был подытожен в работах Фарадея. После него теория электричества стала опираться на электрическую технику и расщепилась по существу на две теории. На гальванотехнику и электрохимию опиралось учение об электрических зарядах, на силовое применение электричества — теория поля. Мы видели, что три промышленные революции, несмотря на то, что их элементы переплетались между собой, были основой четко разграниченных периодов в истории электричества. Первый переворот, создавший машинную технику, положил начало электрохимии и

¹ Маркс и Энгельс, Сочинения, т. XIV, стр. 572.

электродинамике. Второй переворот, создавший паровую технику, объединил их в учении Фарадея. Третья революция, реконструировавшая производственную технику, сама опиралась на электричество. Она своим первым туром (90-е гг.) ввела электричество в силовой аппарат промышленности, а вторым (в нашем веке) — в область промышленной технологии. Чтобы понять исторические корни учения об электричестве, мы очертили реальные исторически сложившиеся типы хозяйственно-технического развития. Первый промышленный переворот происходил в двух типичных формах: английской и французской. Первый тип связан с классическим ходом переворота, массовым характером машинной индустрии, химической технологией и возникновением электрохимии (Дэви). Второй тип связан с наличием мощных врагов промышленной буржуазии, шпиротой и коренным характером ее идеологической и материальной борьбы, с исключительным влиянием войн и военной техники, развитием измерительной техники и количественного анализа и возникновением электродинамики (Ампер). Указанные типы технического, хозяйственного и политического развития создали тот круг идей, синтез которого был делом рук Фарадея. Что же касается реальных корней его творчества, то они лежали во втором перевороте, т. е. в революции, произведенной паром.

Таким образом Фарадей обобщил «дотехнический» период истории электричества. Между тем, только в самостоятельной области технического применения электричества — в электрической технике, в процессах передачи энергии посредством электричества — понятие к. п. д., понятие работы становятся центральными понятиями, и электричество становится базой наиболее полного технического воплощения закона сохранения энергии. Именно поэтому Фарадей, обобщивший в своих работах учение об электричестве эпохи революции, произведенной паром, не мог прийти и не дошел до четкого представления о сохранении энергии и понимал его в неясной форме — «сохранения силы».

Однако в этой форме идея единства энергии была подлинно центральной в работах Фарадея, и это связано с тем, что Фарадей в противоположность существовавшим в то время представлениям об особой электрической жидкости понимал под электричеством особую форму движения материи. Идея единства энергии, проходившая красной нитью через работы Грове, Джоуля, Майера, лежавшая в основе и других побед естествознания, получила наиболее общую, последовательно-научную и гениально-глубокую формулировку в энгельсовой «Диалектике природы». В этой работе, говоря о Фарадее, Энгельс обращает внимание на совпадение взглядов Фарадея с натурфилософскими взглядами Гегеля. Гегель пишет об электричестве, что это «собственный гнев, собственное бушевание тела», его «гневное я» («Naturphilosophie», § 324). Энгельс вскрывает рациональное зерно этой идеалистической тарабарщины. «Основная мысль, — пишет он, — у Гегеля и у Фарадея тождественна. Оба восстают против того представления, будто электричество есть не состояние мате-

рии, а некоторая особенная, отдельная материя»¹. Какая амплитуда: экспериментатор, стихийно, эмпирически вылавливающий у природы ее диалектические законы, и гений философской спекуляции, формулирующий законы бытия, как продукты саморазвития духа!

Между тем, оба говорят об одном, оба формулируют основную натурфилософскую идею своего времени.

Идея сохранения и единства энергии была исходным пунктом двух основных направлений в работах Фарадея. Первое направление — законы электролиза и научная электрохимия, второе направление — теория поля и открытие электромагнитной индукции.

Единство электрических и химических движений доказывалось не только и даже не столько апелляцией к закону сохранения сил, сколько опытами в области электролиза. Эти опыты привели к двум основным законам электролиза, из которых первый устанавливает пропорциональность между массой выделившегося вещества и количеством электричества, а второй связывает коэффициент пропорциональности с химическим эквивалентом. «Эквивалентные веса различных тел попросту равны количествам этих тел, обладающим равными количествами электричества или равными электрическими силами; электричество определяет эквивалентные числа, потому что оно определяет силы сродства»². Из этих законов, в частности, вытекает, что каждая частица вещества переносит определенное количество электричества или кратное ему. Отсюда недалеко до представления об элементарных зарядах — электронах, теория которых вытекает, таким образом, из работ Фарадея³.

Основным открытием Фарадея было открытие электромагнитной индукции. В следующем году после открытия Ампера Фарадей пришел к мысли об обратном процессе — о возбуждении тока магнетизмом. В 1822 г. в его тетради появляется запись: «превратить магнетизм в электричество».

Если работы Фарадея в целом были синтезом тех специфических направлений электрической техники, которые она приняла в Англии и Франции, — синтезом Дэви и Ампера, то для самой французской электродинамики открытие электромагнитной индукции было синтезом, объединившим электродинамику с теориями и опытами предыдущего века. Индукция зарядов, известная еще со времени Грея и дю-Фэ, внушила Фарадею мысль об индукции токов, в то время как работы Эрстеда, Био, Араго и Ампера указывали на магнетизм, как на необходимое звено такой индукции. Впрочем, синтез здесь гораздо глубже, чем указанное влияние электростатических и электродинамических аналогий на творчество Фарадея. Дело в том, что по своему существу индуцированное электричество является синтезом

¹ Маркс и Энгельс, Сочинения, т. XIV, стр. 574.

² «Exp. Res.», § 869.

³ Helmholtz, Die neuere Entwicklung von Faraday's Ideen über Elektrizität (1881), Naturwiss., 1931.

того, что Энгельс называл «статическим» и «динамическим» электричеством:

«Фарадей, — пишет Энгельс, — открыл уже в 1822 г., что мгновенный индуцированный ток — как первый, так и второй, обратный — «имеет больше свойства тока, произведенного разрядом лейденской банки, чем тока, произведенного гальванической батареей», в чем и заключалась вся тайна»¹. В «Диалектике природы» имеется фрагмент, с поразительной глубиной и силой вскрывающий действительный смысл разграничения статического, динамического и индуцированного электричества: «Статическое электричество... получается от перевода в состояние напряжения имеющегося в природе... готового электричества... динамическое... электричество... является... постоянным током... Так как это электричество по своей природе ток, то именно поэтому оно не может быть прямо превращено в электричество напряжения. Но при помощи индукции нейтральное электричество, существующее уже как таковое, может быть денеutralизировано. В соответствии с природой вещей индуцируемое электричество должно будет следовать за индуцирующим, а значит, должно будет тоже быть текучим. Но здесь, очевидно, имеется возможность конденсировать ток и превратить его в электричество напряжения или, вернее, в высшую форму, соединяющую свойства тока с напряжением»².

Этот синтез был достигнут семью годами непрерывных экспериментов, которые 29 августа 1831 г. привели к открытию. Однако эмпирический метод не может приписать себе чести этого открытия. Экспериментальные работы Фарадея были тесно связаны с развитием его представлений о физической природе наблюдаемых явлений. Первые опыты Фарадея были направлены на получение индуцированного постоянного тока. Приведем описание двух опытов Фарадея из доклада его Королевскому о-ву 24 ноября 1831 г.³:

«Двести три фута медной проволоки в одном отрезке были намотаны вокруг большой деревянной болванки; другие двести три фута такой же проволоки были проложены в виде соленоида между витками первой, и шнур везде предотвращал металлический контакт. Один из этих соленоидов был соединен с гальванометром, а другой — с хорошо заряженной батареей из ста пар пластин в четыре квадратных дюйма с двойными медными электродами. При замыкании контакта на гальванометре было обнаружено внезапное и очень слабое действие, и аналогичное слабое действие имело место, когда контакт с батареей был прерван. Но, в то время как voltaический ток продолжал проходить через одну катушку, нельзя было заметить на гальванометре никаких проявлений действия на другую катушку, вроде индукции, не-

¹ Маркс и Энгельс, Сочинения, т. XIV, стр. 517.

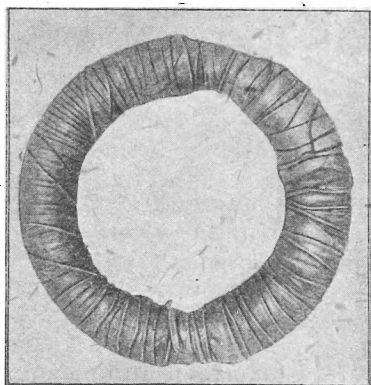
² Там же, стр. 516.

³ Phil. Trans., 1832, I, p. 125—162; см. «Динамомашин в ее историческом развитии», Документы и материалы под ред. В. Ф. Миткевича, Л., 1934, стр. 3—7.

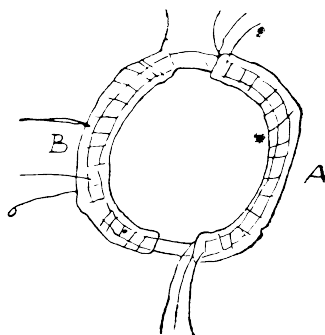
смотря на то, что нагревание всей катушки, по которой проходил ток, и яркость разряда, производимого через древесный уголь, доказывали, что активная мощность батареи была велика».

В другом опыте Фарадей воспользовался железным кольцом, вокруг которого было три соленоида. Приведем описание опыта:

«28. Соленоид *B* был соединен медными проводами с гальванометром, находящимся на расстоянии в три фута, от кольца. Соленоиды *A* были соединены конец к концу, образуя один общий соленоид, крайние провода которого были присоединены к батарее, состоявшей из десяти пар пластин с поверхностью по четыре квадратных дюйма. На гальванометре было обнаружено немедленное действие и в гораздо большей степени, чем то, какое было описано в том случае, когда при батарее, в десять раз превышавшей по мощности настоящую, применялись соленоиды без же-



Фиг. 100. Оригинал кольца Фарадея.



Фиг. 101. Чертеж Фарадея.

леза (10); однако, несмотря на то, что контакт продолжал оставаться замкнутым, действие не было постоянным, ибо стрелка вскоре успокоилась в своем нормальном положении, как если бы она была совершенно безразлична по отношению к присоединенному электромагнитному устройству. После того как контакт с батареей был разомкнут, стрелка снова сильно отклонилась, но в направлении, противоположном тому, которое было индуктировано в первом случае».

Таким образом первые явления в области электромагнитной индукции исторически подтвердили физическую связь между электромагнитной индукцией и переменным током и роль трансформатора как основы электромагнитной техники.

Эти работы Фарадея были связаны с развитием его представлений об электромагнитном поле. Поле, т. е. пространство, где происходят электромагнитные процессы, Фарадей заполнил ли-

ниями, по которым действуют силы — силовыми линиями, которые «можно определить, — пишет Фарадей, — как линии, описываемые очень маленькой магнитной иглой, когда она движется в ту или другую сторону, оставаясь касательной к этой линии, или линии, вдоль которых движение проводника не образует в нем тока»¹.

Имеют ли эти линии физическую реальность, или это простые символы? Этот вопрос отражал другой, более общий: сводятся ли электрические и магнитные процессы к зарядам, действующим друг на друга на расстоянии, или в этих процессах активно участвует реальная среда. Фарадей решительно выступал против действия на расстоянии, решительно утверждал реальность физического существования силовых линий. В статье «О физическом характере линий магнитной силы», написанной в 1852 г., он пишет: «Что касается важного вопроса, подлежащего рассмотрению, то он заключается только в том, имеют ли линии магнитной силы физическое существование или нет»². Ответ Фарадея положительный. Таким образом концепция Фарадея рвала с господствовавшими представлениями о дальном действии. В этом отношении Фарадей оказался далеко впереди не только современников, но и следующего поколения. Принцип единства и универсальной связи явлений природы не мирился с дальном действием. Фарадей — сын эпохи пара — применил этот принцип к явлениям электричества, к явлениям, техническое применение которых было делом будущего. Поэтому он оказался впереди своего времени.

Но ограниченность современной Фарадею техники наложила отпечаток на положительные взгляды Фарадея.

Отличие Фарадея от сторонников дального действия прекрасно сформулировано Максвеллом в введении к «*Treatise on Electricity and Magnetism*»:

«Фарадей своим мысленным оком видел силовые линии, проходящие по всему пространству там, где математики видели центры сил, притягивающие на расстоянии. Фарадей видел промежуточную среду там, где они ничего не видели, кроме расстояния. Фарадей искал сущность явления в том, что происходит в среде; другие удовлетворялись тем, что находили эту сущность в способности действия на расстоянии, которой одарены электрические жидкости»³.

Пользуясь представлением о силовых линиях, Фарадей в 1851 г. формулировал закон индукции: «количество приведенного в движение электричества прямо пропорционально количеству пересеченных линий». Оказалось возможным объяснить все электромагнитные явления продольным натяжением и боковым распором силовых линий, совокупность которых и составляет реальную среду.

¹ «Exp. Res.», § 3071.

² «Exp. Res.», III, § 3297; см. Миткевич, Физические основы электротехники, Л., 1932.

³ Там же, стр. 3.

Была ли эта концепция механистической? Ответ на этот вопрос ярче всего вскрывает истинные исторические корни теории Фарадея — связь этой теории с революцией, произведенной паром. Фарадеевское понимание эфира не было механистическим в смысле механических теорий эфира XVII—XVIII вв. Фарадей никогда не представлял эфира состоящим из множества отдельных частиц, к перемещению которых сводятся электрические, магнитные и прочие явления. Напротив, в статье «Thoughts on Rayl. vibrations», *Phil. Mag* (1846 г.) он отказывается представить себе в любой части пространства что либо, «кроме сил и линий, вдоль которых они действуют». Механические картины эфира, гидродинамические аналогии — весь этот арсенал, взятый картезианцами из современной им техники, — остался позади Фарадея. Но концепция Фарадея была механистической в смысле, соответствующем XIX в. Эта концепция и является той новой формой механистического мировоззрения, которую последнее приняло после революции, произведенной паром. Фарадей не сводил электрических явлений к перемещению частиц эфира, но он сводил их к упругости, к продольному натяжению и поперечному распору силовых линий. Совершенно бесспорно, что в основе лежит историческая ограниченность техники, нашедшей свое выражение в теории Фарадея. Если мельницы не дали картезианцам материала, чтобы пойти дальше гидромеханических аналогий, то паровая техника не могла дать теории электричества более глубоких аналогий, чем упругие давления. Действительно, диалектическая теория среды могла появиться лишь в эпоху электрической техники, получившей самостоятельное значение. Но теория Фарадея была теоретическим обобщением того периода, когда работы в области электричества вырастали на основе технического применения других, более элементарных, форм движения.

Этим объясняется также и то обстоятельство, что в работах Фарадея уживаются рядом истоки теорий, которые впоследствии стали враждебными. После Фарадея электрон, как элементарный заряд, и электромагнитное поле (среда, силовые линии) начали оспаривать друг у друга роль носителя электрических явлений; у Фарадея же между электрохимической и электромагнитной линиями работ существует органическая связь. Отказ от дальнего действия помог Фарадею разобраться в явлениях электролиза. Если Гротгус, Дэви и другие объясняли электролиз притяжением электродов, то Фарадей уже в 1833 г. отказался от этого представления и начал оперировать взаимодействием с е ж н ы х частиц электролита. Больше того, Фарадей вел исследования в том направлении, где гораздо позже были, а в основном будут найдены, мосты между теориями, двигавшимися по противоположным берегам.

Фарадей полагал, что единая среда передает и свет, и электрические силы. «Согласно взгляду, который я осмеливаюсь высказать, излучение представляет собой высшую форму колебаний ли-

ний сил, как известно, соединяющих между собой частицы, а также и массы вещества. Этот взгляд пытается устранить эфир, но не колебания».

Приведем полностью §§ 2146—2148 «Exp. Res.» (1845 г.), где Фарадей формулирует и свои исходные натурфилософские позиции и общий итог своих опытов в части электричества и света.

«2146. Я давно придерживался мнения и почти доходил до убеждения, думая, подобно многим естествоиспытателям, что различные формы проявления сил материи имеют одно общее происхождение, или, другими словами, так непосредственно связаны и взаимозависимы, что могут быть превращены друг в друга и обладать эквивалентами сил их действия. В настоящее время собраны многочисленные доказательства их превратимости и положено начало установлению эквивалентов их сил».

«2147. Это твердое убеждение, распространенное на действие света, привело меня в предыдущих опытах к многочисленным попыткам установить непосредственную связь между светом и электричеством, при их совместном действии на тела, подверженные этому совместному действию. Но результаты были отрицательными, так же как впоследствии у Wartmann'a («Archives de l'Électricité», p. 596—600)».

«2148. Эти безрезультатные попытки и другие, никогда не опубликованные, не могли устранить моего твердого убеждения, почерпнутого из философских соображений, и поэтому я недавно возобновил исследования, путем очень точных экспериментов, и мне, наконец, удалось намагнетизировать и наэлектризовать луч света и осветить магнитные линии сил».

Фарадей в результате ряда опытов обнаружил вращение плоскостей поляризации в магнитном поле. Он пытался также (в последнем, предсмертном опыте) обнаружить влияние электричества на спектр, которое было найдено полвека спустя Зееманом.

Не менее ярко высказана руководящая идея этих работ в параграфах 2702—2716, посвященных тяготению:

«Длительное и постоянное убеждение, что все силы природы зависят друг от друга, имея одно общее происхождение, или вернее, являясь различными проявлениями одной фундаментальной силы, часто заставляло меня думать о возможности установить при помощи опыта связь между тяготением и электричеством и, таким образом, включить тяготение в группу, обнимающую также магнетизм, химическую силу и теплоту и связующую столь многочисленные и столь разнообразные проявления сил общими соотношениями».

Опыты не дали положительного результата, но Фарадей, публикуя их и добросовестно указывая на случайное происхождение некоторых электрических явлений, сопровождающих падение тел, все же заявляет, что его убеждение о связи между тяготением и электричеством не поколеблено отрицательным результатом опытов. «Этим, — пишет он, — на настоящий день кончатся мои опыты. Результаты отрицательны. Это не колеблет моего твердого убеждения в существовании связи между тяготением и эле-

ктричеством, хотя и не дает никакого доказательства, что такая связь существует».

Приведенными отрывками из работ, в наиболее блестящей и яркой форме отразивших итоги революции, произведенной паром, закончим главу о влиянии этой революции на естествознание.

ЛИТЕРАТУРА

1. Э н г е л ь с, Диалектика природы, Сочинения, т. XIV, М., 1931.
 2. Ма й е р, Закон сохранения и превращения энергии, М., ГТТИ, 1933.
 3. Кар н о, Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу, М., ГИЗ, 1923.
 4. М и т к е в и ч, Физические основы электротехники, Л., 1933.
 5. Та м м, Руководящие идеи в творчестве Фарадея, «Успехи физических наук», т. XII, в. I, М., 1932.
 6. «Электричество» № 23—24, 1931 (статьи к столетию открытия электромагнитной индукции Г. М. Кржижановского, И. Тамма, В. Лебединского).
 7. Faraday, Experimental Researches in Electricity, v. I и II, London, 1855.
 8. Bence Jones, Life and letters of Faraday, I—II, London, 1870.
 9. Silv. Thompson, Michael Faraday his Life and Work, N. J., 1898.
 10. Helmholtz, Die neuere Entwicklung von Faraday's Ideen über Elektrizität, (1881), „Naturwiss“ 19, 1931. (русский перевод в сборнике: Гельмгольц, Популярные речи под ред. Хвольсона).
 11. Whittaker, History of the theorie of oether and electricity, Dublin, 1910.
-

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА ДОМОНОПОЛИСТИЧЕСКОГО КАПИТАЛИЗМА

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ВНЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ХОЗЯЙСТВА. Электромагнетизм, измерительные приборы и телеграфные аппараты. Усовершенствование гальванических элементов. Характер электрохимии середины XIX в. Послефарадеевский период теории электричества. Энгельс о теории электричества. **СИЛЬНО-ТОЧНАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА.** Электрическое освещение. Чиколев, Яблочков, Эдисон. Первые генераторы. Коммутация. Электромагниты. Самовозбуждение. Машина Грамма. Двигатели. Принцип обратимости. Марсель Депре и первые высоковольтные передачи. Общий характер развития электротехники в 60—70-х годах. Теория Максвелла

Электротехника впервые появилась во время господства паровой техники. Поэтому первыми применениями электричества были: телеграф, затем городское освещение и, наконец, городской транспорт. Здесь паровая база механического производства требует электричества для тех областей, в которых уровень централизации превышает по своим техническим требованиям общий уровень капиталистической централизации промышленности. Для информации, газет, биржи, государственного аппарата, армий и т. д. нужен был электрический телеграф. Для крупных городов, возникших после того, как промышленность была освобождена паровой машиной от прикрепления к рекам, нужно было электрическое освещение и затем электрический транспорт. В этих областях электричество было применено в качестве дополнения к господствующей паровой и механической технике. Результатом первых применений электричества была электромеханика, т. е. такое соединение механической и электрической техники, когда электричество служит дополнительным агентом или промежуточным звеном господствующей техники.

Первая ступень — электрический телеграф — еще не осуществил такой связи, так как находился вне силового хозяйства, но позднейшие ступени сделали механическую работу основным источником электричества.

Уже первый факт истории телеграфа в XIX в. возвращает нас к истокам творчества предшественников Фарадея. Обычно исто-

рию телеграфа начинают с рассказа о том, как в 1809 г. оптический телеграф Шалпа передал Наполеону весть о поражении его баварского вассала — курфюрста Макса Иосифа. Быстрота передачи известия позволила Наполеону в две недели выгнать австрийцев из Баварии, и это толкнуло баварского ученого Земмеринга (1755—1830) к изобретению электрического телеграфа¹. В действительности этот случай не играл приписываемой ему роли, но он вскрывает характерную связь телеграфа с нуждами войны, государственной централизации и т. п. Мы уже видели, что в этом отношении влияние континентальной блокады и наполеоновских войн действовало в ту же сторону, что и влияние буржуазной революции. Напомним, что первой депешей, переданной по телеграфу Шалпа, было постановление Комитета общественного спасения.

Поэтому телеграф Земмеринга ни в коем случае не может считаться началом телеграфной техники и даже началом новой эпохи ее развития. Земмеринг отличается от перечисленных в гл. III конструкторов XVIII в. применением для телеграфа гальванического тока, но к этому, как мы видели, пришел в 1800—1804 гг. и Сальва. Особенностью прибора Земмеринга является использование электролиза, как сигнала при приеме телеграмм². В плоском стеклянном сосуде помещалось 25 золотых штифтиков, погруженных в воду. Когда пара штифтов соединялась с источником тока, поднимавшиеся пузырьки свидетельствовали, что передается буква, соответствующая данной паре. Для вызова телеграфиста к аппарату применялся особый прибор. Пузырьки поднимали устроенный в виде перевернутой ложки конец рычага, который сбрасывал при этом металлический шарик на звонок. Впоследствии Земмеринг упростил свой аппарат и перешел к двум проволокам и штифтам, причем буквы обозначались комбинациями различных по продолжительности включений тока.

Но и в этом виде телеграф Земмеринга не получил применения. Для создания электрического телеграфа были нужны не только запросы буржуазного производства, но и созданные этим производством научно-технические предпосылки. Последние возникли в 20-х годах и заключались в открытиях Эрстеда, Араго и Ампера, т. е. в предфарадеевской странице истории электричества. На этой базе и вырос электрический телеграф. Следовательно, первые звенья электрической техники опирались не на открытия Фарадея, а на предшествовавшие работы. Основным в первоначальной электрической технике было не получение электричества на основе электромагнитной индукции, а наоборот — магнитные действия гальванического электричества. В это время электромагнетизм еще не был основой генерирования электричества, а применялся лишь для его обнаруживания. Последнее было необходимо, во-первых, для лабораторных измерений, и поэтому 30—60-е годы характеризуются значительным количе-

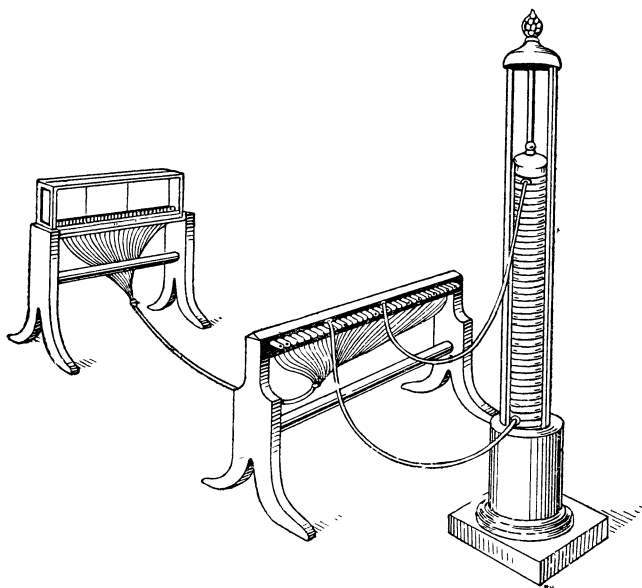
¹ Z a g u e r, Samuel Thomas von Sömmering, 1891.

² Du Moncel, Exposé des applications de l'électricité, II, 1856, p. 108.

ством новых электроизмерительных приборов, и, во-вторых, в производственной технике — для передачи сигналов посредством электричества.

Приборы, при помощи которых Эрстед и другие обнаруживали магнитное поле тока, измерительные приборы первой половины XIX в. и, наконец, первые электромагнитные телеграфные аппараты — в своей основе почти тождественны.

Мы видели, что открытие электромагнетизма, особенно на французской почве, стало основой математической интерпретации электрических явлений, получившей свое наиболее полное развитие в электродинамике Ампера. Но для этого нужен был не



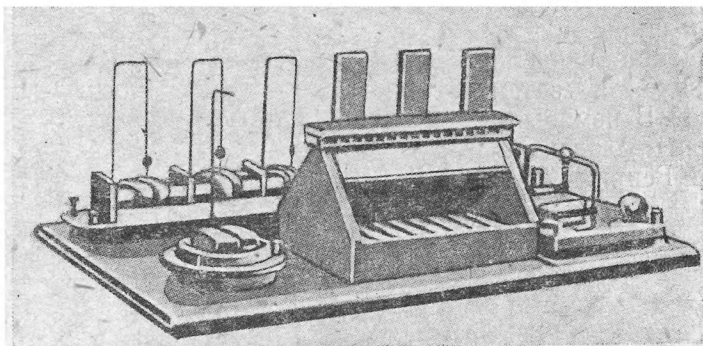
Фиг. 102. Телеграф Земмеринга.

только высокий уровень математических знаний, но и возможность точных измерений. Измерительная техника, как это уже указывалось выше, была специфической чертой промышленного переворота на континенте. После открытия Эрстеда эта техника приобрела новую область применения. Количественная связь между током и магнитными силами стала основой для измерения этих токов. Для того чтобы превратить прибор Эрстеда в измерительный прибор, необходимо было лишь увеличить эффект слабых токов. Это было выполнено Швейгером (1779—1857), который окружил магнитную стрелку большим количеством витков и создал, таким образом, мультипликатор.

В 20-х годах открытия в этой области следовали одно за другим почти непрерывно. В 1821 г. Поггендорф усовершенствовал прибор Швейгера и обеспечил этим широкое распространение

мультипликатора в лабораториях. В 1825 г. Нобили (1784—1835) применил изобретенную Ампером астатическую стрелку¹. В 1826 г. Бекерель ввел в конструкцию измерительных приборов две обмотки². В 30-х годах в этой области работали Гаусс и Вебер — люди, которые в наибольшей степени способствовали применению математики в учении об электричестве³. В 40-х годах измерительная техника в области электричества сделала новый шаг вперед, благодаря изобретению Уитстоном известного мостика⁴. Впоследствии важное усовершенствование ввели Депре и д'Арсонваль, которые сделали неподвижным магнит в гальванометре, относительно которого двигалась подвижная, снабженная стрелкой, катушка, по которой проходил ток.

Конструирование этих измерительных приборов было тесно связано с созданием первых телеграфных аппаратов. Прежде



Фиг. 103. Телеграф Шиллинга.

всего телеграфные аппараты и измерительные приборы были основаны на одном и том же принципе. Затем конструктивная форма тех и других была по существу одинаковой. И, наконец, изобретатели первых измерительных приборов одновременно были первыми конструкторами электромагнитного телеграфа.

В 30-х годах Шиллинг в России воспользовался мультипликатором для передачи известий. Вернее, он пользовался несколькими мультипликаторами, причем комбинации движущихся стрелок соответствовали передаваемой букве или числу. В Англии первой телеграфной линией была линия в 60 км, построенная Куком и Уитстоном в 1837 г. на Бирмингемской железной дороге⁵. За несколько лет до этого уже работала линия в Мюнхене, построенная Гауссом и Вебером. Эта линия стоит как бы на грани лабораторной и производственной техники. Она соединяла лаборатории

¹ Du Moncel, I, p. 437.

² Du Moncel, I, p. 433.

³ Du Moncel, I, p. 432.

⁴ Proc. Royal Soc. of London, vol. 24, p. XVIII.

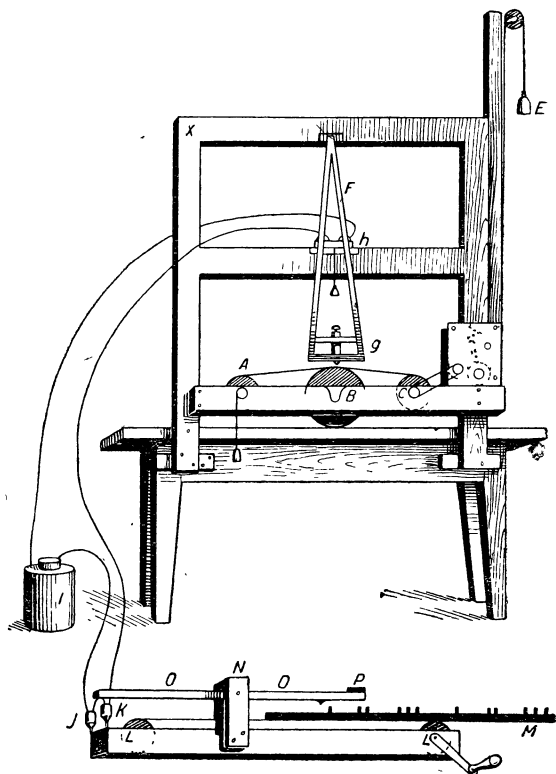
⁵ Du Moncel, II, p. 149.

Вебера и Гаусса между собой, причем в качестве приемного аппарата был установлен сконструированный Гауссом и Вебером гальванометр¹.

В конце 30-х годов появился ряд новых усовершенствований, но все это оставалось в пределах лабораторных опытов и экспериментальных установок, пока в электромагнитном телеграфе не был применен новый принцип, именно явление Араго — намагничивание железа электрическим током и притяжение железного якоря полученным таким образом электромагнитом. На этом принципе был основан телеграф Морзе (1791—1872), который получил широкое распространение сначала в Америке, а затем в Европе². В нем были применены электромагниты Генри.



Фиг. 104. Морзе.



Фиг. 105. Первая модель телеграфа Морзе.

Телеграфные линии были первыми линиями, по которым электрический ток передавался для практических нужд. Это имело существенное значение для последующего развития электротехники. Передача энергии была здесь не содержанием, а лишь сопровождающим моментом технического задания, но на этих линиях были созданы предпосылки современных электропередач. Впоследствии для первых опытов передачи энергии Марсель Депре и другие пионеры этого дела воспользовались телеграфными проводами.

¹ Feyerabend, Der Telegraph von Gauss und Weber im Werden der elektrischen Telegraphie, 1933.

² Du Moncel, II, p. 85.

То обстоятельство, что в телеграфе требовалась незначительная энергия, позволило применить в качестве источников тока гальванические элементы. Конечно, для передачи значительных количеств энергии гальванические элементы не могли быть экономичными, но для телеграфа они годились. Важно подчеркнуть, что прогресс техники в этой области, начиная от вольтова столба и кончая современными гальваническими элементами, — это прогресс не в области электричества, а в области химии. Действительно, электрические свойства гальванического элемента мало изменились по сравнению с элементами, которыми пользовались Вольта, Никольсон и Дэви, зато с химической стороны был сделан целый ряд усовершенствований.

Прежде всего нужно было избежать излишнего расхода цинка, который растворялся в первых элементах и в то время, когда элемент не работал. С 1830 г. для устранения этого цинковую пластинку начали покрывать амальгамой.

Вторая задача заключалась в устранении поляризации.

Первым этого достиг Бекерель в 1829 г. В 1836 г. появился элемент Даниэля, который состоял из медной пластинки, свернутой в цилиндр, опущенной в банку с медным купоросом, где эта пластинка окружала массивный цинковый цилиндр в сосуде из пористой глины с серной кислотой¹. Эту же задачу решал элемент Грове, где медь была заменена платиной². Наличие двух жидкостей в этом элементе устраняло поляризацию и обеспечивало бесперебойность и постоянство работы элемента.

Следующий шаг был связан с широким распространением гальванических элементов, которые потребовали перехода от дорогих металлов к дешевым материалам: Бунзен применил вместо платины угольные стержни³. Получение угольных стержней тоже было результатом развития химической технологии. Наряду с элементом Бунзена широко применялись элементы Колло, Лекланше и др.

Такой характер развития электрохимии в первой половине прошлого века нетрудно объяснить. Дело в том, что если современная электрохимия заключается в применении электричества в качестве агента для химических превращений вещества и рычагом для развития химической технологии являются достижения электротехники, то в ту эпоху, о которой мы говорим, электрохимия заключалась в обратном — в применении химических реакций для получения электричества, причем электричества, остававшегося вне энергетического хозяйства.

Поэтому мы можем объединить электромагнитный телеграф и связанную с ним гальванотехнику одной общей чертой. И в электромагнитном телеграфе, и в гальваническом элементе применявшиеся процессы были лишены энергетического значения. Химические реакции, которые являлись источником тока, не рас-

¹ Phil. Trans., 1836, I, p. 117.

² Phil. Trans., 1839, XV, p. 287; Du Moncel, II, p. 69.

³ Phil Mag., 1841, LIV, p. 417.

смаатривались с энергетической стороны как процесс перехода одного вида энергии в другой, — процесс, подчиненный закону сохранения энергии. Количественная сторона превращения химического движения в электрический ток по указанным выше причинам не интересовала ученых. Поэтому гальванотехника в первой половине XIX в. опирается не на законы электролиза, открытые Фарадеем и ставшие основой современной электрохимии, а на работы предшественников Фарадея. Гальванотехника применила для своих задач открытия английских и итальянских предшественников Фарадея так же, как соответствующая электромагнитная техника (телеграф) опиралась на работы французских предшественников Фарадея. И та и другая области не входили в состав энергетического хозяйства, находившегося в эту эпоху под полным и безраздельным господством пара.



Фиг. 106. Бунзен.

Посмотрим, как повлияла эта ограниченность электрической техники, отсутствие энергетического применения ее на теорию электричества. Здесь наряду с ограниченностью электротехники действовало другое влияние — идеалистическая реакция, характерная для второй половины XIX в.

Революция 1848 г. была поворотным моментом в европейской политике, она отбросила буржуазию в объятия реакции. Маркс дает блестящую характеристику влияния революции 1848 г. на классовое сознание буржуазии: «Так называемые революции 1848 г., — пишет он, — были лишь мелкими эпизодами — ничтожными целями и трещинами в твердой коре европейского общества. Но они обнаружили под ней бездну. Под поверхностью, казавшейся твердой, обнаружился необъятный океан, которому достаточно притти в движение, чтобы разбить на части целые материки из твердых скал. Шумно и беспорядочно провозгласили они освобождение пролетариата — эту тайну XIX столетия и его революции. Правда, эта социальная революция не была изобретением 1848 г. Пар, электричество и автоматические станки были несравненно более опасными революционерами, чем граждане Барбес, Распайль и Бланки. Но хотя атмосфера, в которой мы живем, давит на каждого из нас с тяжестью в 20 000 фунтов, чувствуете ли вы это? Так же мало, как европейское общество до 1848 г. чувствовало революционную атмосферу, которой оно было окружено и которая давила на него со всех сторон»¹.

После 1848 г. буржуазия почувствовала «давление революционной атмосферы», и это давление сковало буржуазную мысль во всех ее проявлениях. Титанический размах естествознания XVII в., всесторонняя ломка всей суммы человеческих знаний, начатая в XVIII в. и продолжавшаяся в начале XIX, — все это значительно потускнело, и наряду с дальнейшими поступатель-

¹ Маркс и Энгельс, Сочинения, т. XI, стр. 5.

ными шагами естествознания все большие позиции захватывает трусливое крохоборчество эпигонов. Принцип дальнего действия свелся к боязни всяких физических моделей, выходящих за рамки непосредственного наблюдения. Эти типичные для 50—60-х годов черты буржуазного естествознания в теории электричества были подвергнуты жестокой критике в работах Энгельса. Критика направлена против наиболее крупных представителей теоретической мысли этой эпохи в области электричества: Вильгельма Вебера, Наумана, Римана и, наконец, Видемана. Последний приобрел бессмертие тем же путем, что и Дюринг, так как статья Энгельса об электричестве, помещенная в «Диалектике природы»¹, содержит развернутую критику видемановской «*Lehre von Galvanismus und Elektromagnetismus*», критику, охватившую совокупность господствовавших в то время взглядов.

Энгельс резко критикует эмпиризм, характерный для учения об электричестве. Отсутствие единой теории, отражавшее в первую очередь ограниченную сферу применения электричества, позволило распространиться в электричестве одностороннему эмпиризму. Эмпиризм в свою очередь позволил удержаться в учении об электричестве отжившим представлениям и прежде всего контактной теории. «Исключительный эмпиризм, — пишет Энгельс, — позволяющий себе мышление в лучшем случае разве лишь в форме математических вычислений, воображает себе, будто он оперирует только бесспорными фактами. В действительности же он оперирует преимущественно традиционными представлениями, устаревшими большей частью продуктами мышления своих предшественников, вроде положительного и отрицательного электричества, электрической разъединительной силы, контактной теории. Последние кладутся им в основу бесконечных математических выкладок, в которых, из-за строгости математических формул, легко забывается гипотетическая природа предположений»².

Контактная теория — это пережиток того времени, когда энергетические переходы еще не стали основным содержанием энергетической техники, когда молекулярное движение еще не было применено, когда превращения энергии и ее единство не были вскрыты, одним словом, допаровой эпохи. Если говорить об естествознании, то это дофарадеевский период. Мы помним, что Фарадей решительно возражал против контактной теории, ссылаясь на «закон сохранения сил». Но мы уже видели, что электрическая техника 30—60-х годов была связана не с открытиями Фарадея, а с открытиями его предшественников. Своеобразная диалектика научного и технического развития привела к тому, что наиболее передовая область техники — электричество — была в плену наиболее отсталого научного представления, противоречащего закону сохранения энергии, который стал уже в это время основным законом естествознания.

Причина заключается в тех исторических особенностях электро-

¹ Маркс и Энгельс, Сочинения, т. XIV, стр. 572—630.

² Маркс и Энгельс, Сочинения, т. XIV, стр. 599.

техники середины века, которые выяснены выше. Паровая техника требовала применения электричества в некоторых специальных областях. Но эти области не входили в состав энергетического хозяйства. Представление о происхождении электричества из простого свойства цепи могло удерживаться лишь до тех пор, пока количество энергии не стало основным понятием электрической техники, т. е. пока электрические линии передавали не энергию, а сигналы. В этом в конечном счете причина того, что понятие энергии не могло стать центральным понятием учения об электричестве и закон сохранения энергии мог уживаться в области электричества с противоречившими ему представлениями. Гальванотехника показала, что электричество возникает из химического процесса, но, с одной стороны, этот процесс в силу указанных причин не рассматривался с количественной стороны, а с другой стороны, ограниченный эмпиризм требовал, чтобы при описании явлений не применялись широкие обобщения, которые ясно показали бы несовместимость контактной теории с принципом сохранения энергии.

Наряду с «неэнергетическим» характером электротехники условием контактной теории был ее «проводниковый» характер, позволявший метафизической фикции противоположных электрических жидкостей сохранить кое-какие позиции в учении об электричестве, несмотря на противоречие между этой фикцией и общим духом естествознания XIX в.

«Чтобы получить электрическую разъединительную силу, — пишет Энгельс, — нужно отнестись серьезно к фикции двух электрических жидкостей. Чтобы извлечь эти жидкости из их нейтральности и придать им их полярность, чтобы оторвать их друг от друга, для этого необходима известная затрата энергии — электрическая разъединительная сила»¹.

Таким образом характерные черты учения об электричестве 40—60-х годов находят свое объяснение в особенностях технического и общественного развития эпохи. Но это не значит, что эти черты исчезли вместе с эпохой. Напротив, они продолжают существовать поныне. Колесницу теории электричества влекли разные кони, но все они оставляли определенные наслоения в ее поистине авгиевых конюшнях. И эмпиризм, и математическая ограниченность, и презрительное игнорирование физического смысла теории — все это получило дальнейшее развитие на новой базе и часто в новых формах. Отсюда — величайшая актуальность критических замечаний Энгельса, стрелы которых кажутся прямо направленными против современной метафизики в учении об электричестве.

Если техника гальванических элементов не была энергетической техникой, то это уже несколько меньше относится к гальванопластике, которая была открыта русским академиком Якоби в 1837 г.

Фигура Якоби очень характерна для перехода электротехники

¹ Маркс и Энгельс, Сочинения, т. XIV, стр. 616

на энергетические рельсы. Этот сын потсдамского банкира с первых своих работ выступает в качестве оруженосца промышленной буржуазии. Он всеми силами стремится сделать науку элементом буржуазного промышленного производства. Эта черта отличает всю деятельность Якоби и проходит через все его работы. Первоначально он работает в области гидравлических двигателей, а затем от них переходит к электричеству. Это чрезвычайно характерно. Якоби — первый из электротехников, который подошел к электричеству, как энергетик. Поэтому мы считаем его пионером электроэнергетической техники.

В 1834 г. Якоби познакомился с Гумбольдтом, и патриарх естествознания порекомендовал молодого доктора философии королю в качестве гражданского инженера. Инженером Якоби остался и в дальнейшем, хотя уже в 1835 г. он занялся научной работой в области электротехники.

В феврале 1837 г. Якоби открыл гальванопластику. Во время опытов с гальваническими элементами он обнаружил слой меди, осевшей на медном же электроде и воспроизводившей поверхность этого электрода.

«До сих пор, — пишет Якоби, — я не могу понять, каким образом, смотря на этот слой меди, я мог сомневаться в его происхождении и допускать, что он образовался от дурного плющения меди, или что рабочий, не имея достаточно толстых листов, умышленно сдвоил их. Повинуясь первому влечению чувства, я призвал его и стал упрекать за дурное исполнение поручения, но энергичные возражения с его стороны навели меня на мысль, что спор можно разрешить, тщательно сравнив соприкасающиеся поверхности. Начав это исследование, я заметил почти микроскопические оттиски малейших шероховатостей и царапин, причем выпуклостям на одном диске соответствовали углубления на другом. Результатом этого тщательного расследования и явилась гальванопластика»¹.



Фиг. 107. Якоби.

¹ *Ann. de Chimie et Physik*, 4, XI, 1836. См. Б. С. Якоби, Исторический очерк изобретения гальванопластики, составил А. А. Ильин, СПб, 1889.

В гальванопластике электричество является не результатом, а исходным пунктом процесса. Здесь электричество превращается в другую форму и, следовательно, функционирует в качестве энергии. Поэтому гальванопластика потребовала нового источника электрического тока. Здесь количество и экономичность производства энергии являются существенными обстоятельствами. Это — новый факт по сравнению с телеграфом и применявшимися до телеграфа гальваническими элементами. Поскольку продукция гальванопластики пропорциональна количеству энергии, постольку максимальное получение энергии в форме электричества при минимальных затратах стало основной задачей электротехников.

Эта задача, прежде всего, заставила перейти от гальванических батарей, бывших источником электричества в технике, к электрическому генератору, основанному на электромагнитной индукции. Но гальванопластика получила слишком незначительное развитие, чтобы вызвать новый этап в развитии электротехники. Этот новый этап связан с другой областью применения электричества — электрическим освещением.

Крупная промышленность, опираясь на паровую машину, вызвала концентрацию населения в городах. На определенном уровне рост городов потребовал новых источников освещения. В 70-х годах электричество начинает применяться для городского освещения, и вскоре освещение становится основной областью применения электричества. Если 40—60-е годы в истории электричества являются эпохой телеграфа, то 70-е годы являются эпохой электрического освещения.

Применение электричества стало полностью энергетическим только с того момента, когда механическая энергия, превратившись в электричество, превращается затем обратно в ту же форму, т. е. при электрической передаче механической работы. При этом электричество является действительным носителем единства и сохранения энергии. Но уже в период электрического освещения в области генерирования электричества на первый план выдвинулось понятие энергии.

Первые осветительные установки получали ток от гальванических батарей. Само собой разумеется, что электрическое освещение не могло распространяться до тех пор, пока источник тока не стал экономичным с энергетической стороны. Поэтому в 60-х годах вспомнили об электромагнитных генераторах.

В это время они применялись для гальванопластики и поэтому конструировались так, чтобы давать постоянный ток. Однако, об этом несколько позже. Сначала о самом освещении. Для освещения был первоначально применен дуговой фонарь, т. е. вольтова дуга. Основным недостатком дуговых ламп была необходимость регулирования. В дифференциальной лампе, изобретенной в 1879 году Чиколевым, небольшой электромотор через винт регулировал расстояние между угольными. В лампах Жаспара угли прикреплялись к двум железным стержням. Один из них входил частично в катушку, по обмотке которой проходил электрический ток, питавший лампу.

Если сила тока возрастала, катушка, втягивая стержень, отдаляла угольный электрод от другого и этим уменьшала силу тока до нормальной. При противоположных обстоятельствах катушка слабее втягивала стержень, и сближение угольных электродов увеличивало силу тока опять-таки до нормы. Подобный механизм был непригоден для большого числа ламп. Между тем именно освещение многих точек из одного источника было основным преимуществом электричества. Это преимущество могло быть использовано лишь после того, как свеча Яблочкова позволила дробить электрическую энергию и снабжать ею последовательно включенные электрические лампы. Яблочков поместил угольные стержни параллельно друг другу, так что сгорание не увеличивало расстояния между ними. Так как положительный электрод сгорает быстрее, то для сохранения одинакового расстояния Яблочков применил переменный ток.

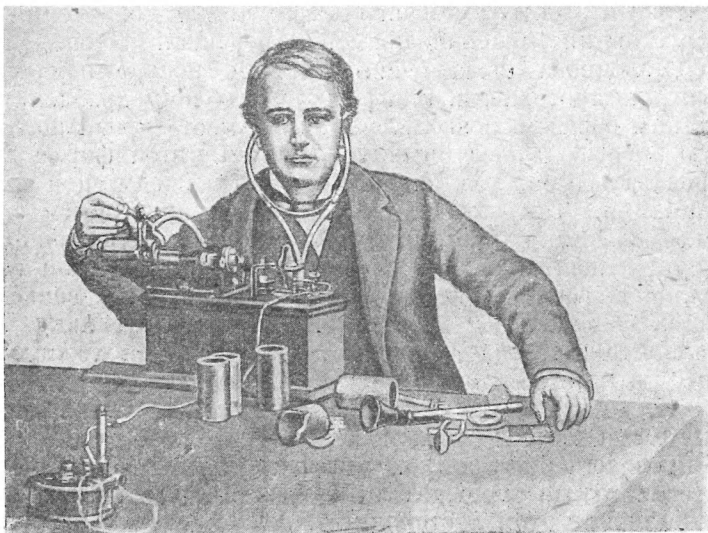
Свеча Яблочкова была очень важным поворотным пунктом в истории электротехники. Она решила проблему дробления энергии и, таким образом, позволила в одном месте превращать механическую энергию в электричество, а затем в этой форме дробить ее и передавать в ряд различных мест для последующей полезной трансформации. Так как в этой гибкости заключается одно из основных условий энергетического применения электричества и реконструирующей роли электричества в энергетической технике, мы должны включить открытие Яблочкова в число звеньев, подготовивших современную электроэнергетическую технику.

В начале 80-х годов свеча Яблочкова распространилась в Европе, но в те же годы появился новый источник электрического света, которому принадлежало будущее, — лампа накаливания. Еще в 1840 г. Грове пропускал электрический ток через очень тонкую проволоку, которая нагревалась и начинала светиться. В 70-х годах то же самое делали с тонкими угольными нитями: их помещали при этом в стеклянный сосуд, откуда выкачивался воздух.

Мы видим, что все элементы лампы накаливания к концу 70-х годов были налицо. Несмотря на это только Ладыгину и вслед за ним Эдисону принадлежит величайшая заслуга изобретения электрической лампы накаливания. Реализация этого изобретения была результатом совершенно новой системы научно-экспериментальной работы, системы, связанной с именем Эдисона. Для того чтобы создать лампы накаливания, нужно было такое количество экспериментов, наблюдений, опытов над самыми различными материалами, которое было совершенно не под силу одиночкам-экспериментаторам в полукустарных мастерских и лабораториях. Эдисон организовал свою экспериментальную работу по принципу крупных капиталистических предприятий. Эдисона можно назвать «Аркрайтом лабораторий», так как подобно Аркрайту, который не только изобрел прядильную машину, но и был пионером фабричной системы, Эдисон был не только изобретателем, с именем которого связана целая эпоха электрической техники, но и пионером крупной промышленной организации научно-экспериментальной работы в этой области. Он

создал фабрику изобретений — крупное предприятие, и это позволило ему среди ряда других изобретений получить технически совершенную и поэтому применимую лампу накаливания.

Обратимся к основным этапам развития электрических генераторов в эпоху электрического освещения. Первый период связан с получением постоянного тока путем электромагнитной индукции. Первые машины применялись для гальванопластики — это были машины постоянного тока. Впоследствии только свеча Яблочкова требовала переменного тока, а в других случаях обычно применялся постоянный ток. Но постоянный ток высокого напряжения, как известно, не может быть произведен на основе



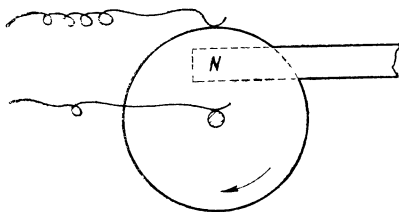
Фиг. 108. Эдисон.

электромагнитной индукции непосредственно без коммутации. Для того чтобы в проводнике индуцировалась электродвижущая сила постоянного направления, нужно, чтобы изменение магнитного потока также проходило все время в одном направлении, т. е. чтобы магнитный поток или все время беспредельно увеличивался или все время убывал. Так как это невозможно, то в машинах, основанных на электромагнитной индукции, непосредственно получается переменный ток, а затем он коммутируется в постоянный. Такая коммутация была достигнута в 30—50-х годах, и это является основным содержанием первого этапа в развитии генераторов.

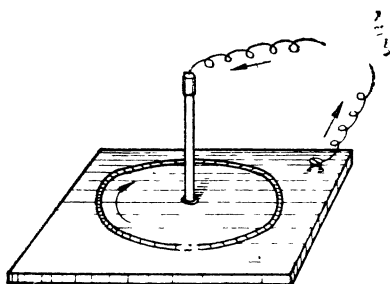
Первые машины, сконструированные самим Фарадеем после открытия электромагнитной индукции, были у н и п о л я р н ы м и машинами. Медный диск, в котором возбуждались электродвижущие силы, передавал ток щеткам, которые соприкасались последовательно с новыми и новыми радиальными элементами диска

Поэтому здесь самый диск с некоторым основанием можно считать коллектором.

Фарадей, после того как он открыл электромагнитную индукцию, сконструировал целый ряд модификаций генератора. В одном из них он пользовался сильным постоянным магнитом и помещал медный диск диаметром около 30 см и толщиной около 3 мм между его полюсами (фиг. 109). Проволоки скользили по амальгамированному кольцу на оси диска и амальгамированному краю его¹. Другой формой, осуществившей тот же принцип, была магнитоэлектрическая машина, состоявшая из плоского медного кольца в 2,5 см шириной, которое вращалось между полюсами магнита, причем ток снимался щетками, прижатыми к внутреннему и наружному краям кольца². Следующая машина не имела магнитов вовсе. Плоский диск вращался в круглом отверстии, вырезанном в металлическом листе, причем диск соединялся с окру-



Фиг. 109. Диск Фарадея.



Фиг. 110. Машина Фарадея без магнитов.

жающей его металлической поверхностью при помощи ртути (фиг. 110). Здесь электрический ток индуцировался благодаря тому, что элементы вращающегося диска перерезали силовые линии магнитного поля земли³. Фарадей всячески варьировал форму вращающихся проводников и магнитов. Очень оригинальной машиной является стакан, наполненный ртутью, в которую был погружен цилиндрический магнит (фиг. 111). Над верхней половиной магнита, поднимавшейся над ртутью, находился медный колпак, а проводники были присоединены к ртути и колпаку⁴. Среди большого количества описанных Фарадеем генераторов имеются машины и переменного тока. Одна из таких машин состояла из прямоугольного медного контура, вращавшегося вокруг горизонтальной оси. В этой машине переменные токи получались в том случае, когда прибор поворачивали таким образом, чтобы ось вращения проводника была направлена с запада на восток, так как при этом контур перерезал линии магнитного поля земли⁵.

¹ «Exp. Res.», I, § 85.

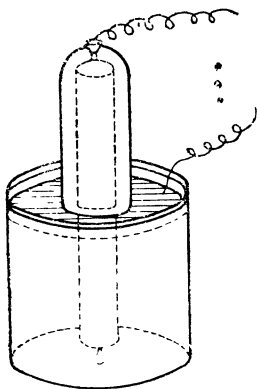
² Там же, § 136.

³ Там же, § 155.

⁴ Там же, § 219.

⁵ Там же, § 3192.

Первая магнитоэлектрическая машина изобретена неизвестным автором письма, посланного в июле 1832 г. Михаилу Фарадею и подписанного инициалами Р. М.¹ Машина эта состояла из нескольких подковообразных магнитов, насаженных на колесо и вращавшихся рукояткой. Ток демонстрировался разложением воды. Одновременно Даль Negro (1768—1839) построил машину, в которой ток индуцировался в проводочных спиралях при поступательно-возвратном движении входящих в эти спирали магнитов².

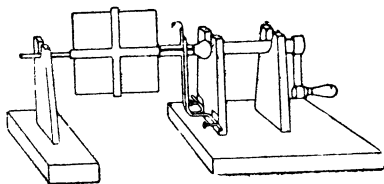


Фиг. 111. Вращающийся цилиндр.

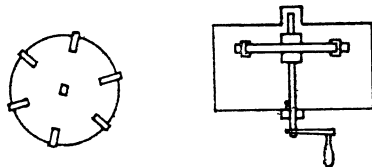
Однако гораздо большее значение имели изобретения Пикси и Риччи (1790—1837), так как они ввели коллектор и получили постоянный ток. Именно в этом заключалось первое звено развития генераторов, и потому их историю после Фарадея нужно начинать с машины Пикси. Она состояла из подковообразного стального магнита и подковообразного железного якоря с коммутатором.

Мы приведем выдержку из сообщения Ампера о машине Пикси, именно ту часть, где говорится о выпрямлении тока. Здесь очень ярко видно и содержание первого шага динамомашин и связь его с электрохимией:

«При всех этих разнообразных опытах направление тока в цепи менялось при каждом полуобороте магнита, так что в опыте разложения воды, если кислород сначала выделялся в первом кол-



Фиг. 112. Вращающийся прямо-угольник.



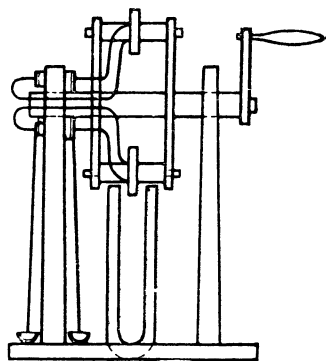
Фиг. 113. Рисунок Р. М. в письме к Фарадею.

паке, а водород во втором, то при следующем полуобороте, в первом колпаке выделялся водород, а во втором — кислород. Таким образом в каждом из колпаков получалась смесь двух газов. Чтобы их получить отдельно, Ипполиту Пикси пришла счастливая мысль применить в своем приборе коромысло, которое изобрел Ампер, для перемены направления тока при своих электродинамических опытах. Коромысло, примененное в новом приборе, со-

¹ Phil. Mag., 1832, I, p. 165. См. «История динамомашин». Документы и материалы, сост. Радовский и Ефремов, под ред. В. Ф. Миткевича, Л., 1934, стр. 39—41.

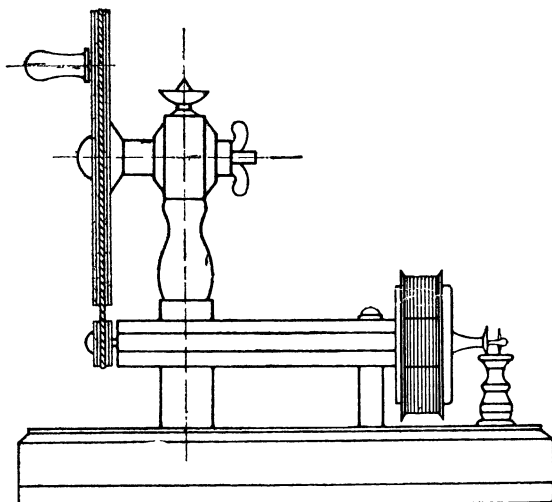
² Phil. Mag., 1832, I, p. 48—49.

стоит из стержня, который упирается в полукруг, насаженный на ось магнита, и который при одном полуобороте магнита держит опущенной вниз одну сторону коромысла; при следующем обороте коромысло освобождается и при помощи пружины опускается другим своим краем вниз. При первых испытаниях этого приспособления коромысло погружалось попеременно в корытца, наполненные ртутью, как в коромысле Ампера, но при этом оказалось, что при быстром вращении магнита ртуть получала такие толчки, что выбрасывалась наружу. Чтобы уничтожить этот недостаток, Ипполит Пикси заменил ртуть маленькими медными пластинками с амальгамированной поверхностью для лучшего контакта с концами коромысла, которые попеременно ударялись о них. Благодаря такому остроумному приспособлению направление тока в части цепи, расположенной за коромыслом, оставалось постоянно одним и тем же»¹.



Фиг. 114. Чертеж машины Риччи из его статьи в 1833 г.

Другой способ выпрямления тока был осуществлен в машине Риччи (1833)². В ближайшие годы появился ряд модификаций



Фиг. 115. Чертеж машины Сакстона из его письма в 1836 г.

машины Пикси. Стерджен (1783—1850) придал прообразу коллектора более рациональную форму (трущие контакты), Сакстон

¹ Annales de chimie et de physique, 1832, VLI, p. 76—79.

² Phil. Trans, 1833, I, p. 320—321.

улучшил конструкцию машины¹, Кларк продолжил работу Сакстона.

С принципиальной стороны все эти изобретения конструктивно развивают схему Пикси.

Основной задачей всех конструкторов было выпрямление тока. В конце 30-х и начале 40-х годов после открытия гальванопластики появились первые машины практического назначения. В это время постоянный ток был условием производственного применения электричества. Одной из первых машин, получивших производственное применение, была машина Вульрича, изобретенная им в 1842 г.

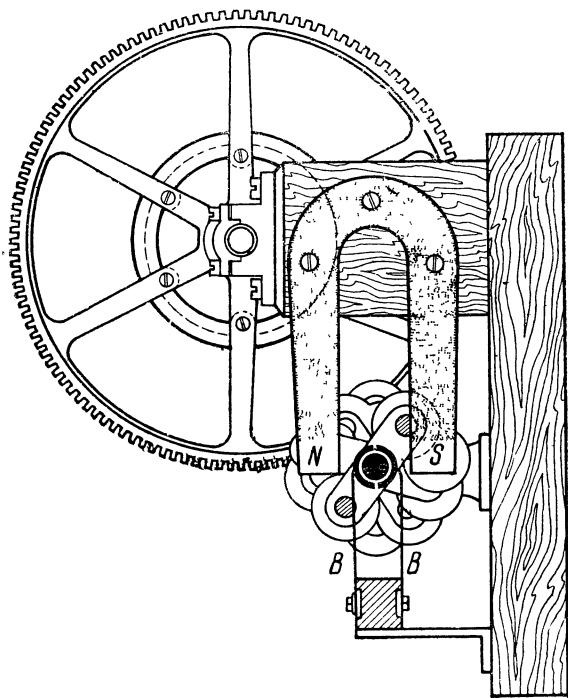
Она была запатентована вместе со «способом покрывать металлами поверхности предметов» и отличалась приспособлением для регулирования².

Наиболее интересной конструкцией начала 40-х годов была машина Уитстона (1841). Основной целью Уитстона было получение тока, который как можно меньше отличался бы от гальванического. Принцип этой машины описан в патенте³ следующим образом:

«Обыкновенные магнитоэлектрические машины дают серию разрядов или мгновенных токов, которые в одних случаях сохраняют направление, а в других

случаях попеременно меняются. Предметом первой части моего изобретения является соединение нескольких таких магнитоэлектрических машин в одну, чтобы путем объединения их обмоток создать один продолжительный ток и так устроить движение отдельных обмоток или магнитов, чтобы ток в одной обмотке начинался раньше, чем прекратятся токи в другой обмотке.

Благодаря такому устройству можно при умеренной скорости вращения обмоток или магнитов получить эффект, не отличаю-



Фиг. 116. Машина Уитстона.

¹ Phil. Mag., 1836, IX, p. 360—365.

² «Динамомашинa», стр. 93—103.

³ Там же, стр. 84—85.

нийся от действия настоящего постоянного тока. Устроенная на этом принципе машина при своем вращении может быть использована для тех многочисленных целей, для которых служат voltaическая батарея, и в особенности для получения тех эффектов, для которых требуется батарея, составленная из значительного числа малых элементов.

Я предлагаю назвать эту новую комбинацию магнитоэлектрической батареей».

Этот период в развитии генераторов характеризуется отсутствием сколько-нибудь определившейся сферы применения генераторов. Лабораторные поиски создавали самые разнообразные типы машин. Мы увидим, что все основные принципы, осуществившиеся впоследствии, уже появились в 40-х годах. Однако они не могли получить применения. Существует объективная логика отдельных усовершенствований генератора, и они могут быть реализованы лишь последовательно. Преимущества кольцевого якоря могли быть как следует оценены лишь после открытия самовозбуждения; самовозбуждение могло быть широко применено лишь после того, как электромагниты повсеместно заменили собой постоянные магниты. Общей предпосылкой этой эволюции было превращение переменного тока в постоянный коммутаторами первых машин, осуществивших переход от гальванотехники к технике электромагнитного поля.

Поэтому, если характеризовать каждый период теми принципами, которые не только были высказаны или продемонстрированы на отдельных моделях, но получили применение и стали основой дальнейшего развития, если руководствоваться таким критерием, то период 30—40-х годов характеризуется генезисом коммутации.

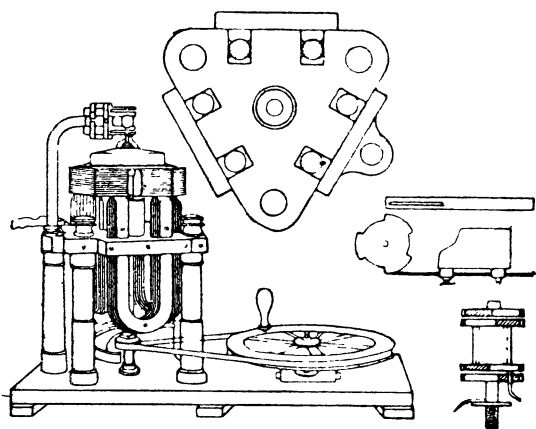
Что же касается усовершенствований в других областях, то принципы, высказанные в этот период, получили применение лишь в 60—70-х годах.

Наиболее мощной лабораторной машиной начала 40-х годов была машина Штерера. Лейпцигский механик Штерер (1813—1890) в 1843 г. построил многополюсную машину. «Для получения магнитоэлектрического тока по возможности большей силы до сих пор пользовались только одним большим магнитом или брали для этой цели один электромагнит. В последнее время, однако, получение сильных магнитоэлектрических токов значительно подвинулось вперед благодаря моему предложению об одновременном действии трех магнитов на шесть индукторов»¹.

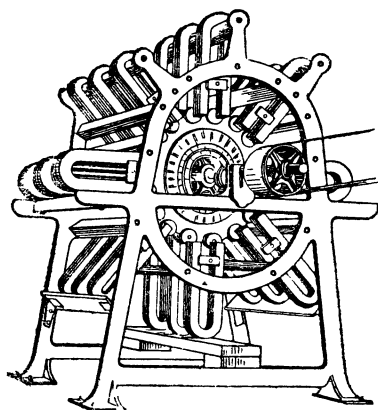
Первый период развития генераторов закончился переходом от описанных лабораторных поисков к машине, получившей практическое применение. Это — машина «Алианс». Ее сконструировал в 1849 г. Нолле. Она была предназначена с самого начала для

¹ Annalen der Physik und Chemie, 1844, LXI, S. 426.

освещения. Поэтому Нолле стремился получить высокое напряжение. Она была усовершенствована Холмсом в 1856 г., и в конце концов Общество «Алианс», по имени которого была названа машина, начало выпускать их для первых осветительных установок¹. Первой из этих установок был маяк близ Гавра, на котором впервые машина «Алианс» снабжала энергией вольтовую дугу в фонаре. После этого машина «Алианс» широко применяется для дуговых фонарей на других маяках Франции, а затем и в других странах. Первоначально эта машина вырабатывала переменный ток. Затем она была снабжена коллектором, а впоследствии снова появились машины переменного тока этого типа.



Фиг. 117. Машина Штерера.



Фиг. 118. Машина «Алианс».

Начиная с машины «Алианс», генераторы перестали быть лабораторными приборами и стали промышленно используемыми машинами. Поэтому усовершенствования этой эпохи известны гораздо больше, чем предложения 40-х годов.

Вторым шагом в развитии генераторов было применение электромагнитов. Впервые они были запатентованы в 1845 г. при усовершенствовании машины Уитстона². В 1851 г. об этом же говорил Синстеден. Но только через двенадцать лет после этого электромагниты были применены в машине, получившей известное распространение. В 1863—1865 гг. Уайльд создает несколько машин переменного тока, где якорь вращается между электромагнитами, которые возбуждаются специальной небольшой машиной с постоянными магнитами.

В патенте 1863 г. Уайльд предусматривает использование магнитоэлектрической машины для подводного телеграфа. В предназначенной для этого машине постоянные магниты были заменены электромагнитами. «Для получения, — пишет Уайльд, —

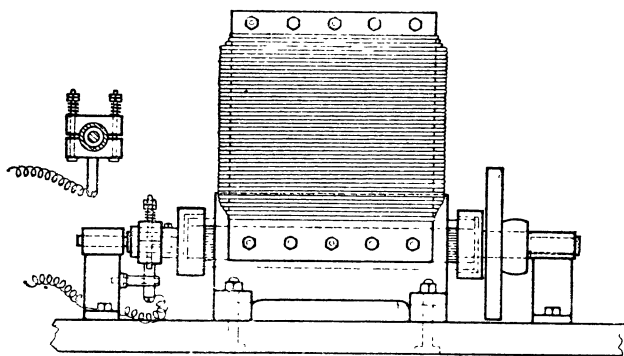
¹ Du Moncel, l. c. I, p. 361.

² Thompson, Dynamo-Electric Machinery, Ch. I.

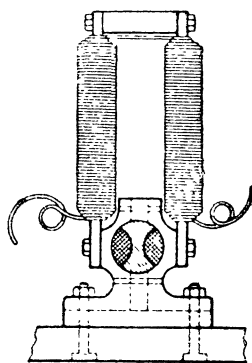
сильных токов, требуемых для передачи депеш на далекое расстояние по неизолированному проводу, я применяю вместо постоянных магнитов электромагниты...»¹. В патенте 1865 г. Уайльд усовершенствовал конструкцию и предназначил ее для нагревания, сгибания и сварки металлов². Еще раньше (в 1863 г.) Уайльд запатентовал применение машины с электромагнитами для освещения.

После этого оставалось лишь полностью откинуть постоянные магниты, покончить с раздельным существованием магнетизма и электричества и в полной мере использовать их единство. Этот шаг в развитии технического применения электромагнитной индукции заключался в применении самовозбуждения.

В 1848 г. Брет предложил усиливать магнетизм, пропуская индуцированный в машине ток по проводнику, навитому на маг-



Фиг. 119. Чертеж машины Уайльда в патенте 1863 г.



Фиг. 120. Машина Уайльда 1863 г. (поперечный разрез).

нит. Таким образом в это время уже была высказана идея самовозбуждения. В 1855 г. этот принцип был осуществлен в машине Хиорта (1801—1870).

Остановимся последовательно на работах этого изобретателя. В 1851 г. Хиорт набрасывает в своей записной книжке схему машины с самовозбуждением³. В 1852 г. он представляет описание и чертежи этой машины. В 1854 г. Хиорт получает патент на «усовершенствованную магнитоэлектрическую батарею», отличительная черта которой, — говорится в патенте, — «заключается в применении одного, двух или нескольких постоянных магнитов *a* из чугуна, соединенных с таким же или большим числом электромагнитов *b*, причем взаимное расположение их таково.

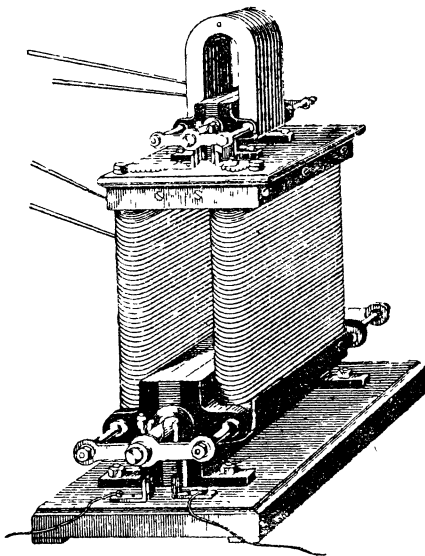
¹ «Динамомашинна», стр. 167—168.

² Там же, стр. 170.

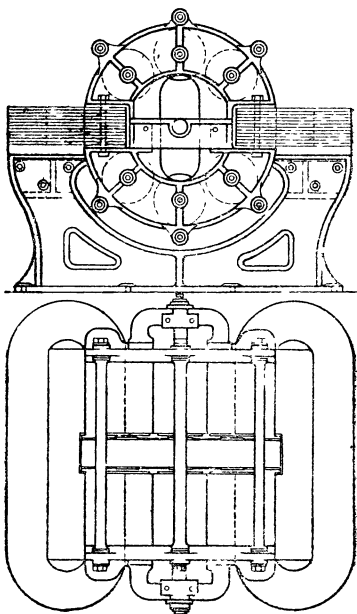
³ Smith Sigurd, Soren Hjorth inventor of the dinamo-electrik prinzip, Kopenhagen, 1912.

чтобы токи, индуцированные в обмотках вращающейся арматуры, могли проходить вокруг электромагнитов»¹.

Мы видим, что для усиления первоначального эффекта здесь наряду с электромагнитами были помещены и постоянные магниты. Но Хиорт считал возможным обойтись и без них, пользуясь остаточным магнетизмом. В 1855 г. был выдан патент на усовершенствованную конструкцию того же типа². Она была им построена.



Фиг. 121. Машина Уайльда.



Фиг. 122. Чертеж машины Хпорта в патенте 1855 г.

Вскоре после этого машины с самовозбуждением снова появляются среди патентных заявок. В 1858 г. Джонсон, английский патентный агент, делая заявку по поручению какого-то иностранного изобретателя, пишет: «Предлагают употреблять электромагнит для получения индуцируемого электричества, которое доставляет целиком или частью электричество, необходимое для поляризации электромагнита — электричество, которое иначе приходилось бы добывать от батарей или других известных источников»³.

К началу 60-х годов принцип самовозбуждения был не только сформулирован, но и применен. Однако это было сделано в машинах, не получивших достаточного распространения и извест-

¹ «Динамомашинa», стр. 134.

² «Динамомашинa», стр. 139—141.

³ Thompson, Ch. I.

ности. Решающее значение экономических предпосылок для реализации технических принципов видно из того факта, что предложения Брета, Хиорта и других не изменили электромашиностроительной техники, так же как этого не сделали предложения Синстедена о применении электромагнитов. Для того чтобы эти принципы могли воплотиться в жизнь, нужно было, чтобы новые конструкции удовлетворяли назревшую производственную необходимость. Эта необходимость проявилась в 60-х годах.

После применения электромагнитов взамен постоянных магнитов самовозбуждение стало очередным назревшим шагом электротехники. Уайльд указывал впоследствии, что идея самовозбуждения была высказана в 1866 г. рядом электротехников в Англии, Германии и Америке под влиянием его работ¹. Он ссылается при этом на Мюррея, который в письме в журнал «Engineer» 20 июля 1866 г. говорит, что идея, неизбежно вытекающая из изобретений Уайльда, настолько очевидна, «что на нее, несомненно, натолкнутся изобретатели в самом ближайшем будущем». Мюррей следующим образом формулирует этот принцип: «В то время как Уайльд исходит из обыкновенной магнитоэлектрической машины и применяет полученный в этой машине ток для возбуждения мощного электромагнита и благодаря действию его получает вторичный ток, более сильный, который, примененный таким же образом, производит еще большее усиление, я, используя одну только машину, пропускаю ток, полученный в якоре машины, через обмотку, окружающую постоянные магниты, в таком направлении, чтобы усилить их магнетизм, что, в свою очередь, действуя на обмотку якоря, усиливает ток, получаемый в ней».

В том же году этот принцип высказывает Фермер². Беккер и братья Варлей. Все это были патенты, модели, но не машины в производстве. Однако в это время идея самовозбуждения была настолько подготовлена всем развитием электротехники, что каждый день можно было ожидать конструкций, которые войдут в производство. В декабре 1866 г. Вернер Сименс (1816—1892) торопится взять патент на эту машину и пишет об этом своему брату: «Как тебе известно, Уайльд взял в Лондоне патент на комбинацию магнитного индуктора моей конструкции с другим, в котором вместо стального магнита имеется электромагнит. Магнитный индуктор намагничивает электромагнит до более высокой степени магнетизма, чем можно получить в стальном магните. Тогда второй индуктор даст ток, превосходящий во много раз ток, который можно получить с помощью стального магнита. Действие должно быть колоссальным, как сообщает журнал Динглера. Однако, очевидно, можно обойтись без магнитного индуктора со стальным магнитом»³.

Затем он говорит о машине, превращающей механическую силу в ток при помощи проволоочной обмотки и мягкого железа, и делает

¹ Phil. Mag., 1873. XIV, p. 439—450, см. «Динамомашинa», стр. 253.

² Там же, стр. 255.

³ C. Matschoss, Werner, Siemens, [Ein Kurzgefasstes Lebensbild nebst einer Auswahl seiner Briefe, Bd. I, S. 259.

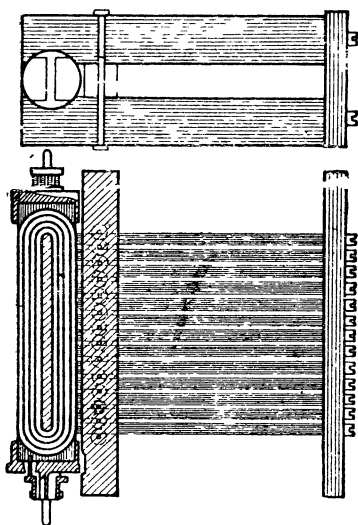
«следующее заключение: «При правильной конструкции эффект должен быть поразительным. Эта идея легко осуществима и может открыть новую эру в области электромагнетизма. Машина будет готова через несколько дней. Сделай и ты изыскания, чтобы Уайльд, который также близко стоит у цели, не опередил нас. Магнитное электричество делается дешевым, станет доступным и применимым для освещения, гальванометаллургии и т. д., и даже малые электромагнитные машины, получающие силу от больших, станут весьма полезными»¹.



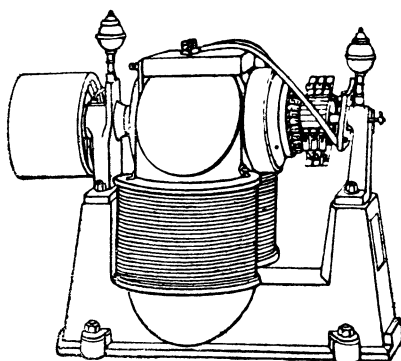
Фиг. 123. Вернер Сименс.

Это письмо очень рельефно обнажает действительные корни открытия. После того как Уайльд, заменив постоянный магнит электромагнитом, пустил в его обмотку ток из другого генератора, следующий шаг должен был отбросить посторонний источник.

В январе Вернер Сименс, изобретатель 2Т-образного якоря (фиг. 124), взял патент на машину с самовозбуждением². В то же время он представил Берлинской Академии доклад о ней. 14 февраля зачитывается доклад Сименса в Королевском об-ве³. В тот же день Уитстон читает аналогичный доклад⁴. Здесь, как на ладони, видно, что, крупнейшее звено исто-



Фиг. 124. Чертеж машины Сименса с 2Т-образным якорем 1857 г.



Фиг. 125. Машина Сименса 1886 г.

рии динамостроения было результатом последовательного ряда открытий и назревших потребностей эпохи. Между тем, именно это

¹ C. Matschoss, Werner Siemens, Ein Kurzgefasstes Lebensbild nebst einer Auswahl seiner Briefe, Bd. I. S. 259.

² «Динамомашин», стр. 180—184.

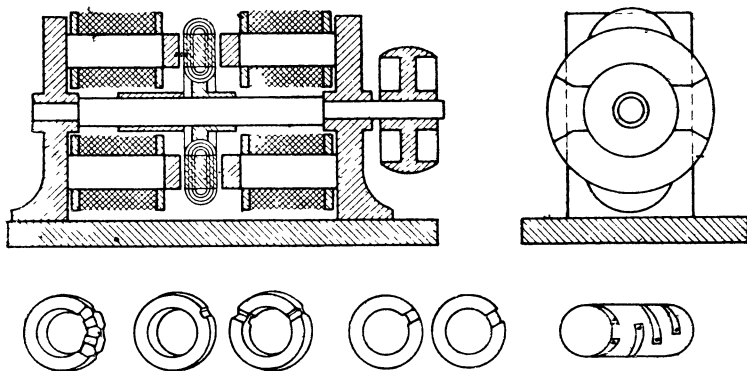
³ Proc. of the Roy. Soc., 1867, XV, p. 367—372.

⁴ Там же, стр. 369—372.

изобретение особенно часто и охотно связывают с личностью изобретателя.

Чтобы покончить с вопросом об открытии самовозбуждения, упомянем об интересной машине Ледда, которая закрепила в своей конструкции связь между предыдущим этапом (применение электромагнитов) и самовозбуждением. Машина Ледда обладала двумя якорями, из которых один пускался первым и отдавал весь свой ток электромагнитам. После того как последние доходили до полной силы, пускали второй якорь, который отдавал ток во внешнюю цепь¹.

В машинах Хиурта и Сименса, так же как и в последующих машинах Грамма, весь ток проходил через обмотку электромагнитов. Как известно, в таких машинах возрастание нагрузки, т. е. уменьшение сопротивления в цепи, увеличивает магнитный поток индуктора. В противоположность этому в машине Уитстона и Ледда было осуществлено параллельное возбуждение. В этой так



Фиг. 126. Чертеж машины Бреша в патенте 1878 г.

называемой шунтовой машине возрастание внешнего сопротивления увеличивает напряжение тока в обмотке электромагнитов. Поэтому комбинация двух обмоток, осуществленная Брешем (1848—1929) в 1878 г.², позволила автоматически регулировать созданную таким образом компаунд-машину.

Машины с электромагнитами сделали электромагнитное поле единственным источником тока. Они поставили электромагнитное поле в центр сильноточной электротехники. Следующий принцип, следующий шаг развития генераторов придал электромагнитному полю еще большую техническую осязаемость. Речь идет о принципе кольцевого якоря. Подобно электромагнитам и самовозбуждению он был изобретен задолго до того, как он стал очередным звеном развития электротехники; а когда это время наступило, он был открыт второй раз.

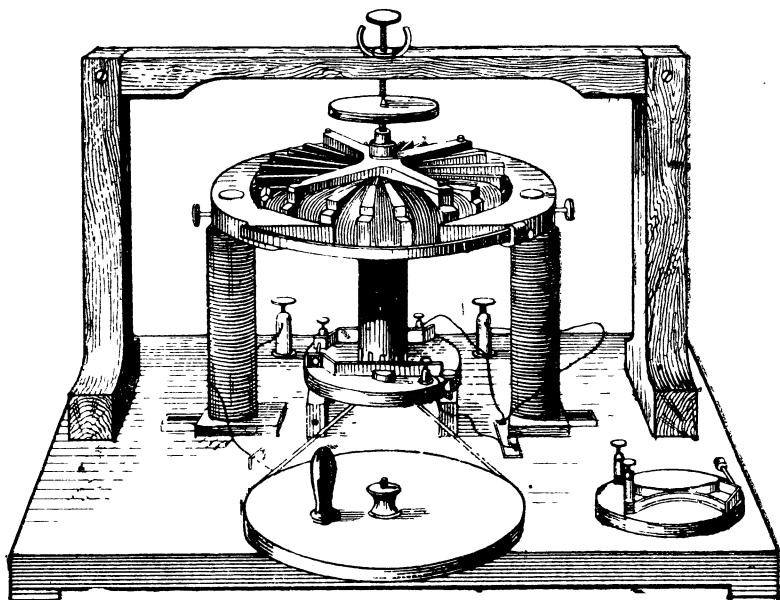
В 1860 г. Пачинотти (1841—1912) построил небольшую машину

¹ Proc. of the Roy. Soc., 1867, XV, p. 404—405.

² «Динамомашин», стр. 270—287.

с кольцевым якорем. Описание этой машины появилось в 1863 г. но впоследствии было забыто. Машина была электромагнитной, т. е. двигателем, но Пачинотти считал, что примененный здесь кольцевой якорь «является подходящим для собирания всех индуктивных токов магнитоэлектрической машины». Кольцевой якорь отличался подвижностью полюсов относительно железа.

«В обыкновенных электромагнитах, даже в случае если к ним пристроен коммутатор, магнитные полюсы находятся всегда в одних и тех же положениях, тогда как в электромагните моей машины соединенные с коммутатором полюсы могут передвигаться в железе, подвергающемся намагничиванию. Железо такого электромагнита имеет форму круглого кольца»¹.



Фиг. 127. Машина Пачинотти.

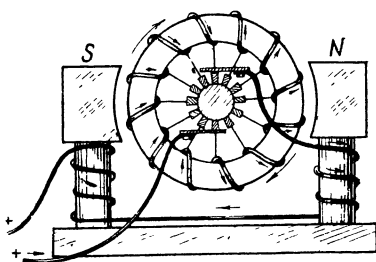
Таким образом принцип кольцевого якоря означал, что электромагнитный полюс мог сохранять неизменное положение при движении якоря. Это изобретение было забыто в то время, когда столяр компании «Алианс» Грамм (1826—1901) независимо пришел к тому же принципу. После применения самовозбуждения потребовался переход от изобретенного Сименсом Т-образного якоря к такому якорю, где бы положение магнитных полюсов не

В первых машинах с самовозбуждением происходило сильное нагревание якоря. Его нельзя было избежать даже тогда, когда якорь делали из тонких листков с изоляцией, не пропускавшей токов Фуко. Причина заключалась в изменении магнитной полярности.

¹ Novo Cimento, 1863, XIX, p. 378.

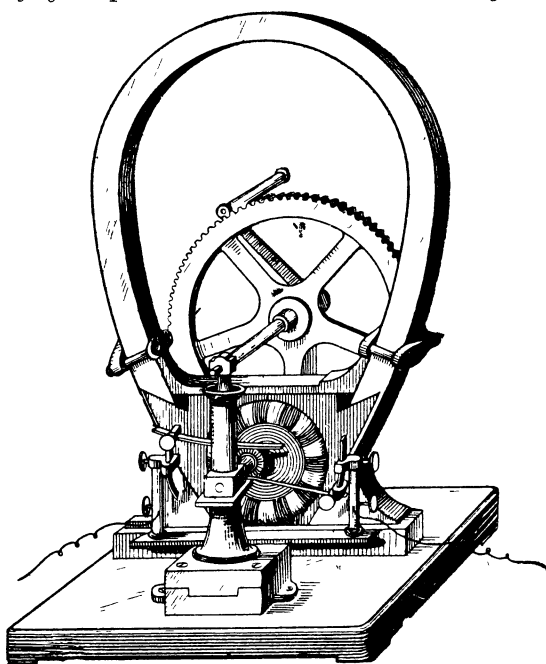
Сименс в своем докладе в Берлинской Академии наук вспоминает о затруднениях, связанных с нагреванием якорей, и указывает на принцип Пачинотти, как на решение вопроса. Он следующим образом излагает этот принцип: «В этом железном кольце получались магнитные полюсы, расположенные против полюсов противоположных знаков неподвижного магнита и сохранявшие свое положение и при вращении кольца. Внешние части обмотки кольца постоянно проходили через оба неподвижные магнитные поля между полюсами магнита и железным кольцом.

При этом в замкнутой на себя обмотке должны были возникать электродвижущие силы противоположных направлений, которые, будучи равной силы, не могли возбуждать никакого тока. Если,



Фиг. 128. Схема машины Грамма.

однако, соединить между собой отдельные витки обмотки или равномерно расположенные по поверхности кольца отдельные части этой обмотки металлическими пластинками и расположить эти пластинки concentrically по оси вращения кольца и пропускать их при вращении под двумя неподвижными контактными пружинами, расположенными друг против друга на равном расстоянии от обоих полюсов магнита, то оба противоположно направленные тока, циркулирующие в обмотках, найдя отвод, соединятся в единый постоянный ток через



Фиг. 129. Лабораторная модель машины Грамма.

проводник, соединяющий пружины»¹.

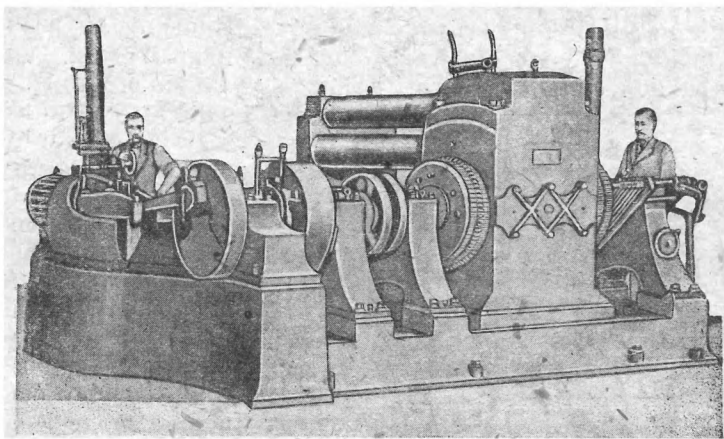
Новые производственно-технические задачи были решены Граммом², который пришел к идее кольцевого якоря и осуществил

¹ Monatsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1880, S. 949—961.

² „Динамомашинa“, стр. 231.

эту идею в машине, получившей неслыханное до того времени распространение. Эта машина была первым широко распространенным генератором. Ее преимущества перед машиной «Алианс» были общепризнаны: «места занимает в четыре раза меньше, света дает вдвое больше и стоит вдвое дешевле», — по признанию нашего «Инженерного журнала». В 1876—1877 гг. были проведены испытания машин Грамма и «Алианс». Оказалось, что последняя давала всего 543 свечи на 1 л. с., а машина Грамма — 1 257¹. К 1875 г. работало около тысячи машин Грамма. Эта машина послужила исходной точкой дальнейших усовершенствований. В 1873 г. Гефнер Альтенек перешел к барабанному якору.

Другие работы этого периода также варьировали тип обмотки применительно к свойствам магнитного поля. Нужно упомянуть о работах, которые остались вне главного фарватера открытий.



Фиг. 130. Машина Эдисона.

Это машины с колебательным движением вместо вращательного² — Дюжардена (1856)³, Сименса (1859), Уайльда (1861) и Эдисона (1873). Эдисон перешел от такой машины к конструктивно улучшенной машине Грамма³. Дальнейшие улучшения состояли в концентрации магнитного потока (Гопкинсон)⁴ и переходе к многополюсным машинам.

Остановимся на конструктивной форме индукторных остовов. После того как определился принцип работы динамомашин (коммутация, электромагниты, самовозбуждение, кольцевой якорь), эта сторона дела выдвинулась на первый план.

С. Томпсон приводит схематические изображения ряда индукторных остовов (1 — Уайльда, 3 — Грамма, 4 — Бреша,

¹ O'Dea, *Electric Power*, p. I, London, 1933, p. 9.

² Thompson, Ch. I.

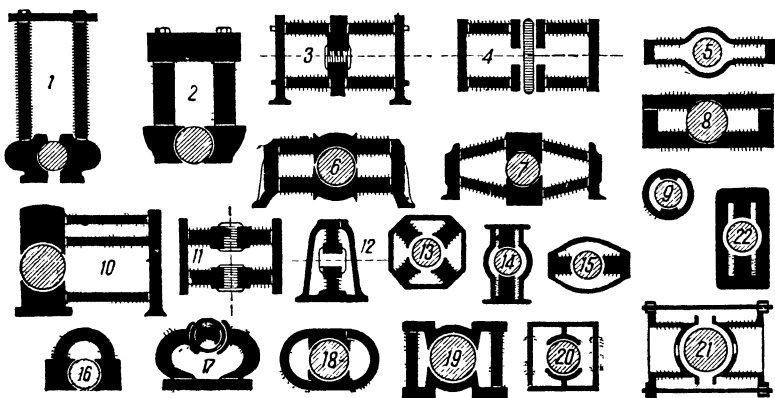
³ Там же.

⁴ Phil. Trans., 1887, CLXXVII, p. 331—358.

5 — Сименса, 19 — Гопкинсона)¹. Первые конструктора интуитивно, а последующие сознательно на основе теорий, завершившихся работами Гопкинсонов, придают остовам машин форму, обеспечивающую наибольшую концентрацию магнитного потока. В результате машина Гопкинсона обладала к. п. д. 0,93, против 0,88 в машине Сименса².

Вся изложенная история генераторов была связана с применением электричества для освещения городов. Следующая эпоха — это применение электричества для передачи механической работы. Предпосылкой такой передачи является развитие наряду с генераторами электрических двигателей.

Универсальная связь между механической энергией и электричеством была дана гениальным открытием Фарадея — электромагнитной индукцией. Применение этого открытия заключалось



Фиг. 131. Индукторные остовы.

в двухсторонней связи: превращении механической работы в электричество и обратном превращении электричества в механическую работу. И то, и другое производится одной машиной, которая и явилась орудием технической революции, произведенной электричеством. Недавно исполнилось сто лет со времени изобретения одной из первых конструкций этого рода — двигателя Якоби. Предшествующие машины образуют предисторию электродвигателя. На ее страницах переплетаются важнейшие историко-технические проблемы. В первых электромоторах развитие двигателей, борьба за к. п. д., конституирование руководящих принципов энергетической техники, экспериментальная проверка и техническое применение закона сохранения энергии, т. е. основная линия развития энергетической техники пересеклась, наконец, с электричеством. Впоследствии это стало величайшим переломом для энергетики. Ее высший физический принцип — единство и сохранение энергии — перестал фигурировать

¹ Thompson, Ch. VIII.

² O'Dea, p. I, p. 10.

только в своей отрицательной и количественной форме. Опираясь на электричество, энергетическая техника в конце концов пошла по линии качественной стороны этого принципа, по линии возрастающей гибкости и универсальности энергетических переходов.

В свою очередь электричество при этом вошло в энергохозяйство. До тех пор оно применялось для передачи сигналов и вообще для тех процессов, где трансформация энергии была сопутствующим моментом, но не производственной задачей, где такие критерии, как к. п. д., были несущественными, а принцип сохранения энергии не был технически и производственно осязаемым.

В гальванопластике, как и вообще в электрохимии, производственно-технической задачей является качественное превращение вещества, которое хоть и связано с энергетическими трансформациями, но несводимо к ним. Поэтому электричество, возникающее из химической энергии и снова в нее превращающееся, еще не становится элементом энергетики. Когда электричество, полученное из гальванической батареи, применяется для двигателя, т. е. превращается в механическое движение, то это, конечно, энергетическая техника, которая пересеклась с электричеством и стала электроэнергетической техникой. Именно такая схема осуществлялась в первых электродвигателях. Но при этом энергетическая техника еще не совершает скачка, о котором мы говорили выше. Электричество применяется не для передачи механической энергии, а как один из способов получения механического движения из химической энергии. Поэтому здесь электричество не сочетается с теплотехникой, а противостоит ей как другой способ получения механической энергии. Впоследствии, когда двигатели стали приводиться в движение током динамо, электричество стало универсальным и гибким посредствующим звеном для передачи механической энергии на расстоянии. Это и было новым шагом энергетической техники.

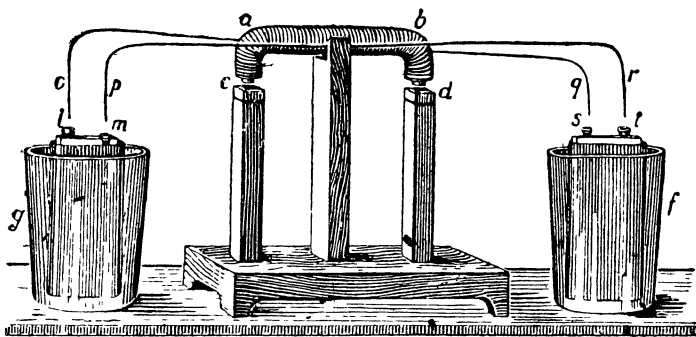
Сейчас мы остановимся на первом этапе электроэнергетической техники, т. е. на двигателях, приводимых в движение током гальванических батарей. Этот этап в свою очередь включает две группы: 1) двигатели с поступательно-возвратным движением, основанные на открытиях Араго и Ампера, и 2) роторные двигатели, основанные на открытии Фарадея. Рассмотрим эти группы последовательно.

Электромагнитные машины первой группы напоминали своей формой паровую машину. Двигатели, таившие грядущий приговор паровой машине, были конструктивным слепком ее. Давление пара заменялось электромагнитным притяжением и отталкиванием. В 1831 г. Генри построил машину, где периодически возникавшее притяжение качало металлическое коромысло. Генри пишет «о возвратно-поступательном движении, производимом магнитным притяжением и отталкиванием». Он следующим образом формулирует принцип своего двигателя:¹

¹ American Journal of Science, 1831, v. XX, p. 340, 343; Scientific writings of Joseph Henry, VI, p. 54—57. См. „Электродвигатель в его историческом развитии“, Документы и материалы, под ред. В. Ф. Миткевича, Л., 1936 г.

«Для получения непрерывного колебательного движения горизонтального магнита достаточно попеременно менять полярность его, притом таким образом, чтобы перемена полярности происходила автоматически благодаря самому колебанию магнита. Осуществить это нетрудно, если вместо постоянного стального магнита взять гальванический магнит из мягкого железа. Перемена полярности гальванического магнита может быть осуществлена следующим образом: к концам провода, обмотанного вокруг магнита, припаивают два малых гальванических элемента, которые при качании магнита попеременно погружаются в сосуды с разбавленной кислотой...».

Одновременно Генри описывает другой способ — попеременное погружение концов обмотки магнита в чашечку со ртутью — способ, который широко применялся в электротехнике 30-х годов.

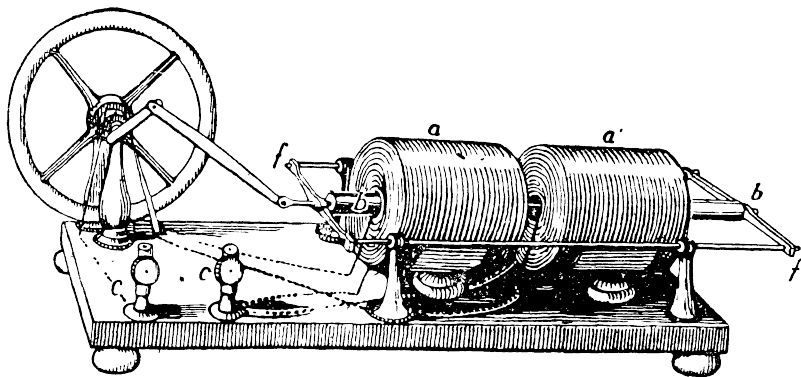


Фиг. 132. Электромагнитная машина Генри.

В двигателе, сконструированном в том же году Даль Негро, между полюсами магнита качался стальной якорь. Описание прибора, сделанное самим изобретателем, очень ярко показывает непосредственную связь этой конструкции с открытием Араго и лабораторный характер модели. «Когда ум мой, — пишет Даль Негро, — был полон мыслями об этом изумительном свойстве электромагнетизма, мне пришлось в голову заставить магнитный стержень качаться между полюсами временного магнита, и вскоре я обогатил физику новым прибором, который даст возможность с величайшей легкостью видеть: 1) как мягкое железо быстро намагничивается электромагнитными токами; 2) каким образом эта магнитная сила в один миг исчезает, покидая железо, и снова появляется таким образом, что притягивающий полюс становится отталкивающим и наоборот; 3) как временные магниты при намагничивании производят живейшие электрические искры; 4) наконец, как можно при помощи магнитных притяжений и отталкиваний одного или нескольких временных магнитов, в связи

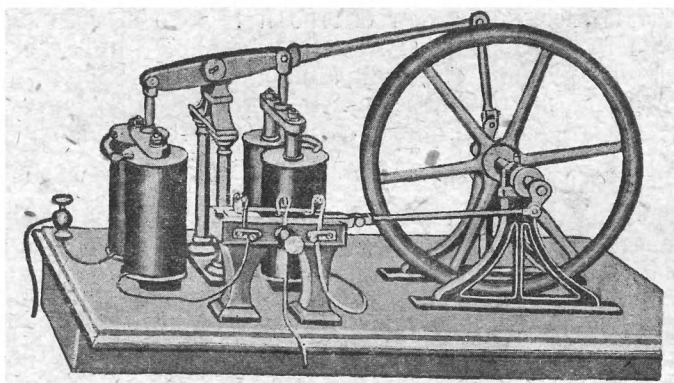
ника с маховиком, шатуном, кривошипом, коромыслом и эксцентриками. Вместо цилиндров — пустотелые катушки, вместо поршней — сердечники и, наконец, вместо золотника — коммутатор, меняющий направление тока в катушках¹.

Нетрудно обнаружить исторические корни идеи, воплотившейся в машинах Даль Негро—Педжа—Бурбуза. Здесь электрическая



Фиг. 135. Двигатель Педжа.

техника получает конструктивные образцы из смежных отраслей. Принцип машины основан на открытиях Эрстеда, Араго и Ампера.



Фиг. 136. Двигатель Бурбуза.

Это — принцип, найденный теорией электричества еще в ту эпоху, когда она опиралась на техническое использование более простых форм движения. Ясно видна связь этих машин с телеграфом. В сущности здесь якорь телеграфного аппарата соединен с колесом через заимствованный у паровой машины механизм, превращаю-

¹ Martin and Wetzler, *The Electric Motor and its Applications*, III ed., 1891, Thompson, p. 535.

щий прямолинейное движение во вращательное. Иными словами, конструкции этого типа не выходят за рамки той эпохи, когда применение электричества было ограничено областью связи. Они не начинают собой истории технически применимых электрических двигателей.

Другая линия в развитии двигателей начинается знаменитым вращающимся диском Фарадея. В «Exp. Res.»¹ Фарадей подробно разбирает теорию электромагнитного вращения. В конце 1822 г. он публикует описание прибора, который демонстрирует относительное вращение проводника и магнита.

Вскоре после этого Барлоу приводит целый ряд модификации этого опыта. В разделе III его книги имеется целый ряд таких опытов. Из них шестой опыт носит название «вращение магнита вокруг гальванического тока», седьмой — «вращение гальванической проволоки вокруг магнита», восьмой показывает два предыдущие вращения при помощи аппарата Фарадея, девятый — «вращение магнита вокруг своей оси под влиянием гальванического тока», десятый — «вращение гальванического проводника вокруг своей оси под влиянием магнита», четырнадцатый — «вращение колеса при помощи подковообразного магнита», пятнадцатый — «вращение двойного колеса на оси действием двух подковообразных магнитов»².

Следующим нужно упомянуть двигатель Риччи. «Если над вращающимся магнитом, — описывает его Риччи, — расположить подковообразный магнит... и пустить ток в обмотки временного магнита, то последний начнет быстро и сильно вращаться...»³.

В том же году Стержен (1783—1850) демонстрирует в Лондоне на публичной лекции сходный аппарат⁴. В 1838 г. двигатели подобного типа, построенные в Америке Давенпортом, уже применялись им для сверлильных станков изготовлявшей их мастерской⁵.

Двигатель Якоби отличается от предыдущих моделей. Он отразил в своей конструкции новые технические тенденции. Мы уже говорили, что Якоби принадлежал к тому типу ученых, которые не замыкаясь в свою область, живо откликаются на все важнейшие научные и технические вопросы своего времени. Причина, благодаря которой именно Якоби оказался творцом первого применимого электродвигателя, заключается в широте научных и технических интересов Якоби, которая помогла ему ухватить наиболее общие и передовые тенденции эпохи.

Двигатель Якоби был ротационным двигателем без прямолинейно движущихся частей. Если двигатели Генри, Даль Негро, Пэджа и Бурбуза напоминали паровую машину, то двигатель Якоби соответствовал турбине. Он состоял из двух систем электро-

¹ Vol. II, p. 127—158.

² An Essay on magnetic Attractions by Peter Barlow, 1824, p. 256—299, „Электродвигатель“, стр. 37—80.

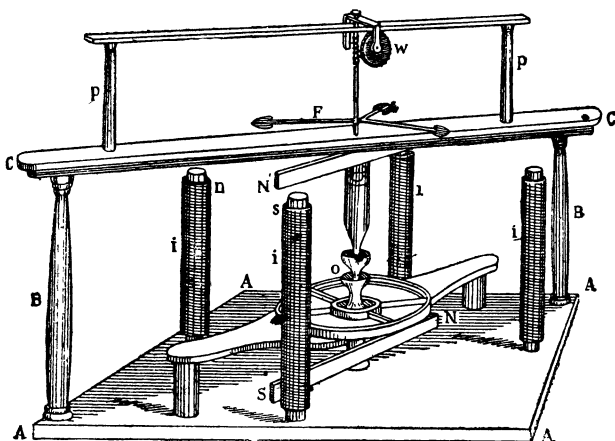
³ Phil. Trans., 1833, I, p. 316—320, „Электродвигатель“, стр. 87—93.

⁴ Ann. of Electricity, 1836, vol. I, p. 75—78.

⁵ Там же, vol. II, 1838, p. 284—286.

магнитов, из которых одна была неподвижной, а другая вращалась. Ток доставлялся гальванической батареей.

Через несколько лет после изобретения двигателя Якоби уста-

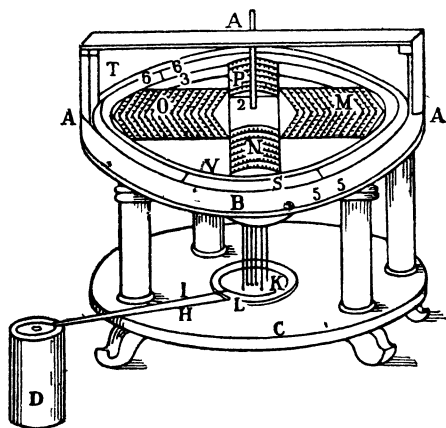


Фиг. 137. Двигатель Стержена.

новил его на шлюпке. Там же были помещены 320 цинково-медных элементов, а впоследствии 64 элемента Грове. В 1839 г. шлюпка Якоби с мотором в 1 л. с. плавала с 14 пассажирами по Неве.

Приведем описание модели двигателя, сделанное Якоби в 1834 г.¹:

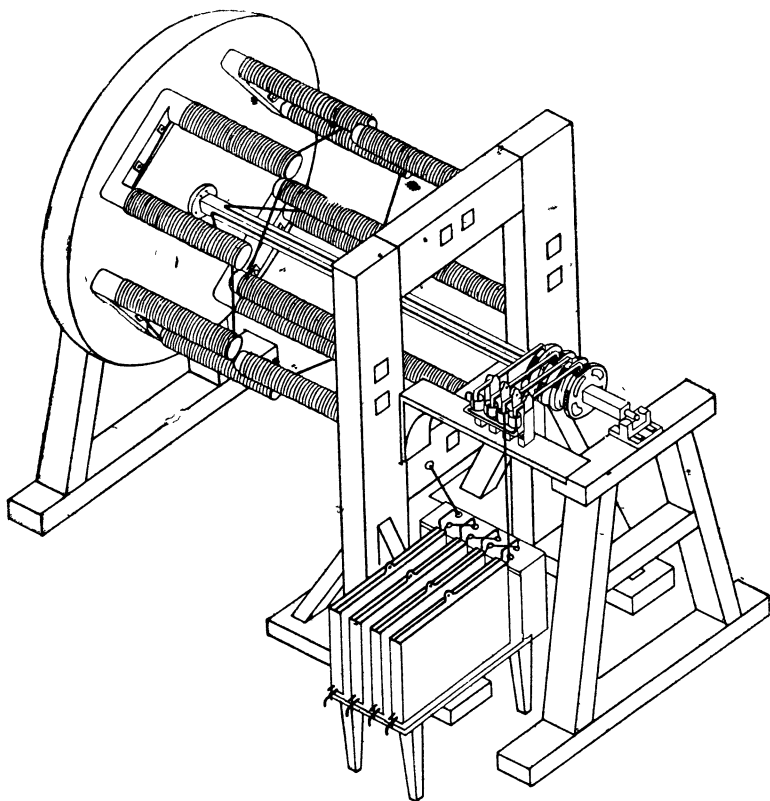
«Аппарат состоит из двух групп по восемь стержней мягкого железа длиной по 7 дюймов и толщиной в 1 дюйм. Обе группы стержней располагаются на двух дисках под прямым к ним углом и симметрично одна по отношению к другой таким образом, чтобы полюсы приходились один против другого. Один из дисков неподвижен, а другой вращается вокруг некоторой оси, благодаря чему группа подвижных стержней проходит мимо группы неподвижных на возможно более близком расстоянии от них. Все 16 стержней обмотаны 320 футами медной проволоки толщиной в одну с четвертью линии; концы обмоток соединяются с полю-



Фиг. 138. Двигатель Даниеллпорта.

¹ L'Institut, Journal général des sociétés et travaux scientifiques, 1834, vol. II, p. 394—395, „Электродвигатель“, стр. 111, 113—114.

сами гальванической батареи. Масса вращающейся со скоростью 6 футов в секунду части машины доходит до 50 фунтов, что дает весьма значительную живую силу. Полезная работа этого аппарата, измеренная прибором, аналогичным тормозу Прони, эквивалентна работе поднятия груза в 10—12 фунтов на высоту в один фут в секунду. Успешная работа этой машины обусловлена удачной конструкцией жиротропа или коммутатора, осуществляющего перемену полюсов восемь раз за один оборот... Механизм мотора



Фиг. 139. Двигатель Якоби.

очень несложен, по сравнению с паровой машиной, — нет ни цилиндра, ни поршня, ни клапанов... нет также трения, благодаря которому теряется больше половины производимой работы; в этой машине потерю составляет только трение в подшипниках. Далее машина эта дает непосредственное постоянное круговое движение, которое гораздо легче преобразовывать в другие виды движения, чем возвратно-поступательное...».

Это был первый практически применимый тип электродвигателя. Его особенности — непрерывность движения и отсутствие прямолинейно движущихся частей, возможность достижения любых мощностей — допускали техническое применение двигателя.

Он не получил такого применения, так как появился в эпоху господства пара, в эпоху, когда уровень концентрации и централизации производства еще мирился с существованием децентрализованных паровых установок в каждом пункте, где требовалась механическая энергия. Только через пятьдесят лет началось продолжительное развитие электрического двигателя в производстве; история реконструкции силового аппарата промышленности на базе электрического привода. Но в недрах старой техники к этому времени созрела приемлемая конструкция, и этот процесс начинается двигателем Якоби.

Важной особенностью машины Якоби было то, что она осуществила обратимый цикл.

Машина могла работать как динамо, если бы ее привели в движение, затратив механическую энергию.

Мы уже неоднократно указывали, что обратимость была главным звеном в превращении электротехники в энергетическую технику, в становлении электроэнергетики. Когда электромотор стал приводиться в движение конструктивно-тождественной машиной, энергетический характер процесса и его подчинение общеэнергетическому принципу сохранения энергии стали совершенно явными. Но двигатель Якоби, несмотря на то, что он мог работать как динамо, на самом деле приводился в движение гальванической батареей.

Между тем гальванотехника, исторически связанная с контактной теорией, была основой для специфических иллюзий в области электромеханики.

Эти иллюзии выражались даже в поисках электрического «*perpetuum mobile*».

Сам Якоби, несмотря на то, что он высказывал идею обратимости, разделял некоторые иллюзии, свойственные эпохе. Продолжая описание, которое мы приводили выше, Якоби говорит о принципиальном отличии электромагнитного двигателя от других: «Новый двигатель не подчинен имевшему до сего времени силу закону пропорциональности между эффектом и затратами». Это — результат того, что «электромагнитное возбуждение происходит мгновенно и взаимодействие магнитных элементов подчинено формуле, не включающей ни времени, ни скорости». Из этой физической особенности электромагнитного двигателя Якоби выводит его экономическую характеристику: «В электрической машине скорость не стоит денег». Именно эта сторона дела заставляла предпринимателей и правительство форсировать опыты и проверку новых электромагнитных машин.

Именно с этой стороны интересны работы различных комиссий, например, комиссии адмирала Крузенштерна, проверявшей машину Якоби.

Приведем выдержки из донесения этой комиссии министру народного просвещения Уварову от 26 ноября 1838 г. (№ 85). Здесь ясно высказана связь крушения первоначальных иллюзий с созданием энергетической теории электрических машин.

«... Комиссия поставляет себе в удовольствие засвидетельство-

вать, что исследования их (Якоби и Ленца) более и существеннее послужили к объяснению количественных отношений электромагнетизма, нежели другие какие-либо опыты новейшего времени».

«Якоби признал, что открытием этих законов (законов действия электромагнитных машин — Б. К.) он обязан преимущественно опытам над различными электромагнитными машинами, которые по действию своему не оправдали возложенных на них надежд. Между тем, устройство этих машин было основано на законах статических действий электромагнитов, законах, которые были выведены из многочисленных наблюдений, произведенных им, Якоби, совместно с академиком Ленцем, а они однакож оказались недостаточными, как скоро дело доходило до движения этих машин и до механического производства»¹.

Кроме указанных иллюзий для таких стран, как Германия, замена пара электричеством открывала перспективу, правда, призрачную, нейтрализации тех преимуществ Англии, которые основаны на угольных ресурсах последней. Интересная иллюстрация — дело Вагнера.

Документы, посвященные этому делу, открываются докладом самого Вагнера, вице-директора Франкфуртского союза промышленников, в котором содержится следующая апелляция к непосредственным интересам германских промышленников:

«Против преимущества, основанного на прямом использовании тепла, Германия не может бороться, пока в ее распоряжении имеются значительно меньшие ресурсы тепла, и она не может иметь это тепло так дешево, как Англия, и чем больше будет увеличиваться расход тепла, благодаря увеличению количества работающих паровых машин, тем меньше шансов у Германии когда-нибудь победить в этом отношении Англию. Однако, преимуществу Англии в применении тепла в виде пара для получения движущей энергии может быть противопоставлено применение электромагнетизма в качестве движущей силы, что может не только уравновесить это преимущество, но даже и превзойти его, ибо то, что нужно для получения новой силы, имеется в Германии в достаточном количестве: в одной Пруссии за год добывается больше цинка, чем в Англии за пять лет»².

В этом отрывке характерно все. Во-первых, мы еще раз убеждаемся, какое громадное значение имела неравномерность капиталистического развития для техники. Страны, вынужденные играть второстепенную роль, ищут новых путей подобно тому, как конкистадоры, отброшенные от основных торговых путей, искали в XV в. новый морской путь в Индию. Англия шла во главе капиталистического развития, и германская промышленность деятельно искала окольных дорог, для того чтобы обогнать ее. Электротехника могла создать иллюзию подобной возможности. Мы видим, что на данном этапе, когда источником электричества попрежнему

¹ Электромагнитный бот Б. С. Якоби (1837—1842), Записки императорского русского технического общества, стр. 22, СПб, 1903.

² Politechnisches Journal, 1841, Bd. XXX, S. 372—377, „Электродвигатель“, стр. 389—394.

являлась химическая энергия, электричество выступает, не сочетаясь с теплотехникой, а конкурируя с ней в качестве нового пути превращения химической энергии в механическое движение. Поэтому предложение Вагнера встретило единодушную поддержку руководящих кругов буржуазной Германии. В протоколе Союзного Совета германских государств от 25 февраля 1841 г. мы снова встречаемся с делом Вагнера. Мы узнаем, что «по просьбе изобретателя ссудат свободного города Франкфурта, в вознаграждение его полезных усилий и во славу практической науки, выдал ему привилегию сроком на 15 лет на изготовление электромагнитных машин»¹. Мы читаем дальше объяснения самого Вагнера, которые показывают, как далеко была электротехника от тех общенергетических принципов, которые для теплотехников были в то время азбучными. Вагнер заявляет, что изобретенный им способ конструкции электромагнитных машин «основан на законах электромагнетизма, согласно которым сила машины пропорциональна квадрату ее размеров, т. е. один и тот же расход цинка в магните в 10 раз больше — даст в сто раз большую силу». Уже из этой формулировки видно, в каком направлении шли реакционные иллюзии в электротехнике, тащившие ее вспять от закона сохранения энергии.

Эти иллюзии шли по линии реальных запросов германской промышленной буржуазии, что обеспечило изобретению Вагнера радужный прием. В своем решении Комиссия союзного совета «считает своим долгом отметить, что содействие развитию немецкого исследовательского духа является делом немецкой национальной чести и что в случае успеха машины необходимо, чтобы наша родина могла бы первая и полностью использовать все ее преимущества»...

В результате в 1891 г. появилась брошюра Вагнера, само заглавие которой характерно для этого времени. Брошюра носит название: «Пар, замененный новой, в десять раз более дешевой силой (45 л. с. = 2 талерам в сутки) и притом совершенно безопасной, блестяще оправдавшей себя для приведения в движение локомотивов, кораблей и т. д., могущей заменить любую другую силу». Оказалось, что помещенное в брошюре изображение — широко известная в то время машина Якоби. Сведения о движении локомотивов, кораблей и т. д. вымышлены, и вообще, как указывает рецензия на эту брошюру, «из всего, что находится на заглавном листе, правильно только место печатания брошюры, тираж и год издания»...².

Великое открытие, положившее конец реакционным иллюзиям и мечтам о вечном двигателе и даровой энергии, открытие, включившее электротехнику в рамки энергетической техники, заключалось в установлении обратимости работы электромагнитных ма-

¹ Protokolle der Deutschen Bundesversammlung vom Jahre 1841, S. 92—97, „Электродвигатель“, стр. 397 (404).

² Kunst- und Gewerbeblatt, Bd. XIX, 1841, S. 399—400, „Электродвигатель“, стр. 450—451.

шин. Первым применением обратимости и первым применением электродвигателей был городской транспорт. Электрический трамвай был третьей после телеграфа и освещения сферой электротехники. Здесь, как и там, электричество было применено в области, которая в условиях капитализма обгоняет промышленную технику по уровню энергетической централизации. Электрическая тяга ограничивалась городским сообщением. Поэтому здесь был применен принцип обратимости электромагнитного цикла, но до высшей ступени — передачи энергии посредством электричества на большие расстояния — трамвай электротехнику не довел.

Тождество генератора и двигателя было широко известно в 50-х годах. Впервые оно было открыто известным русским ученым Ленцем¹. Об этом знал Якоби уже в 1850 г. А в 1854 г. Дэвис в четвертом бостонском издании «Электромагнетизма» помещает одно и то же изображение сначала в качестве мотора (стр. 212), а затем в качестве генератора (стр. 268) и пишет: «Электромагнитный прибор, где движение создается взаимодействием гальванического тока и стального магнита, может доставить магнитоэлектрический ток, если его привести в действие механически». Об этом писали также Пачинотти² и Уэллен³ в 60-х годах.

В 1873 г. была осуществлена первая установка, демонстрировавшая обратимость машин.

«1 мая 1873 г., — пишет Фонтен, — была торжественно открыта Венская всемирная выставка. Только машинный отдел не был еще вполне закончен. Я был занят приведением в порядок некоторых аппаратов, впервые появившихся на выставке. В числе их была прежде всего динамомашинa Грамма, приводимая в действие газомотором Ленуара и предназначавшаяся для посеребрения медальей и других предметов. Затем я предполагал другую магнитоэлектрическую машину Грамма приводить в действие посредством батареи или аккумулятора Планте, для того чтобы показать обратимость этих машин. Эта машина (Грамм) должна была приводить в действие при помощи переменного тока центробежный насос, поднимавший воду в большой резервуар, откуда она должна была падать каскадом» («Les transmissions électriques»).

Таким образом первоначально Фонтен не предполагал соединить обе машины между собой. Это дало повод для легенды о случайном открытии обратимости. В действительности Фонтен сам устроил передачу в 1 км между первой и второй машинами Грамма. В этом опыте потенциально заключено все значение электричества для энергетики механического производства.

Французские электрики, которые больше чем кто-либо работали в этой области, осуществили в 70-х годах еще несколько установок, где механическое движение трансформировалось в электричество, с тем чтобы затем снова превратиться в механическую

¹ См. «Электродвигатель», стр. 94—109.

² Н. Novo Cimento, 1863, XIX, p. 384.

³ Brit. Pat. Sp., 1860, 2587.

работу. Подчеркнем, что речь не идет о передачах на большое расстояние.

В 70-х годах двухсторонняя трансформация электричества и механической работы имела своей целью электрификацию мастерских от источников энергии, расположенных тут же у самого предприятия или на расстоянии в сотни метров. Такова была передача, соединившая в 1876 г. две машины Грамма в артиллерийских мастерских С. Тома (60 м), передача в мастерские Val d'Osne в Париже и др.¹ Все эти электродвигатели питавшиеся током динамо, связывают между собой электромеханику середины века (моторы, получающие ток от гальванических батарей) и позднейшие высоковольтные передачи постоянного тока (80-х годов).

В осуществлении этих передач — заслуга Марселя Депре (1843—1918). Он ввел недостающее звено — высокое напряжение — и является поэтому основателем современной высоковольтной техники. В 70-х годах существовало убеждение, что потери, пропорциональные расстоянию, ограничивают передачу небольшим пространством. Депре сделал доклад на Первом электротехническом конгрессе в Париже, где на основании ряда теоретических исследований приходит к мысли о передаче механической работы через генератор, длинную линию и мотор².

В своем докладе Депре следующим образом формулирует общий итог своих исследований:

«Некоторые лица не могут удержаться от того, чтобы с первого взгляда не считать странным тот факт, что отдача не зависит от расстояния; им кажется, что возбуждение тепла в линии передачи должно увеличиваться вместе с расстоянием и являться причиной потерь, возрастающих вместе с ним. Это заблуждение объясняется тем, что потерю на метр рассматривают, как величину постоянную, не обращая внимания на то, что потеря зависит от силы тока, каковая сила сама является функцией расстояния. Предыдущие формулы ясно показывают, как происходят явления; они показывают, что работы остаются постоянными, а потери на единицу длины уменьшаются вместе с силой тока»

Затем Депре излагает окончательные выводы:

«Нет надобности продолжать рассуждения и ожидать специальных работ, чтобы формулировать законы передачи механической энергии; они уже ясны à priori и формулируются так: положительная механическая работа, представляющая собой всю затраченную работу, выражается Ej , для данной силы тока она пропорциональна E . Отрицательная механическая работа, представляющая возвращенную работу, выражается ej ; для данной силы тока она пропорциональна e . Экономическая отдача выражается отношением отрицательной электродвижущей силы к положительной электродвижущей силе. Полезная механическая работа и эконо-

¹ См. А. А. Чернышев, История передачи электрической энергии. Архив истории науки и техники, IV, стр. 270—271.

² Congrès international des électriciens. Comptes rendus, Paris, 1882, p. 83—104.

номическая отдача остаются постоянными, какова бы ни была дальность передачи, если положительная и отрицательная электродвижущие силы меняются пропорционально корню квадратному из сопротивления цепи».

Теория Дебре была обобщением всех теоретических и практических работ 70—80-х годов в области электромеханики. Обобщающий характер теории позволил изложить ее в строго математической форме и, таким образом, дать исчерпывающее теоретическое доказательство возможности передачи работы электричеством. Это в свою очередь создавало полную уверенность в практической осуществимости.

«Я не стараюсь скрыть от себя, — пишет Дебре в цитированной статье, — различного рода препятствий, которые необходимо представляются и которые не могут быть предвидены, но я знаю, что затруднения этого рода, несомненно, будут побеждены, как только будут твердо установлены основные принципы. Геометрическая строгость вышеизложенных доказательств позволяет быть уверенным, что основания, на которых утверждена изложенная система, отличаются математической достоверностью; опыты в непродолжительном времени дадут и фактическое подтверждение ее».

Дебре приводит количественный расчет возможной передачи: «Мы видим, таким образом, что вполне возможно, посредством двух машин типа С, передать работу в 10 л. с. на расстояние 50 км с помощью обыкновенной телеграфной проволоки, причем работа, потребляемая передающей машиной, равняется, приблизительно, 16 силам».

Через два года после этого Дебре пишет о новом этапе электротехники:

«До сего времени продолжают рассматривать электричество с точки зрения телеграфий, иначе говоря, как предназначенное исключительно к производству точных, но весьма слабых механических эффектов. Всякий, кто глубже изучил электричество, знает, что область применения последнего бесконечно более обширна. Международная электрическая выставка убедила в этом даже тех, кто далек от науки. Из совокупности выставленных приборов явствует, что электричество способно к выполнению механических действий любой силы и к передаче их на расстояние. Это новое использование электричества может привести к непредвиденным по своей важности последствиям»¹.

В 1882 г. Оскар фон-Миллер предложил Дебре устроить передачу на Мюнхенской выставке. Передача была осуществлена. Миллер следующим образом описывает ее: (см. фиг. 141 стр. 210)

«На угольном руднике в Мисбахе была установлена небольшая паровая машина, вращавшая динамо мощностью в 3 л. с. с обмоткой, изолированной шелком, дававшая напряжение в 1 500—2 000 в. Ток передавался по двум обычным телеграфным проводам на расстояние в 57 км в помещение выставки в Мюнхене. Там

¹ Lum. électrique, 1884, XI, p. 7.

стоял мотор того же типа, что и динамо, накачивавший воду центробежным насосом. Вода образовывала искусственный водопад в 2 м высотой. Первый пуск был сделан в 11 час. ночи, когда посетители уже разошлись, чтобы в случае неудачи не было лишнего шума. Я подавал знак, и мотор был пущен. Когда заработал центробежный насос и зашумел водопад, все присутствовавшие были охвачены таким восторгом, который сейчас нельзя себе представить».

Однако ближайшие дни принесли разочарования. Передача обладала очень низким к. п. д. — 22% и работала с перебоями — стояла 8 дней из 12.

Лучше работала построенная Дебре передача между водопадом Визиль и Греноблем (14 км). Журнал «The Electrician» пишет о ней: (1883, Sept., p. 411):

«Нами получено следующее сообщение от парижского корреспондента газеты «The Times»: «На вечернем собрании (10 сентября 1883 г.) секретарь Академии наук Бертраи прочел письмо, полученное от капитана Буланже, председателя специальной комиссии, уполномоченной муниципалитетом гор. Гренобля для наблюдения за опытами, организованными известным Марселем Дебре по утилизации энергии водопада в окрестностях Гренобля для передачи силы при помощи электричества. Несмотря на нелишние пристрастия возражения теоретического характера, сделанные после испытания этого изобретения на станции северной железной дороги, о которых Вам уже сообщалось, Марсель Дебре отстаивал свою правоту, и результаты, о которых была извещена Академия наук, вполне подтвердили его точку зрения. В Гренобле было получено 7 л. с., составляющих 62% полученной от водопада мощности. Эта мощность использована в Гренобле для приведения в действие нескольких печатных и других машин. Энтузиазм жителей, проявленный по этому поводу, исключителен».

В 1885 г. в Крейле на расстоянии 12 км от Парижа Дебре поставил два локомотива мощностью в 300 л. с., вращавших динамо Грамма, дававшую напряжение в 5 000—6 000 в. Под этим напряжением ток передавал энергию в Париж, где работали двигатели. Узким местом были машины. Машины такой мощности и напряжения еще не изготовлялись в Европе. Поэтому и эта передача работала плохо.

Опыты Дебре являются завершением техники постоянного тока (60—80-е годы), и они уже явственно натолкнулись на границы этой техники. Изоляция на коллекторах ограничивает повышение



Фиг. 140. Марсель Дебре.

напряжения в машинах, а именно высокое напряжение является основным условием дальнейшей передачи. Известным выходом явилось последовательное включение генераторов постоянного тока. В 1886 г. Фонтен устроил следующую передачу: с одной стороны линии были соединены последовательно четыре машины мощностью около 16 квт каждая. Они вращались со скоростью 1298 об/мин паровой машиной в 113 л. с. Линия, напряжением в 5996 в в начале и 5062 в в конце, соединяла генераторы с тремя последовательно включенными двигателями. Это были три такие же машины, как находившиеся с противоположной стороны генератора. Они давали 50 л. с. при 1120 об/мин, к. п. д. передачи достиг 52%.

Эта система была разработана Тюри, по способу которого в 1887 г. устроена передача близ Генуи от гидроэлектростанции на 30 км при напряжении в 12 000 в.

А. А. Чернышев приводит в своей работе¹ характерные высказывания Леблана. Последний ярко выражает мелочные иллюзии, характерные для мелкобуржуазного «понимания» электрификации:

«Мы живем в стране демократической, стране мелких собственников, в которой с трудом прививаются большие ассоциации, растворяющие в себе личность. Иначе говоря, Франция любит свой дом и желает в нем оставаться. Паровая машина требует, чтобы все группировалось возле нее, так как не может передавать своей мощности на расстояние. Отсюда возникают те огромные заводы, где рабочие оказываются в некотором роде в роли солдат, где они живут вне семьи, неестественной жизнью, неподходящей для них со многих точек зрения, несогласной с их вкусами и характером. Электричество, которое способно передавать работу на расстояние и распределять ее делением на мелкие части, позволит ремесленнику, имеющему у себя дома станок, работать так же выгодно, как и на заводе, ибо оно (электричество) обладает способностью преодолевать расстояние. Таким образом мы будем иметь «рабочих-крестьян» вместо нынешних заводских рабочих, и по-моему, это является наиболее действительным средством для увеличения общего счастья масс, что и позволит прийти к настоящему социализму».

В действительности полное осуществление электропередач связано не с реакционно-мелочными утопиями, а с пролетарской борьбой за социализм.

Первые передачи обладали небольшой силой. В первой установке Дебре передавались 2 л. с. Но это была сила, способная перевернуть мир. Передача работы посредством электричества подытожила все предыдущее развитие энергетической техники и приоткрыла завесу над ее будущим. Чтобы увидеть это будущее — нужны были глаза гениев.

Сразу же после мюнхенских опытов Маркс проявляет живой интерес к ним. Этот интерес настолько характерен для

¹ Архив истории, науки и техники, IV.

Маркса, что Энгельс упомянул об этом в речи над его могилой. Сам Энгельс написал по поводу опытов Дебре письмо Бернштейну¹, которое слишком известно, чтобы его нужно было здесь приводить.

Перейдем к вопросам теории электричества.

Если подытожить развитие электромагнитной техники, то мы увидим ряд последовательных ступеней. На каждой ступени электротехника включает новый принцип, который был обычно известен раньше, но теперь стал очередным звеном технического развития.

На первой ступени конструкторы столкнулись со связью переменного тока и электромагнитной индукции, и результатом были первые формы коммутации. Вторая ступень — применение электромагнитов. Третья — самовозбуждение. Четвертая ступень — кольцевой якорь. Следующая, пятая ступень — это применение обратимости Фонтеном и последняя, шестая, — это передача энергии на расстояние.

Посмотрим, каковы общие принципы, характеризующие в нарастающей степени все эти этапы.

Во-первых, — это установление все более тесной связи между механическим производством и электричеством.

Во-вторых, — это растущее значение энергии и ее мерил в электротехнике.

В-третьих, — это все более и более крупная роль электромагнитного поля в явлениях, применяемых электротехникой.

В-четвертых, как это вытекает из сказанного, — все более полное техническое применение открытий Фарадея.

Отсюда следует, что теория, адекватная новой электротехнике, должна была связать электромагнитные законы с механическими, поставить во главу угла понятие энергии, сделать центром исследования среду, поле и, наконец, вернуться к воззрениям Фарадея.

Такова теория Максвелла, распространявшаяся после описанных сдвигов в электротехнике.

Два великих имени стоят у истоков теории Максвелла — Фарадей и Лагранж. Дело заключается не только и даже не столько в том, что Максвелл перевел на математический язык идеи Фарадея и воспользовался при этом уравнениями Лагранжа. Действительная связь гораздо глубже.

Теория Фарадея была обобщением всей лабораторно-экспериментальной работы в области электричества в его «дотехнический» период. Исследования Лагранжа были обобщением механических знаний, примененных в капиталистической промышленности, начиная с промышленного переворота. И, наконец, работы Максвелла отразили ту эпоху, когда возникшая электрическая техника, еще не внедряясь в производственный процесс, создала свой плацдарм в области освещения городов.

В 60—70-х годах электротехника является дополнительной формой системы механического производства. Этому соответствует

¹ Маркс и Энгельс, Сочинения, т XXVII, стр. 289

теория, в которой, хотя бы по форме, электромагнитные законы подчинены общему строю механики. Такова теория Максвелла. Нетрудно показать, что эта теория опиралась на новый круг наблюдений, вытекавших из применения электричества в новой области. Это прежде всего иллюстрируется кардинальным значением явления самоиндукции для теории Максвелла.

Максвелл пришел к самому широкому обобщению электричества и магнетизма. Магнитное и электрическое поле оказались связанными между собой таким образом, что изменение одного из них вызывает появление второго. Здесь единство электричества и магнетизма показано иначе, чем у Фарадея. Фарадей исходил из идеи единства сил природы, но не видел неизменного количественного мерила энергетических переходов и не пришел к современному понятию энергии. Сын другой эпохи, свидетель практического применения электричества Максвелл, сделал общее для физики понятие энергии основным понятием теории электричества.

С этим связана электромагнитная теория света. Распространение электромагнитного поля Максвелл рассматривал как движение энергии. Он показал, что отношение электромагнитной единицы электричества к электростатической имеет размерность скорости и равно скорости света, и создал представление о свете, как об электромагнитной волне.

Наряду с четкой количественной трактовкой принципа единства и сохранения энергии отличием Максвелла от Фарадея является математический характер исследования и изложения проблем электричества. Объясняется это, конечно, не личными вкусами Максвелла, а историческим смыслом его работ. Если работы Фарадея — синтез лабораторно-экспериментальных исследований (английская электрохимия и французская электродинамика), то работы Максвелла — это синтез теории электричества и механики (на базе первоначальной электромашиной техники). Конечно, такой синтез мог быть сделан лишь в абстрактно-математической форме.

Сущность процессов, применявшихся в электрической технике 60—70-х годов, заключается во взаимодействии механического и электрического движения. Теоретическое отражение этой техники — теория Максвелла — должно было обобщить обе эти формы движения единым математическим аппаратом. Таким является вторая форма уравнений Лагранжа.

Подведем итоги. Мы рассматривали теорию Максвелла, как синтез механических воззрений и электродинамики. Максвелл распространил общие принципы механики на новую область явлений. Это было последним звеном в построении целостной механической картины мира, завершением развития механики Ньютона и Лагранжа. Но подчинение электричества механике — последний шаг классической механической теории — было первым шагом к ее преодолению, первым шагом к подчинению механики электричеству. Механика дорогой ценой купила включение электричества в свою систему. Во-первых, основное значение приобрели те уравнения, выбор которых, как мы видели, выражал

несводимость электрических явлений к механическому перемещению. Во-вторых, и это главное, ньютоновская картина, ограничивавшая движение перемещением масс в пустоте, сменилась картезианской картиной заполненной среды.

Максвелл считал ошибочным утверждение Декарта об идентичности пространства и вещества. «Эта ошибка, — пишет Максвелл, — проходит через все части большого труда Декарта и образует одно из основных положений системы Спинозы». Но основная физическая идея, которую Максвелл, следуя за Фарадеем, положил в основу своих работ, заключалась в признании среды, окружающей электрические заряды, активным материальным носителем энергии, а не только расстоянием. Эта идея и воплотилась в понятия смещения, замкнутого тока и электромагнитного поля. Таким образом с теории Максвелла, начинается отход от классической ньютоновской механики.

Мы видим очень далеко идущее соответствие между отношением электричества к механическому производству, с одной стороны, и отношением механики к теории электричества, с другой.

В производстве электромеханика означала, что, уступая электричеству некоторые области и в то же время опираясь на электрификацию связи и городского освещения, механическое производство поднимается на новую ступень. В теории электромеханическая система Максвелла означала, что, поднявшись на новую ступень, включив электромагнитные законы, механика сделала первый шаг к тому, чтобы впоследствии уступить этим законам роль основных законов природы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энгельс, Диалектика природы, Сочинения, т. XIV, М., 1931.
2. Маркс и Энгельс, Письма, Сочинения, т. XXIV, М., 1931.
3. Маркс и Энгельс, Сочинения, т. XI, М., 1931.
4. «Электричество» № 12, 1926. Юбилейный номер (статьи о Яблочкове, Шателене и др.).
5. Динамомашина в ее историческом развитии. Документы и материалы, составили Ефремов и Радовский, под ред. Миткевича, издание Академии наук, Л., 1934.
6. Электродвигатель в его историческом развитии. Документы и материалы, сост. Ефремов и Радовский под ред. Миткевича, Л. 1936.
7. Очерк работы русских по электротехнике с 1800 по 1900 г., СПб, 1900.
8. Чернышев, История передачи электрической энергии, Архив истории науки и техники, IV, Л., 1934.
9. Делре, Передача и распределение энергии посредством электричества, «Электричество», 1882.
10. Netoliczka, Illustrierte Geschichte der Elektrizität.
11. Du Moncel, Exposé des applications de l'électricité, v. I-v., Paris, 1856.
12. Fontaine, Eclairage à l'électricité, Paris, 1879.
13. Dyer and Martin, Edison, His Life and Inventions, 1910.
14. Silvanus Thompson, Dynamo-Electric Machinery, v. 1, 1802.
15. Matschoss, Werner Siemens, 1916.
16. Martin and Wetzler, The Electric Motor and its Applications, 1891.
17. Blondel, Les tractions électriques.
18. Campbell and Garnett, The Life of Clerk Maxwell, London, 1882.
19. Maxwell, Treatise on Electricity and Magnetism.
20. O'Dea, Electric Power, p. 1—11, London, 1933.

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ СИЛОВОГО АППАРАТА ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТЕХНИКА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Монополистическая концентрация производства и развитие электропередач. Концентрация электрохозяйства. Электродвигатели в промышленности. Групповой привод. Поточное производство в тяжелой индустрии. Индивидуальный привод. Многомоторная машина. Исторические корни победы переменного тока. Развитие трансформаторов. Асинхронный двигатель. Трехфазная техника. Лауфен-франкфуртская передача. Техника переменного тока и теория электричества

Современная электротехника и связанные с ней новые первичные двигатели появились и развились в «период начавшегося упадка капитализма, первого удара по капитализму со стороны Парижской Коммуны, перерастания старого «свободного» капитализма в империализм и свержения капитализма в СССР силами октябрьской революции, открывшей новую эру в истории человечества»¹. Прежде всего остановимся на связи электротехники с монополиями. Вспомним, каковы основные этапы истории монополий. В 60-70-х годах свободная конкуренция дошла до высшего предела. После кризиса 1873 г. развиваются еще непрочные переходящие картели.

В годы хозяйственного подъема конца 90-х годов и во время кризиса 1900—1903 гг. они становятся «одной из основ всей хозяйственной жизни»².

Теперь вспомним основные этапы развития электроэнергетической техники. В 60-х годах электричество целиком вне энергетического хозяйства и только кое-где в качестве провозвестников новой эпохи возникают отдельные осветительные установки. В 70-х годах появляется электрическое освещение. Но это лишь дополнение к господствующей технике. В 80-х годах электричество начинает применяться в силовом хозяйстве и возникает электрифицированный городской транспорт. Но это не охватывает еще основных участков промышленной техники. Наконец, в конце

¹ Сталин, Гиров, Жданов, Замечание о конспекте учебника новой истории, «Большевик», 1936, № 3, стр. 66.

² Ленин, Сочинения, т. XIX, изд. 3-е, стр. 86.

90-х годов и в начале 900-х электричество реконструирует промышленность, становится основной силой развития промышленной техники, силовой аппарат промышленного производства электрифицируется. Мы видим, что всестороннее применение электричества в технике совпадает во времени с развитием новых форм капиталистической концентрации. Поэтому Ленин считал, что «электрическая промышленность — самая типичная для новейших успехов техники, для капитализма конца XIX и начала XX века»¹.

Эта формулировка с гениальной глубиной указывает историческое место электротехники и электропромышленности. Исходя из нее, попытаемся выяснить связь между империализмом и специфическими чертами нового этапа электротехники. Прежде всего нужно указать среднее опосредствующее звено, связывающее развитие капиталистических монополий с усовершенствованием электрических машин. Это звено заключается в росте станций и сетей, в объединении энергетического хозяйства высоковольтными передачами, в переходе к централизованному энергоснабжению сначала предприятий, а затем и целых промышленных районов.

Какая связь между концентрацией производства и электричеством? Энергетическое хозяйство развивается в форме систем, где единый источник энергии обслуживает целый ряд промышленных предприятий, где электричество позволяет объединить энергетику ряда предприятий, причем иррациональной, антагонистической формой этого объединения являются монополистические союзы капиталистов, а материально-техническим орудием этого процесса служит рост электрических передач.

Империалистическая концентрация энергетики является основной причиной развития энергетической техники в 90-х — 900-х годах.

Прежде всего империалистическая концентрация производства выражалась в создании мощных энергетических систем. Наибольшего развития они достигли в США. Больше половины установленной мощности США сконцентрировано в 26 системах; они объединяют всего 17% станций, но мощность их составляет 56,5% всей электрической мощности страны, а по выработке они обладают еще большим удельным весом и дают около 90% всего производства электроэнергии в США. Среди них выделяется своим масштабом группа еще более крупных систем. Семь систем превышают по своей выработке 2 млрд. квтч каждая — они производят около 30% всей выработки страны. Крупнейшей системой в мире является Ниагара-гудзонская система, которая включает 23 гидростанции и шесть тепловых станций с общей мощностью 1,5 млн. квт и выработкой 5,7 млрд. квтч.²

Техническим выражением концентрации электрохозяйства является количественный рост высоковольтных линий передач и повышение их технических параметров.

¹ Ленин, Сочинения, т. XIX, изд. 3-е, стр. 124.

² Вейц, Современное развитие электрификации в капиталистических странах, Л., 1933, стр. 48.

Развитие сетей, непосредственно связанное с концентрацией электроснабжения, было первым результатом империалистической концентрации промышленности. Но чем дальше разносили энергию эти сети, тем больше вырастали масштабы станций и, следовательно, агрегатов. Проф. Клосс в своем докладе на Втором мировом энергетическом конгрессе в Берлине в 1930 г. писал: «Растущее развитие сетей за последние десять лет привело к огромному, раньше едва предвиденному, росту мощностей отдельных агрегатов. Благодаря такой концентрации достигается значительная экономия в габаритах и в собственном весе»¹. Клосс приводит следующий расчет: агрегат мощностью в 16 000 квт требует 17—18 м² площади на 1 000 квт, а собственный вес его составляет 18,5 кг/квт. Агрегат в 80 000 квт требует 5,5 м² на 1 000 квт и 13 кг собственного веса на 1 квт.

Высокий уровень концентрации электрохозяйства сказывается увеличением к. п. д. и снижением расхода топлива на станциях. Особенно быстрыми темпами это снижение происходило за последние годы перед кризисом. В США средний удельный расход топлива на станциях общего пользования за десятилетие с 1920 по 1930 г. уменьшился с 1,5 кг/квтч до 0,73 кг/квтч. Наименьший удельный расход топлива, достигнутый в американском электрохозяйстве, 0,4 кг/квтч. В Германии на лучшей станции на 1 квт требуется 0,56 кг. И в этой области необходимо подчеркнуть величайшую неравномерность в развитии капиталистического хозяйства. Все эти рекордные показатели являются надстройкой, возвышающейся над общим, гораздо более низким, уровнем.

Таким образом, начиная с конца 90-х годов и до нашего времени, основным двигателем энергетической техники была концентрация производства, и роль электропередач в эту эпоху сводится к объединению энергохозяйства. На одном конце передачи механическая энергия превращается в электрическую, на другом конце — электричество превращается вновь в механическую энергию. Поэтому в эту эпоху основной смысл электротехники именно и заключается в передаче энергии на расстояние. Электрические генераторы в эту эпоху вырабатывают электричество не только для превращения его в световую энергию или тепло, а для последующего превращения в механическую же энергию, и смысл применения электричества заключается в транспорте энергии, ее переброске на расстояние, переброске, которая является материальной основой концентрации производства. Поэтому электродвигатели играли решающую роль в энергетике конца XIX в. и для ее развития нужно было, чтобы электрические станции удовлетворяли уже не только осветительные, но в основном производственные нужды. Основой перехода к электрической централизации энергетического хозяйства является внедрение электричества в производственный процесс. Начало этому делу также было положено в 90-х годах. Электрические станции никогда не стали бы техническим рычагом монополистической концентрации

¹ В е й ц, стр. 196.

промышленности, если бы электричество не внедрилось в само производство, не стало бы в производстве решающей силой. Поэтому концентрация энергетики имела своей предпосылкой переход к электрической силовой нагрузке, т. е. к электрическому двигателю в промышленности.

Первый этап — групповой привод. В 90-х годах концентрация производства вызвала к жизни громадные предприятия, включавшие целый ряд силовых установок. В результате концентрации предприятий силовые установки оказались чрезвычайно разбросанными. Примером может служить машиностроительный завод Кокериль в Бельгии, где при общей мощности паровых машин в 20 тыс. л. с. число их равнялось 350. Эта децентрализованная система вызывала громадные потери. Их устранил переход к групповому приводу. В конце 90-х годов мы встречаем характерное описание такого перехода на заводе Валентин Кок. «Для движения раскинутых на очень большой площади на берегу Мезы разнообразных отделов этого обширного завода применялось прежде большое количество паровых машин, расходовавших 30—40 кг пара на 1 л. с. ч. и требовавших множества кочегаров и машинистов. Огромный расход на движущую силу вынудил администрацию прибегнуть к услугам электроэнергии, дробимость которой как нельзя более подходила под местные условия. Установлен был один центральный паровой двигатель в 600 паровых лошадей, в котором расход пара не превышал 6,5—7 кг на 1 л. с. ч. Этим сразу была достигнута огромная экономия в горючем и заработной плате»¹.

Мы привели эту выдержку для того, чтобы подчеркнуть типичную особенность перехода к групповому электрическому приводу. Непосредственно побудительной силой такого перехода была большая экономичность силового хозяйства, а основой этой большей экономичности была концентрация производства энергии.

В самом производстве переход к групповому электрическому двигателю не вызвал каких-либо коренных перемен. На этом этапе электрический привод приспособлялся к тому производственному скелету, который был создан в классическую эпоху пара. Децентрализованные паровые первичные двигатели были заменены моторами, но механическая трансмиссия осталась неизменной — она попрежнему соединяла мотор, ставший на место паровой машины, с группой станков. Иным путем электрическая техника не могла войти в силовой аппарат промышленности. Какими чертами отличалась тяжелая промышленность, выросшая на основе паровой техники? Машиностроительные заводы старого типа состояли из ряда цехов, причем в каждом из них были расположены однородные станки. Однородности этих станков соответствовала механическая передача энергии от мотора к центральному валу, соединенному со всеми станками этой группы. Не только расположение станков в цехах, но и сама конструкция

¹ См. Петров, Вопросы электрического привода в промышленности. Генеральный план электрификации СССР, т. II, стр. 286.

станков, предусматривая передачу от трансмиссионного вала, требовала механической передачи энергии от центрального двигателя. Этому соответствовала планировка завода и цехов. Поэтому отказ от механической передачи энергии к станку требовал полной реорганизации всей промышленности. Благодаря этому, он произошел в новых отраслях производства и особенно в новых предприятиях, возникших во время промышленного подъема 90-х годов.

Пока общая структура заводов и цехов оставалась застывшим остовом классической эпохи пара, пока заводы тяжелой индустрии состояли из отдельных групп одноименных станков, пока эти станки отражали в самой своей конструкции связь с механической трансмиссией, — внедрение электротехники в силовой аппарат промышленности ограничивалось заменой моторами децентрализованных паровых машин, а значение электрификации производства сводилось к снижению больших потерь, присущих децентрализованным мелким неэкономичным первичным двигателям.

Но вот в конце прошлого века возникают новые отрасли промышленности, которые развиваются уже в пределах текущего века. Их облик становится типичным для промышленной техники эпохи империализма.

Одной из основных особенностей империализма, одним из его определяющих моментов является вывоз капитала. Но вывоз капитала означает широкое применение машин, экспорт машин в индустриализирующиеся колонии, небывалое расширение рынка машин. Это явилось одной из первых причин перехода тяжелой промышленности, в особенности машиностроения, на рельсы массового производства. Массовое производство машин потребовало новой транспортной техники и сопровождалось поэтому революцией в области транспорта. Наряду со старыми формами колесного транспорта появился новый безрельсовый механический транспорт, автомобильный и воздушный. Развитие автомобильных заводов является характерным примером новой отрасли производства, связанной своим появлением и развитием с техникой эпохи империализма и отразившей в своей технике результаты электрификации силового аппарата промышленности. Особенно известным и характерным является завод Форда, образец и символ новейших тенденций в технике массового машиностроения.

Каковы основные черты, доставившие заводу Форда мировую известность, сделавшие его символом новейшей индустриальной техники и новейшей индустриальной организации производства? Если прочитать известную книгу Генри Форда «Моя жизнь» и попытаться определить основной символ веры, исповедуемой Фордом, то становится ясным, что Форд связал судьбу своего предприятия с массовым мировым распространением продукции, с работой на обезличенный рынок. Массовое производство — это условие стандартизации продукции машиностроения. На этой же основе вырастает специализация станков. Переход к специализированным станкам возможен только на известной степени разви-

тия массового производства машин. С этим связана новая последовательность производственных операций и новая система планировки заводов и цехов. При массовом производстве машин, станки машиностроительных заводов располагаются в порядке технологической последовательности. Коренным образом меняется система сборки: раньше сборка происходила на неподвижных площадках, куда радиально стекались детали, изготовленные в цехах. Теперь сборка механизирована, и эта задача решена конвейером, который является не только наиболее эффективным, но и наиболее эффективным техническим рычагом массового машиностроения.

Что же лежит в основе всех этих технических сдвигов? Что является общей чертой, единым принципом, который получает свое выражение во всех разнообразных, хотя и связанных между собой, линиях технического перевооружения тяжелой индустрии? Это — автоматизация.

В начале XIX в. примерами автоматического производства могли быть лишь предприятия легкой индустрии. Это неудивительно, так как только здесь вместе с промышленным переворотом возникло массовое фабричное производство. В легкой индустрии уже в начале века предмет труда непрерывно проходил через все стадии производства. Напротив, машины производились полуремесленным способом. На заводах были, конечно, механизированные приспособления, сложные механизмы, паровые молоты, механические пилы, ножи и сверла. Но автоматического производства, при котором орудия труда не только выполняют свойственные им производственные операции, но и передают предмет труда от одного к другому, такого автоматического производства в тяжелой индустрии не было. Оно появилось лишь в конце века вместе с массовым производством машин и оказалось одним из основных проявлений революции, произведенной электричеством.

Основным рычагом, который позволил машиностроительным заводам перейти к массовому производству и приблизиться к типу автоматической фабрики, был новый этап развития электрического привода — единичный электрический двигатель. Первоначально единичный привод применялся в силу большей экономичности его по сравнению с групповым приводом и механической передачей движения от центрального двигателя к станкам. Действительно, сравнительный подсчет потерь энергии при групповом и одиночном приводе дает следующую картину¹. (см. след. стр. 206).

Но впоследствии эта сторона дела оказалась наименее важной. Решающим обстоятельством при переходе от группового к единичному приводу оказалась гибкость последнего, позволявшая автоматизировать тяжелую индустрию. Непрерывный поток — вот что является основой и решающей базой перехода от группового привода к индивидуальному. Выше было уже сказано, что в предприятиях, возникших в классическую эпоху пара, одноименное

¹ Петров, стр. 293.

Привод	Полезное потребление энергии в % к общему потреблению	Потери энергии в %		
		В механических моторах	В электромоторах	В электросети
Групповой привод 32 станков при моторе в 50 л. с.	26	56	11,6	6,4
Групповой привод 27 револьверных станков при моторе в 20 л. с. . . .	33,5	38	22	6,5
Групповой привод 20 токарных станков при моторе в 25 л. с. . . .	36,1	41,4	16,5	6
Групповой привод четырех сверлильных станков при моторе в 7,5 л. с.	40	20	35	5
Одиночный привод на тех же заводах (средний)	62	10,5	21	6,5

оборудование образует самодовлеющую группу. Эти универсальные, предназначенные для любых работ сверлильные, строгальные, токарные и т. д. станки, объединенные в однородные группы, мирились с механической трансмиссией от одного группового электромотора, но в новых заводах, где машиностроение приблизилось к автоматическому производству, оборудование было расставлено иначе. Здесь, как мы видели, станки стали специализированными, а расположение их соответствовало последовательности технологических операций. Но механическая трансмиссия не могла привести в движение станки, расставленные в таком порядке. Движение смежных станков настолько резко могло отличаться по мощности, скорости и направлению вала, что одна механическая трансмиссия не могла передать им энергии. К этому присоединяется наличие других звеньев технологической цепи, где вообще не требовалось механического движения (печи), и которые, несмотря на это, входили в единую технологическую цепь. Затем расположение станков при крупном серийном производстве изменяется при переходе от одной серии к другой, а при массовом производстве — в случае рационализации, которая является неизбежным спутником работы современного завода. Наконец, ряд станков, расположенных в порядке технологической последовательности, может быть настолько длинным, что механическая трансмиссия на такое расстояние становится попросту невыполнимой или чрезвычайно громоздкой и неэкономичной. Поэтому переход машиностроительных заводов к автоматическому производству, а машиностроения — к массовому производству и выдвинул вперед новый, электрический тип трансмиссии — единичный привод. Механическая трансмиссия была заменена электрической передачей, которая была «доведена до станка».

Основные формы одиночного мотора две. Первая — это, «фланец-мотор», передняя крышка которого жестко соединена со станком, причем также жестко соединены между собой вал мотора и вал станка (Германия). Вторая форма — это обычный мотор, установленный на станине или на одной плите со станком (Америка). Переход от группового привода к одиночному и логически и исторически является вторым этапом развития электрического привода. Одиночный мотор распространился в 900-х годах. Статистическим показателем этого процесса является происходившее в начале века и продолжающееся до нашего времени уменьшение средней мощности электромотора. Приводимая ниже таблица¹ показывает развитие электромотора в электротехнической промышленности США. Мы видим, что непрерывное и чрезвычайно быстрое увеличение числа электромоторов сопровождается неуклонным уменьшением средней мощности.

Годы	1899	1904	1909	1914	1919	1923	1925	1927
Общее число электромоторов в тыс. . . .	1,6	8,5	22,6	33,6	80,5	95,7	127,8	142,0
Общая мощность электромоторов в тыс. л. с.	24	62	165	262	479	531	688	707
Средняя мощность электромотора в л. с. . .	14,6	7,2	7,3	6,6	6,0	5,6	5,4	5,0
В %	100	49	50	45	41	38	37	34

Однако переход к одиночному двигателю вызвал не только уменьшение масштабов применяемых моторов, но и конструктивное их изменение. Электрический мотор все больше влияет на конструкцию рабочей машины, и в свою очередь сам больше и больше изменяется, приспособляясь к обслуживаемой им рабочей машине. На этой стадии своего развития одиночный мотор почти срачивается со станком. Сама конструкция станка становится электрической, да и само управление им превращается из механического в электрическое.

Основным конструктивным принципом этого этапа в развитии электропривода является срачивание мотора с рабочим валом. В связи с этим вал мотора приобретает самое неожиданное направление, вплоть до того, что вообще теряет неизменное положение. Образцом одиночного электромотора, сращенного с рабочей машиной и приспособившегося по всей форме расположения и режиму к рабочей машине, является, например, врубовая угольная машина. К этому же типу моторов относятся электрические ручные инструменты: электросверла, электрические пилы, вентиляторы, щетки и т. д. Применение этих инструментов в громадной сте-

¹ Петров, стр 305.

пени увеличивает производительность труда, так как здесь осуществляется непосредственный скачок от ручного труда к труду, вооруженному наиболее передовыми современными орудиями. Конечно, переход к индивидуализированному одиночному электромотору вообще и развитие электроинструментов в частности еще больше увеличивают число и разнообразие типов электромоторов. Уже сейчас мы имеем в результате описанных сдвигов наряду с грандиозными моторами в десятки тысяч киловатт такие моторы как, например, двигатель, помещающийся в ручке безопасной электрической бритвы Сименса.

Однако развитие электрического привода не остановилось на этом этапе. Следующим этапом была многомоторная машина¹. Автоматизация машиностроения требует многошпиндельных станков. Особого развития они достигли после войны на крупных американских машиностроительных заводах. Здесь часто применяются стандартные сверлильные и фрезерные головки с собственным электромотором. Из этих головок можно скомбинировать почти совершенно другую машину. Многошпиндельные машины применяются не только в автомобильной, авиационной и т. п. промышленности. Автоматические тенденции в тяжелом машиностроении требуют еще более сложных машин, причем конструкция таких машин без электрического управления вообще невозможна. Эти сложные машины и являются сейчас основной формой электрификации исполнительных механизмов тяжелой индустрии. С одной стороны, здесь осуществлен принцип дифференциации машины, ее разделение на самостоятельные в энергетическом отношении элементы, но в то же время эта дифференциация сама становится основой комбинирования и объединения машин в более крупные, единые в технологическом отношении агрегаты.

Логическим завершением этой тенденции является объединение энергетически самостоятельных звеньев технологического ряда в единую машину, в единый производственный агрегат.

Рассмотрев три последовательных этапа электрификации силового аппарата промышленности, мы видим, что электрический привод является центральной фигурой промышленной техники эпохи империализма. Этот привод является условием ускорения производственного процесса, непрерывности производства и автоматизации, т. е. наиболее характерных технических черт эпохи. Этот привод является условием концентрации и массового производства, иными словами, техническим условием наиболее характерных свойств промышленного производства эпохи империализма. Именно эти тенденции лежат в основе реконструкции транспорта, перехода к новым его видам и реконструкции земледелия. Таким образом электрификация силового аппарата находится в центре технических сдвигов во всем народном хозяйстве в эпоху империализма.

¹ B ä n g e l l, Entwicklungslinien des wirtschaftlichen electromotorischen Antriebs in der Industrie, Gesamtbericht zweite Weltkraftkonferenz, Berlin, 1930.

Какой же основной принцип электротехники соответствует той эволюции силового хозяйства, которая рассмотрена нами? Это — переменный ток. Поскольку электричество применяется в рамках силового аппарата, постольку основным технически применяемым принципом является превращение механической энергии в электричество и электричества в механическую энергию. И то и другое происходит на основе электромагнитной индукции. Мы уже видели, что электромагнитная индукция по своей физической природе связана с техникой переменного тока. Сейчас мы рассмотрим, какое конкретное техническое воплощение получил этот принцип в 90—900-х годах.

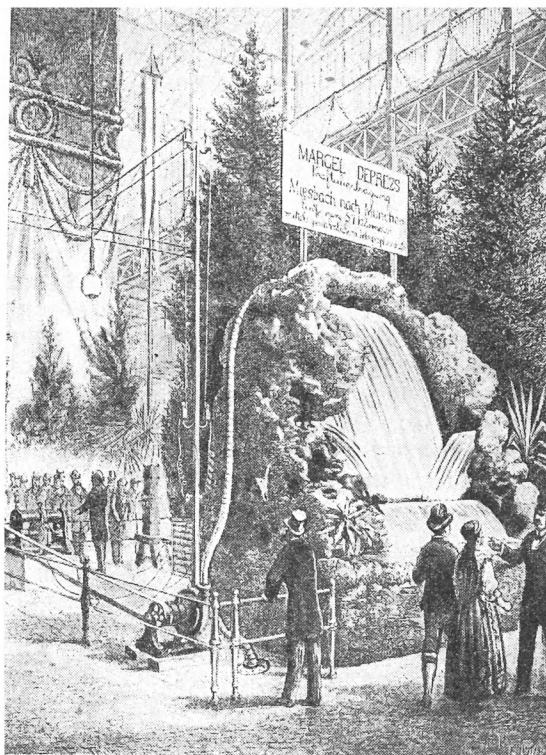
Самым важным, исторически и логически первым, звеном новой электрической техники является трансформатор. Первым генератором, основанным на электромагнитной индукции, родоначальником всех динамомашин, начиная от машины Пикси вплоть до современных генераторов, было кольцо, в обмотке которого Фарадей впервые получил электрический ток. В этом приборе не было вращающихся частей. Здесь не было ни рукоятки, ни первичного двигателя. Ток индуцировался благодаря тому, что в неподвижном контуре изменялся магнитный поток. Это был трансформатор, который, если говорить о принципиальной схеме, сохранил до сих пор все те части, которые находились в приборе Фарадея.

Трансформатор получил первое практическое применение в виде катушки Румкорфа. Она была сконструирована в 1848 г. В работе над этой катушкой Румкорфу пришлось столкнуться со специфическими трудностями индустриальной электротехники — он должен был получить чрезвычайно тонкую проволоку и еще более тонкую изоляцию этой проволоки. Исторической заслугой Румкорфа является не открытие нового физического принципа, а такое инженерное оформление уже открытого принципа, которое позволило получить неслыханный до того времени эффект и создать прибор, годный для практического применения. Однако для действительного производственного применения было недостаточно технического совершенства. Только через 30 лет после изобретения Румкорфа его катушка была применена Яблочковым для электрического освещения. Возникновение современных трансформаторов относится к середине 80-х годов¹. Первый трансформатор был запатентован Усагиным. Позднее Голлард сконструировал такой же трансформатор, который был приспособлен для повышения напряжения и передачи энергии на расстояние. Голлард обратился за финансовой поддержкой к банкиру Гибсу, и в 1884 г. на выставке в Турине был показан так называемый вторичный генератор Голларда и Гибса, который состоял из четырех индукционных катушек. Эти катушки можно было различным образом соединять между собой и получать при этом различное напряжение. Выставленный трансформатор был частью первой передачи переменного тока между Ланцо и Туринном.

¹ Vierendell, *Exquisse d'une histoire de la technique*, vol. I, Bruxelles—Paris, 1921, p. 121.

В 1885 г. появился целый ряд изобретений¹. Фирма Ганц и Ко ввела изобретенный Дэри, Бляти и Циперновским кольцевой сердечник, что уменьшило потери энергии при трансформировании. После изобретения трансформатора переменный ток получил ряд решающих преимуществ, но техника постоянного тока не уступила места без боя.

С ней были связаны интересы возникших электротехнических фирм, выпускавших оборудование постоянного тока.



Фиг. 141. Установка Депре в Мюнхене.

В США борьба разыгралась в особенно яркой форме. Пионером переменного тока в США был Вестингауз. Он приобрел американский патент Голларда и организовал общество для эксплуатации этого изобретения. С 1886 г. компания Вестингауз начинает угрожать ранее основанной компании Эдиссон, эксплуатировавшей установки постоянного тока. «Обычные методы промышленной конкуренции были не в силах воспрепятствовать вторжению», пи

¹ O'Dea, Electric Power, p. I, p. 25—30, К истории трансформаторов, „Электричество“, 1889, стр. 167.

шет Льюис Стилвелл, один из участников происходившей борьбы¹. Поэтому Эдиссон попытался задержать переход к переменному току экстраординарными мерами. В сенат штата Виргиния был внесен билль, запрещающий применять напряжение выше 800 в для постоянного тока и 200 в для переменного. Фиг. 142 представляет собой фотографию этого билля, который гласит:

«Генеральная ассамблея Виргинии постановляет, что с 1 апреля 1890 г. законом запрещено иметь, оставлять или поддерживать какую-либо электрическую цепь, часть ее, или какое-либо вещество или предмет для передачи электрического тока, составляющий часть электрической цепи, по общественной улице или дороге, поперек, через нее или под ней, или в местах, к которым публика обычно имеет доступ, кроме установленной настоящим законом. Во всех упомянутых выше электрических проводах, будут ли такие провода полностью, или частью под землей, или над ней, напряжение электрического тока не должно превышать следующих величин: для пульсирующего постоянного тока — напряжение не свыше 800 в, для пульсирующего постоянного тока — не свыше 550 в, для переменного тока — напряжение не свыше 200 в, в зависимости от рода применяемого тока...»

Снизу приписано рукой Эдиссона:

«После утверждения настоящего закона запрещается как отдельным лицам, так и частным или общественным объединениям вырабатывать или применять, или передавать для распределения потребителям, непосредственно или путем индукции, электрический ток под напряжением, могущим при несчастном случае вызвать смерть человека, путем непосредственного действия такого тока.

Томас А. Эдиссон».

Преимущество переменного тока заключалось в созданной трансформатором возможности повышать напряжение в передачах. Поэтому билль должен был лишить технику переменного тока ее преимуществ.

Для предварительного обсуждения билля был создан специальный комитет из 15 сенаторов. Вестингауз поручил Мортону, Левису и Стилвеллу защищать интересы фирмы и, следовательно, переменный ток перед этим комитетом. В защиту билля должен был выступить сам Эдиссон, приехавший для этого в Ричмонд. В упомянутой выше статье Стилвелл не без иронии вспоминает о заседании комитета. Прежде всего выступил Мередит. Он приветствовал Эдиссона, вспомнил Франклина, который также покидал лаборатории для законодательных палат и, наконец, выразил надежду, что визит Эдиссона вызван такими же благоприятными побуждениями. «Это было, — замечает Стилвелл, — наиболее удачной формой для того, чтобы спросить Эдиссона, зачем он приехал...»

Билль Эдиссона был провален в Виргинии, но Эдиссон не сдавался. Его представитель Браун разъезжал по штатам и демон-

¹ Electr. Engineering, 1934, v, p. 708—709. Alternating Current Versus Direct Current, by Lewis B. St. Stillwell.

Senate Bill No. 238
Virginia Legislature, Session of 1889-1890.
A. BILL

For the prevention of danger from electric currents.

Patron—Mr. Lovenstein.

Referred to the Committee on General Laws.

1. Be it enacted by the General Assembly of Virginia, That
2 it shall be unlawful, on and after the first of April, one thousand
3 eight hundred and ninety, to own, keep, or maintain, in, across,
4 through, or under any public street, highway, or place to which
5 the public commonly has access, any electric circuit, or part
6 thereof, or any substance or thing for the conducting of elec-
7 tricity forming a part of an electric circuit, contrary to the pro-
8 visions of this act.

9 In all electric circuits or parts of circuits as aforesaid,
10 whether such circuits be in whole or in part under or above
11 ground, the electric pressure used shall not exceed the following
12 amounts: The non-pulsating continuous current to a pressure
13 not exceeding eight hundred volts; the pulsating continuous
14 current to a pressure not exceeding five hundred and fifty volts;

2

15 the alternating current to a pressure not exceeding two hundred
16 volts, according to the nature of the current used.

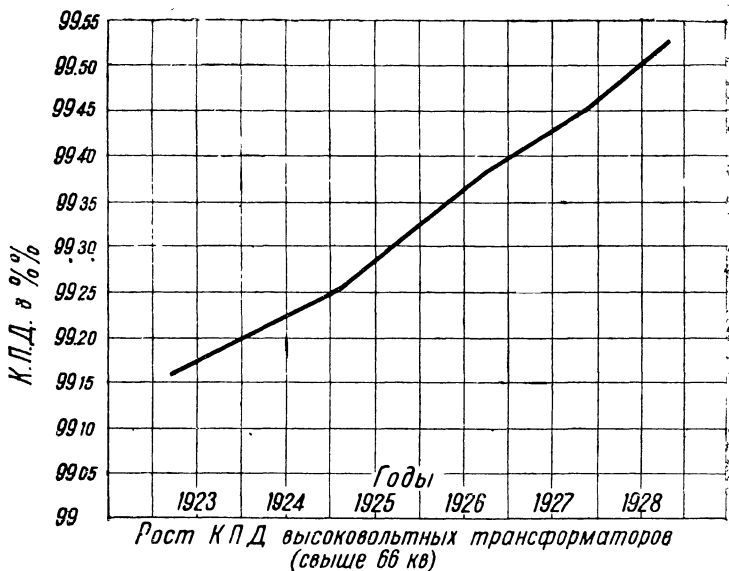
After the passage of this act it
shall not be lawful for any individual
or corporation, public or private to
generate or use, or cause to be used
for distribution to the public, directly
or by induction, any electric current
with sufficient electric pressure to
produce human death accidentally
by the direct action of such current.

Thomas A. Edison

Фиг. 142. Билль Эдиссона.

стрировал умерщвление животных «опасным» переменным током, но вся эта кампания не могла остановить победное шествие переменного тока, и возникшая из компании Эдиссон Всеобщая компания электричества стала одной из основных фирм, производящих трансформаторы.

Уже первые конструктора трансформаторов применили их для передачи энергии на расстояние. Голлард включил свой трансформатор в передачу Ланцо-Турин. Циперновский применил его для передачи энергии между Тиволи и Симом на расстояние 27 км напряжением в 5 тыс. в.



Фиг. 143. Рост к. п. д. трансформаторов

Однако для полной победы переменного тока трансформатора было недостаточно, так как в области двигателей в это время преобладание принадлежало постоянному току. Характерно, что в 1887 г. журнал «Электричество», описывая вновь изобретенный трансформатор, пишет: «К сожалению, им можно пользоваться только для освещения, для передачи же работы и электролиза — нельзя, так как аппарат утилизирует и воспроизводит только токи переменного направления».

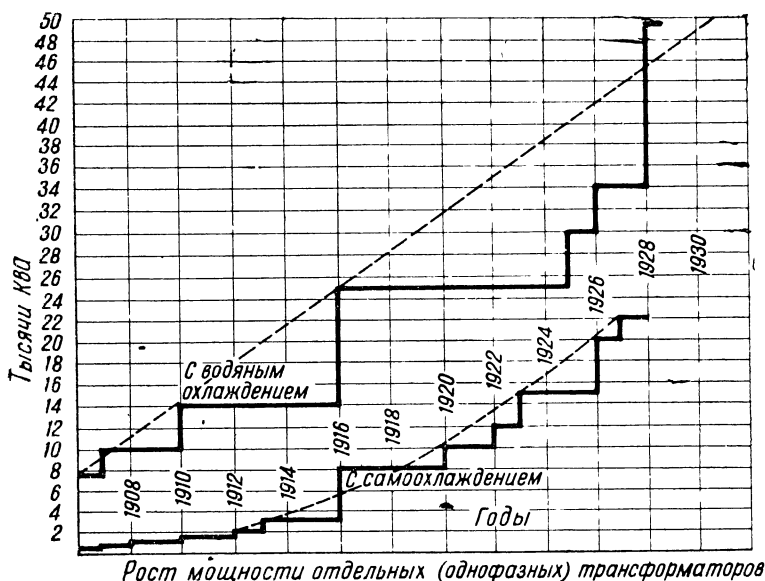
Для того чтобы обеспечить победу переменному току, нужно было еще одно звено, новый физический принцип. Этот физический принцип заключался в открытых Галлилео Феррарисом вращающихся полях¹. На основе этого принципа Тесла² построил двигатель, в котором токи, отличавшиеся друг от друга по фазе.

¹ Ferraris, Wissenschaftliche Grundlagen der Electrotechnik, Lpz, 1901 (перевод с итальянского).

² Martin, Nicola Tesla's Untersuchungen über Mehrphasenströme, Halle, 1885.

создавали вращающееся поле. Вскоре после этого Доливо-Добровольский положил начало трехфазной технике.

Одним из важнейших событий в истории техники переменного тока является постройка первой крупной станции переменного тока. Она была выстроена в 1885 г. близ Лондона и освещала западную часть города. Ряд причин требовал, чтобы эта станция была вынесена за пределы города вопреки обычной практике. Таким образом здесь электротехника впервые должна была решать в сравнительно крупном масштабе свою основную задачу — цен-



Фиг. 144. Рост мощности трансформаторов.

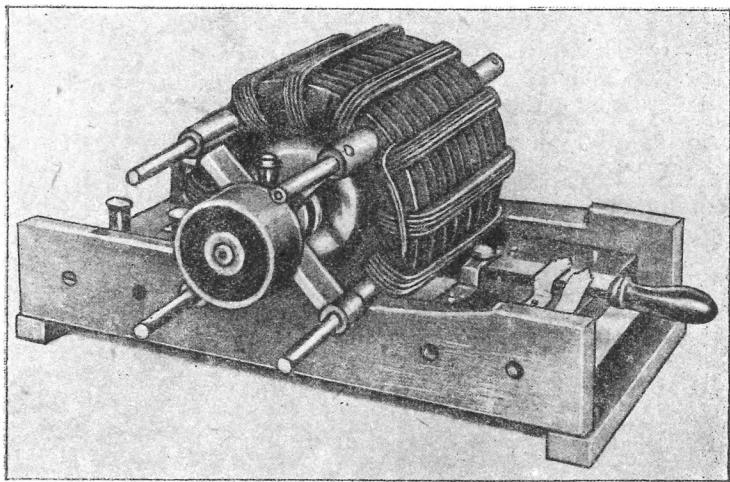
трализацию энергоснабжения при помощи транспорта энергии на значительное расстояние. Место для станции было выбрано в Дентфорде в 12 км от города. Конечно, даже в 80-х годах уже существовали передачи постоянного тока такой же или большей длины. Но здесь дело заключалось не в экспериментальной переброске нескольких киловатт, а в надежной и экономичной передаче 1 000 квт. Поэтому потребовался переход к новой технике и строитель станции, конструктор ее машин Ферранти (1864—1930) вошел в историю электротехники, как один из основных пионеров техники переменного тока.

Рассмотрим последовательно основные элементы электрической части дентфордской станции Ферранти.

Машина переменного тока (1 000 квт), сконструированная Ферранти, обладала двойным венком магнитов и вращающимся между полюсами якорем с плоскими мотками. Первые машины давали 2 500 в, а сменившие их — 10 000 в. Ток от синхронно рабо-

тавших машин шел к распределительной доске, а затем в Лондон по проводам с оригинальной озокеритовой изоляцией, изобретенной Ферранти. Вообще напряжение линии (10 000 в) и масштаб передаваемой мощности заставили Ферранти сделать целый ряд усовершенствований, без которых техника переменного тока не могла бы достичь победы.

Наиболее общим и первым по времени техническим воплощением новых принципов, лежащих в основе техники переменного тока, явилась знаменитая Лауфен-франкфуртская передача, ко-



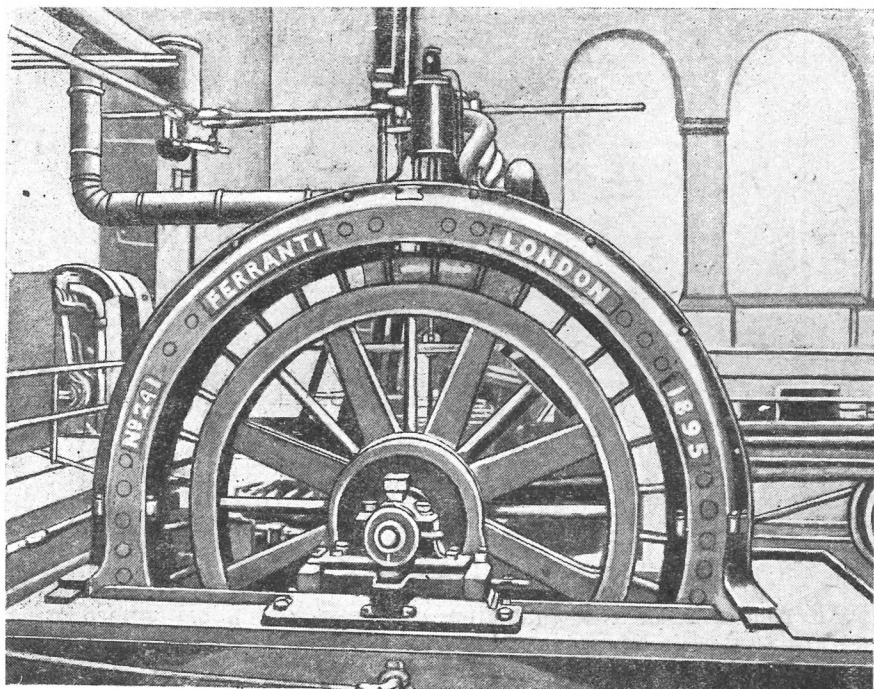
Фиг. 145. Двигатель Тесла.

торая имеет такое же значение для техники переменного тока, как ренхильские испытания — для парового транспорта, мюнхенская передача Дебре — для высоковольтной техники и эльберфельдские испытания — для турбин Парсонса.

На расстоянии 175 км от Франкфурта на Майне, вблизи города Гейльбронна, где родился и работал Роберт Майер, в местечке Лауфен находился небольшой цементный завод, который пользовался для своих силовых нужд энергией реки Некар. Отсюда впервые энергия передавалась по электрическим проводам с высоким к. л. д. и в значительном масштабе. Таким образом на том же месте, где некогда был сформулирован принцип сохранения энергии, было осуществлено одно из самых важных технических воплощений этого принципа. Завод построил передачу, которая снабжала энергией Гейльброн. При этом возникла мысль о передаче энергии во Франкфурт. В продолжение 1890 г. Оскар фон-Миллер вел переговоры об этом с различными фирмами. В конце года было решено, что цементный завод предоставит для этого свою турбину на реке Некар, фирма Эрикссон поставит в Лауфене

генератор, а Всеобщая компания электричества — мотор во Франкфурте. Линия была изготовлена двумя фирмами совместно.

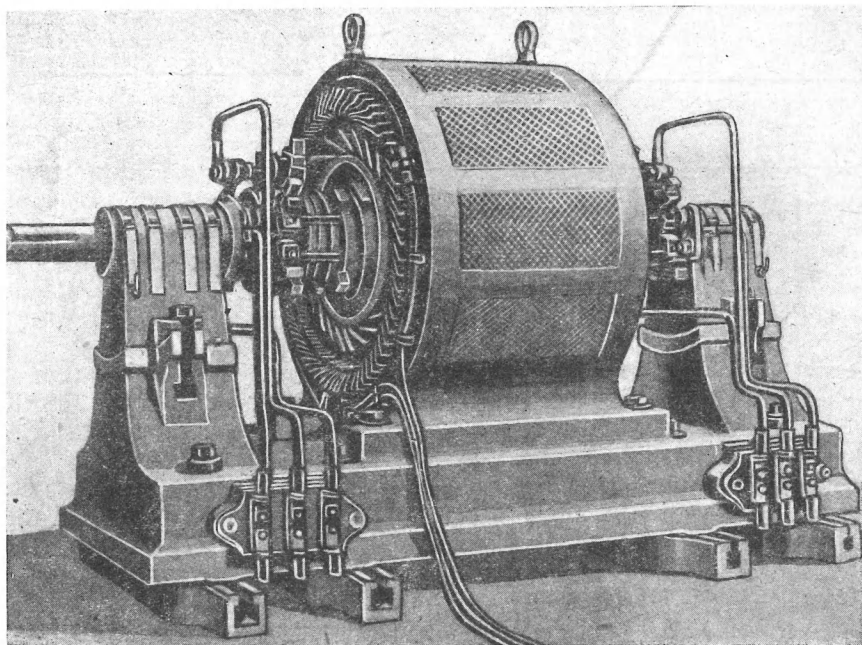
Уже с первых шагов электрической технике пришлось столкнуться с противоречиями буржуазного строя. Оскару фон-Миллеру и другим организаторам этого дела пришлось преодолевать ряд препятствий, которые ставили владельцы земли и предприятий. Не менее характерно, что первая электрическая передача столкнулась с государственными границами. Сорок лет спустя наиболее последовательная форма применения электричества



Фиг. 146. Машина Ферранти.

в технике — единая высоковольтная сеть — отступила перед этими границами. В начале 90-х годов первой передаче препятствовали границы мелкого германского государства Бадена, так как правительство этого государства долго запрещало пересечение проводами баденских границ. Официальная наука, техническая печать и инженерные круги также отрицательно относились к проекту передачи и предрекали, что только 5% энергии дойдет до Франкфурта. Не мало было высказано опасений о судьбе телефонных передач. Вообще первая трехфазная передача встретила ту же рутину, косность и враждебное сопротивление, как и первые железные дороги, первая передача постоянного тока и т. д.

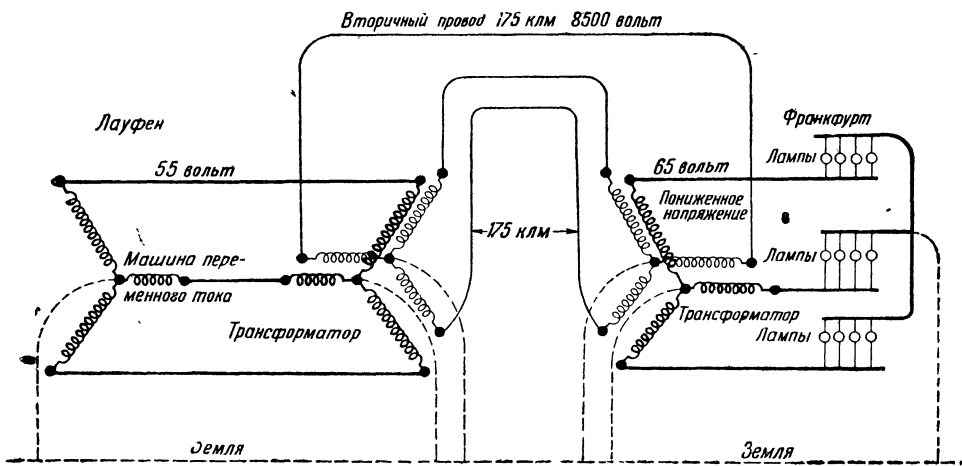
Однако линия была построена. Она состояла из трех медных проводов, подвешенных на столбах на высоте 8 м. Ток передавался под напряжением 8 500 в из Лауфена во Франкфурт. В Лауфене турбина приводила в движение генератор трехфазного тока Броуна. Это — типичная машина 90-х годов, один из первых трехфазных генераторов. Здесь электромагнит вращался перед неподвижным охватывающим его якорем. Якорь состоял из 96 стержней, соединенных между собой в три обмотки, причем в каждом из них перемена тока происходила со сдвигом фазы на 120° . Этот генератор давал ток напряжением в 55 в, который повы-



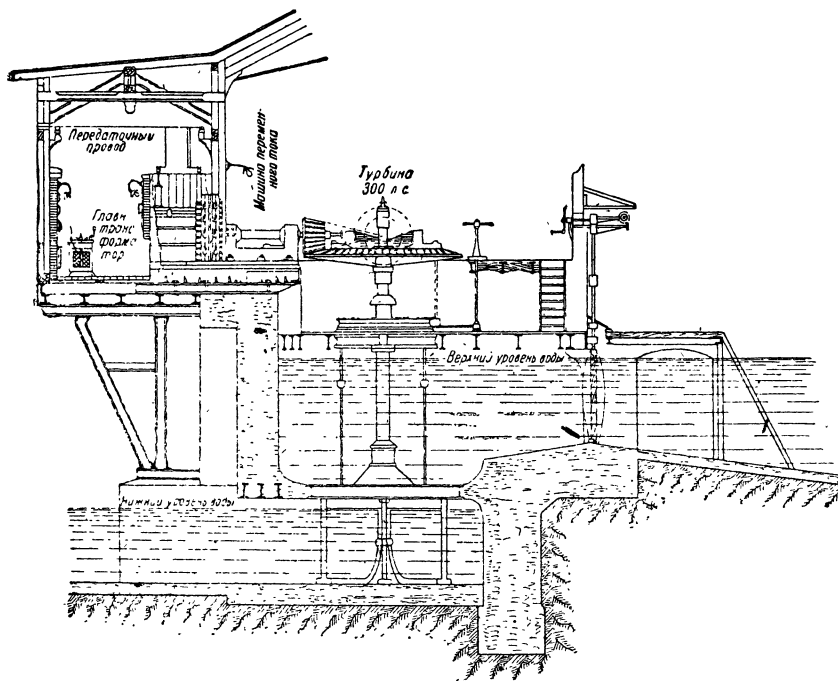
Фиг. 147. Двигатель Доливо-Добровольского.

шался трансформатором. Во Франкфурте другой трансформатор понижал напряжение до 65 в. Ток приводил в движение трехфазный двигатель Доливо-Добровольского.

Лауфен-франкфуртская передача была подвергнута всестороннему изучению. Экспертная комиссия произвела детальные испытания работы машин. Выводы этой комиссии сводятся к следующему: передача энергии на расстояние в 170 км переменным током при напряжении 7 500—8 500 в голым медным проводом доставляла во Франкфурт от 68,5% до 75,2% выработанной в Лауфене энергии. Потери при передаче ограничивались сопротивлением проводов. Влияние емкости при частоте в 30—40 пер/сек было



Фиг. 148. Схема Лауфен-Франкфуртской передачи.



Фиг. 149. Станция в Лауфене.

совершенно ничтожным. Передача была такой же бесперебойной, безопасной и правильной, как при напряжении в несколько сот вольт и расстоянии в несколько метров.

Это заключение имело громадное историческое значение, так как Лауфен-франкфуртская передача соединила в себе все звенья новой электротехники, она включила трехфазный генератор и двигатель, трансформатор и высоковольтную линию переменного тока. Здесь принцип превращения механической энергии в электричество и обратного превращения электричества в механическую энергию, принцип, получивший свое воплощение в революции, произведенной электричеством, получил адекватную форму техники переменного тока. Сама техника переменного тока, начиная с этой передачи, развилась в форме трехфазной электротехники.

Генераторы переменного тока строились еще Граммом и другими конструкторами 70-х годов. В 80-х годах появилось много новых конструкций (Циперновский, Мордей, Форбс, Томсон, Ферранти и др.). В 90-х годах перешли от этих однофазных альтернаторов к многофазным. В этом деле главная заслуга принадлежит Дольво-Добровольскому — до него пользовались малоэкономичным соединением однофазных машин. Частота в первых альтернаторах была различной. Циперновский предложил 42 пер/мин как стандартную частоту. Но и после этого строились машины с разнообразной частотой. С этим эталом электротехники связаны работы над высокочастотными генераторами. Они очень ярко демонстрируют связь переменного тока с радиотехникой. Мы не будем останавливаться на этом, так как радиотехника лежит вне энергохозяйства, и перейдем, в заключение, к новым звеньям теории электричества. Они заключались в открытиях Герца и вообще в дальнейшем развитии теории Максвелла, которая получила широкое распространение в 90-х годах¹. На основе ее шло дальнейшее развитие представлений о свете и электромагнитном поле. В науку были введены понятия электромагнитных волн, их импульса и, наконец, массы. Эта линия развития связана с именами Пойнтинга, Дж. Томсона, Газенерла, Планка, Абрагама и Альберта Эйнштейна. Последний установил эквивалентность всякой массы определенному количеству энергии, которое отличается от массы лишь постоянным коэффициентом пропорциональности, равным квадрату скорости света. Правильно построенная теория относительности должна быть логически связана с Фарадеем, его борьбой против дального действия, его теорией поля. Мы видели, что и исторически эта связь осуществлялась через Максвелла. Но Эйнштейн по сравнению с Фарадеем был сыном другой эпохи. Он не дал такой физической картины, которая соответствовала бы формальным достижениям теории. Не дала ее и вся современная наука. Ясно, во всяком случае, что все дело в электродинамике среды и что техническое применение теорий делает среду, т. е. физическое заполненное пространство непосредственным агентом энергетических процессов, в форме, например, передачи энергии без

¹ Poincare, On Maxwell and Hertz. Nature, vol. 50, 1894, p. 8—11.

проводов. Ясно также, что физическая интерпретация теории относительности невозможна без применения моделей, разработанных электронной теорией, т. е. другой линией учения об электричестве, вышедшей из работ Фарадея.

Но прежде чем говорить об этой другой линии, нужно очертить новый этап электротехники, который можно, правда, весьма условно приурочить к войне и послевоенному периоду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ленин, Империализм, как высшая стадия капитализма, Сочинения, т. XIX, М., 1929.
 2. Вейц, Современное развитие электрификации в капиталистических странах, Л., 1933.
 3. Петров, Вопросы электрического привода в промышленности, «Генплан электрификации», т. II, М., 1932.
 4. Тесла, Опыты над переменными токами, «Электричество», 1892.
 5. Трансформаторы и их развитие, «Электричество», 1894.
 6. В. Т., К истории трансформаторов, «Электричество», 1889.
 7. Лауфен-франкфуртская передача, «Электричество», 1891.
 8. Bingel, Entwicklungslinien des wirtschaftlichen electromotorischen Antriebs in der Industrie. Gesamtbericht, Zweite Weltkraftkonferenz, Berlin, 1930.
 9. Silvanus Thompson, Dynamo-Electric Machinery, ed. IV, 1892.
 10. Ferraris, Wissenschaftliche Grundlagen der Electrotechnik, Leipzig, 1901 (перевод с итальянского).
 11. Martin, Nicola Tesla's Untersuchungen über Mehrphasenströme, Halle, 1895 (перевод с английского).
 12. O'Dea, Electric Power, p. I—II, London.
-

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ

РАЗВИТИЕ ПАРОВЫХ ТУРБИН

Генезис паровой турбины. Паровые турбины до 80-х годов. Турбина Лавалля. Паровая турбина и электрификация. Турбина Парсонса. Эльберфельдские испытания. Турбина Рато. Турбина Кертиса. Современные турбины. Крупнейшие турбины в США и в Европе

Развитие электрических станций вызвало к жизни новые первичные двигатели и в 90-х годах рядом, а кое-где и впереди паровой машины оказалась паровая турбина.

Развитие электрического генератора опиралось на гораздо более быстроходные двигатели, чем те, которые обычно применялись в капиталистической промышленности. Поэтому 90-е годы прошлого века характеризуются новыми тенденциями в конструировании паровых машин. В 90-х годах одним из основных направлений в конструировании паровой машины оказалось стремление во что бы то ни стало увеличить ее быстроходность. В эти годы появляется целый ряд новых паровых машин, предназначенных для электрических станций¹. Эти новые конструкции обладают большим числом оборотов: от 200 до 600 в минуту. Особенно много их появилось в США, где, как известно, впервые появилось массовое электрическое освещение, а также в Германии.

Из них машина Бродерхуда имела 600 об/мин и считалась наиболее быстроходной машиной. Наиболее совершенной была машина Виланса, выставленная на Парижской выставке. Она обладала мощностью в 2 400 л. с., но число оборотов достигало лишь 400 в минуту. Вообще в быстроходных паровых машинах 90—900-х годов быстроходность вступала в противоречие с мощностью установок. Конструкторам удавалось создать быстроходные паровые машины небольшой мощности, значительно меньшей чем та, которая нужна для мощных генераторов, связанных с концентрацией электроснабжения. Чем дальше шла концентрация, чем большая электрическая мощность требовалась на электростанциях, тем более остро ощущалась нужда в новом первичном двигателе, сочетающем большую мощность с быстроход-

¹ Matschoss, p. I, S. 189.

ностью. Этим двигателем стала паровая турбина. Конструкторами паровых турбин 90-х годов являются Лаваль и Парсонс. Если мы остановимся на предшествующих роторных паровых двигателях, то увидим рельефную внутреннюю логику развития турбины, объективную последовательность отдельных этапов. Мы увидим объективную связь таких принципов, как применение нескольких ступеней давления, нескольких ступеней скорости, применение активного и реактивного действия пара. Одновременно, рассматривая предшественников Лавалья и Парсонса и отличие их изобретений от тех конструкций, с которыми связана победа паровой турбины, мы увидим те общественные отношения, с которыми связано широкое применение турбин в энергохозяйстве.

Основные принципы паровой турбины были осуществлены задолго до паровой техники и вообще задолго до капитализма. Еще во втором веке до нашей эры Герон Александрийский построил тот вращающийся шар, о котором мы говорили в шестой главе. Из этого шара пар выходил по двум загнутым трубкам. Таким образом Герон построил первую паровую реактивную турбину. Через полторы тысячи лет с лишним Бранка описал первый известный нам активный роторный двигатель.

Поколение, создавшее паровую машину, исходило из гидроэнергетических аналогий. Мы уже видели, что идея паровой и газовой турбин исторически предшествовала поршневой машине. Даже сам Уатт, так же как его предшественники, конкуренты, сотрудники и преемники (Кук, Горнблэуэр, Тревитик, Мердок, Модсли) пытался построить ротационный паровой двигатель.

В патенте 1769 г. Уатт писал:

«Там, где нужно движение вокруг оси, я придаю паровому сосуду форму пустого кольца или круглых каналов с соответствующими отверстиями для впуска и выпуска пара; сосуд этот, подобно водяному колесу, помещается на горизонтальной оси. Внутри сосуда находятся клапаны, которые позволяют всякому телу движение внутри канала только в одном направлении. Внутри сосуда помещаются также грузы, закрепленные таким образом, что заполняют часть канала, но, как указано выше, могут двигаться независимо от него. Когда пар впущен между грузами и клапанами, он действует одинаково на грузы и на клапаны, поэтому он должен поднимать грузы по одну сторону колеса и опускать их по другую сторону и вследствие действия клапанов постепенно сообщать колесу вращательное движение, причем клапаны будут открываться в ту сторону, в которую движутся грузы, а не в противоположную. В то время как колесо получает вращательное движение, пар подводится к нему из котла, а отработанный пар или конденсируется, или выпускается прямо в атмосферу»¹.

В 1799 г. Мердок также предлагал роторный паровой двигатель, конструктивно сходный с коловратным насосом.

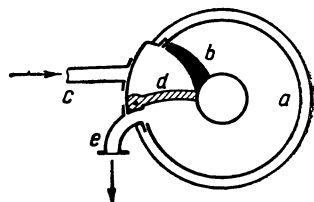
Все эти отдельные, разделенные веками проекты турбин свя-

¹ Радциг, Джемс Уатт и изобретение паровой машины, II, 1924, гл. VII.

заны каждый со своей эпохой, но они не связаны между собой и поэтому не дают нам материала для каких-либо выводов о спонтаннейшем развитии турбин.

Другое дело XIX в. В середине XIX в. существовал целый ряд водяных турбин, и принцип непрерывного вращательного движения был заимствован паротехникой у гидравлических двигателей, где этот принцип нашел свое выражение в ряде сравнительно совершенных конструкций. В XIX в. существовал не только целый ряд проектов, описаний и теоретических расчетов водяных турбин, но существовал целый ряд осуществленных установок, причем в связи с этим уже найдено было оптимальное соотношение между скоростью потока, приводящего в движение колесо, и скоростью самого колеса.

Опыт, связанный с паровыми машинами, показал, что тепловой двигатель отличается от гидравлического двигателя с непрерывным вращательным движением гораздо большей скоростью истечения пара или газового потока. Эта скорость долго была роковым препятствием для технического осуществления идеи роторного двигателя, работающего паром. У Делоншана в 1853 г. мы встречаем следующее определение оптимального соотношения между скоростью пара и скоростью приводимого им в движение колеса:



Фиг. 150. Чертеж ротационного двигателя Уатта в патенте 1782 г.

«Пар, как бы ни было мало его давление, имеет чрезвычайно большую скорость при истечении из сосуда, в котором он заключен. Для того чтобы дать хороший к. п. д., скорость на окружности колеса, приводимого в движение паром, не должна быть меньше половины скорости пара, а это обстоятельство мешало до сих пор употреблению реактивных колес. Действительно, водяной пар при 5 ат начального давления вытекает в воздух со скоростью 500 м в секунду. Колесо, которое этот пар приводит в движение, должно иметь скорость на окружности около 300 м/сек.

Следовательно, если бы диаметр этого колеса был равен 0,95 м, то оно должно было бы делать 6 000 об/мин и ось этого колеса при каком угодно диаметре вращалась бы с такой быстротой, которой не могли бы выдержать никакие подшипники, так как они заторелись бы через короткий промежуток времени»¹.

Отсюда ясно, что при переходе непрерывно вращающегося колеса из области гидротехники в область теплотехники основным барьером, основным препятствием была чрезмерная скорость истечения пара, требовавшая для своего оптимального использования такой скорости колеса, которая была не по силам технике сто лет тому назад. Высокая скорость, как мы увидим дальше, задерживала применение паровых турбин даже в тот момент, когда револю-

¹ Радциг, Развитие паровой турбины Л, 1934, стр. 8.

ция, произведенная электричеством, потребовала быстроходных первичных двигателей.

К этому времени уже было найдено решение проблемы использования быстрого потока. Это решение — применение в турбине нескольких ступеней — было высказано в том же 1853 г. Турнером, который был, таким образом, предшественником Парсонса¹. Турнер представил французской Академии наук проект многоступенчатой реактивной паровой турбины. В записке он пишет следующее:

«Упругие жидкости (т. е. газы и пары) приобретают громадную скорость даже при слабых давлениях. Чтобы надлежащим образом использовать эти скорости на простых колесах, аналогичных водяным турбинам, нужно было допустить чрезвычайно большие скорости вращения и сделать очень малыми площади для прохода даже большого количества пара. Можно избежать этих трудностей, заставляя газ или пар терять свое давление или постепенно или сразу отдельными частями и действовать несколько раз на лопатки паровых турбин, соответственным образом размещенные. Если разность давлений велика (как это имеет место в паровой машине), то станет ясно, что нужно иметь большое число турбин для достаточного уменьшения скорости рабочей жидкости. Легкость и небольшие размеры движущихся частей позволяют при этом допускать скорости вращения, значительно большие по сравнению со скоростями обыкновенных машин».

Это чрезвычайно интересный отрывок. Мы здесь видим очень четкую формулировку связи паровых турбин с гидравлическими колесами. Мы видим при этом ясное понимание принципиальной разницы между применением газа и пара и применением потока воды. Эта разница заключается в очень большой скорости истечения пара даже при небольшом давлении. Наконец, в этом отрывке мы видим отчетливо сформулированный принцип, при помощи которого можно избежать затруднений, связанных с высокими скоростями пара — принцип многоступенчатой турбины.

Однако в 1853 г. потребность производства в быстроходных двигателях была еще не настолько серьезной, чтобы вызвать перелом в развитии теплотехники. Этот перелом произошел позже, в конце века. Однако этот переход был подготовлен в тех отраслях производства, которые еще раньше, чем энергетика, потребовали быстроходных двигателей. Большое число оборотов, быстрота вращения требовались для ряда машин, которые сами по себе не играли значительной роли, но подготовили применение быстроходных двигателей в решающих отраслях производства. Это прежде всего *вентиляторы*, *центробежные насосы*, *круглые пилы* и т. п. Здесь и появились первые промышленные турбинные установки.

Можно заметить некоторую аналогию между этой областью и применением электричества. В классический период пара электричество применялось в тех областях (связь, затем освещение),

¹ Sosnowski, Roues et turbines à vapeur, Paris, 1897, p. 51; Радциг, стр. 8.

где уровень централизации возвышался над общим уровнем капиталистического производства. В тот же период внутри самой паровой техники господствовала поршневая паровая машина. Но для широкой механизации производства нужно было ввести в паровую технику другой двигатель для тех отраслей, которые превышали общий уровень по быстроходности исполнительных механизмов.

Сто лет тому назад, в 1835 г., на нескольких американских лесопилках были установлены выпущенные за два года до этого паровые турбины кустарного изготовления. Это были очень простые одноступенчатые, радиальные турбины, где пар проходил через полую ось, затем шел в радиальном направлении по трубам, которые загибались в стороны¹. Такая турбина похожа на вращающийся шар Герона и в то же время напоминает раннюю конструкцию Парсонса. Другой машиной, которая, так же как и круглая пила, требовала быстроходного двигателя, был сепаратор. В этой области ясно виден переход от применения паровой турбины для быстроходных исполнительных механизмов к ее применению в энергетическом хозяйстве. Турбина, которая могла бы вращать не только сепараторы, круглые пилы и т. д., но и генераторы, была сконструирована Лавалем в результате работы, начавшейся изобретением сепаратора.

Паровая турбина замыкает собой ряд перечисленных быстроходных машин XIX в. и преемственно связана с ними. С другой стороны, она связана с электрификацией. Первая сторона ярко сказалась в работах Лавалья², вторая — в конструкциях Парсонса. Лаваль обобщил ряд самых разнообразных технических тенденций, и с этой точки зрения характерна его биография.

Густав-Патрик де-Лаваль, потомок французских гугенотов, вырос в крестьянской Далекарлии. Здесь шестивековая горная промышленность сочеталась с молодым индустриальным земледелием. Не только Далекарлия, но и вся Швеция отличалась в то время чрезвычайно живописным экономическим ландшафтом. Остатки средневекового ремесла и торного дела здесь причудливо переплетались с новыми техническими тенденциями. Архаические водяные колеса — и рядом первые гидроэлектростанции. Фалунские рудники, поставлявшие металл чуть ли не крестоносцам, — и выплавка легированной стали. Все эти контрасты сочетались с развитым и быстро механизующимся сельским хозяйством, требовавшим новых, оригинальных двигателей, отличающихся от тех, которые распространились в промышленности.

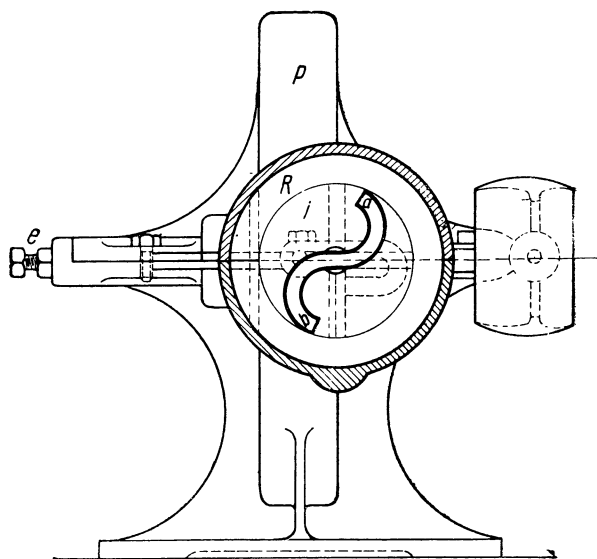
На этом фоне выступает фигура одного из самых разносторонних и оригинальных инженеров XIX в. Лаваль окончил в 1866 г. Технологический институт и в 1872 г. математический факультет университета в Упсале и начал работать на Фалунских рудниках. Здесь начинается поток новых технических идей, который не иссяк до самой смерти Лавалья.

¹ F. Hodgkinson, An Historical Review of steam turbine-progress, 1921, p. 3; Радциг, стр. 10.

² Sosnowski, p. 92—93, 150—185.

Шведская промышленность, находившаяся в то время на переломе, открывала для этого все новые области применения, и Лаваль с бешеной энергией бросается по этим многочисленным направлениям: обработка фосфорной руды, цинк, серная кислота, бутылочное производство, снова металлургия, на этот раз электрическая печь для выплавки чугуна — таковы области первых патентов и первых предприятий Лавалья. Но особое значение имели те работы Лавалья, которые предназначались для сравнительно развитой шведской сельскохозяйственной промышленности.

В 1878 г. он сконструировал сепаратор для молока. Этот сепаратор работал при 6 000—7 000 об/мин. Лаваль решил построить быстроходный двигатель, который мог быть посажен на один вал



Фиг. 151. Реактивная турбина для сепаратора Лавалья.

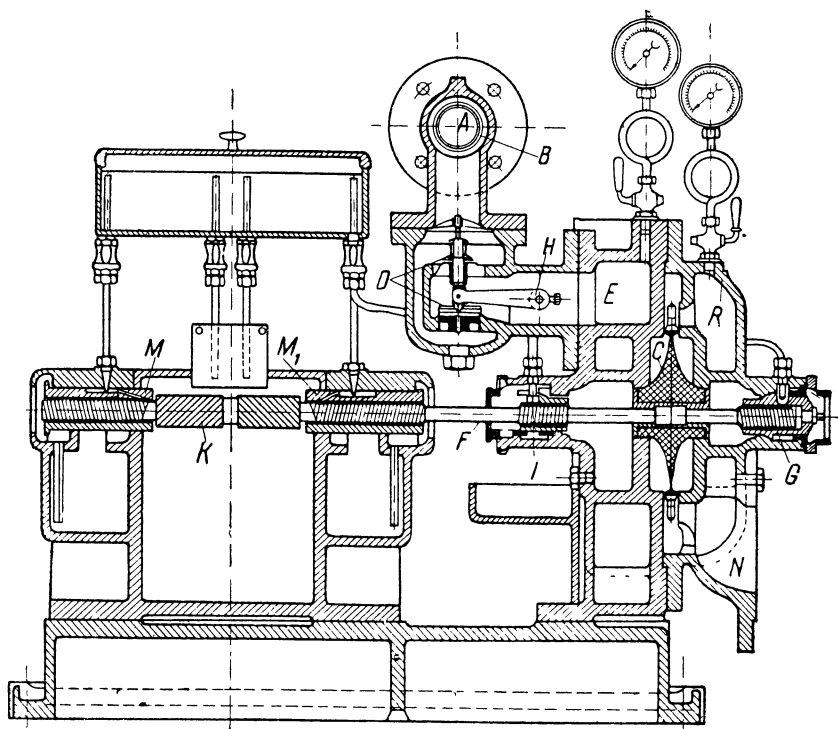
с сепаратором. В качестве такого двигателя он изобрел реактивную паровую турбину в примитивной форме сегнерова колеса.

В 1883 г. Лаваль получил патент на эту реактивную турбину, работавшую паром или водой (фиг. 151). Дальнейшим усовершенствованием реактивной турбины Лаваль стремился уменьшить расход пара. В этот период он пришел к идее расширяющегося сопла. Это было переломным моментом развития всей теплотехники и одновременно переходом от реактивной турбины Лавалья к активной.

Турбины Лавалья использовали всю энергию пара в одной ступени и достигали громадных скоростей. Отсюда — необходимость зубчатой передачи, на которой Лаваль остановился, после того как испробовал фрикционные муфты, ремни и т. п. для уменьшения числа оборотов.

Первая турбина Лавала была выпущена его заводом в 1890 г. Ее мощность составляла 5 л. с. В это время, т. е. в начале 90-х годов, появился ряд других изобретений Лавала, имеющих и поныне серьезное значение в турбостроении. Из них следует упомянуть о запатентованном в 1891 г. способе закрепления лопаток.

В 90-х годах активные турбины с расширяющимся соплом получают широкое распространение. Все они отличаются чрезвычайной быстроходностью. В 1893 г. на выставке в Чикаго работали небольшие турбины Лавала со скоростью в 30 000 об/мин.



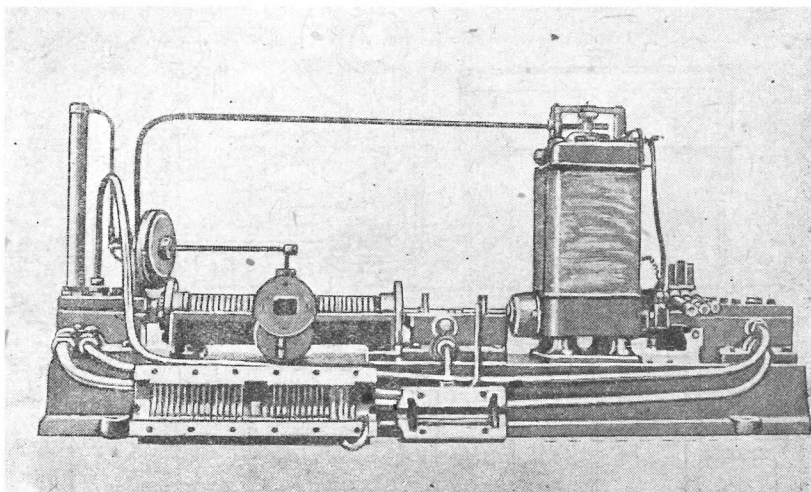
Фиг. 152. Разрез турбины Лавала.

Поэтому Лаваль применил в своих турбинах зубчатую передачу. Необходимость зубчатой передачи ограничивала мощность установок. Самая крупная турбина Лавала обладала мощностью в 500 л. с. с числом оборотов 9 870.

Второй период работы Лавала в области турбостроения относится к концу 90-х годов. В это время Лаваль организует акционерную компанию для использования горных рек Швеции и ее электрификации. Одновременно он стремится создать новую металлургическую технологию и насадить в Швеции химическую промышленность. Таким образом разносторонний гений Лавала охватывает передовые технические тенденции последних лет

XIX в. Нас не удивляет поэтому то обстоятельство, что у истоков техники высокого давления мы также встречаем его имя.

Первые попытки применения пара высокого давления не могли увенчаться успехом. К ним относится паровой котел Альбана, сконструированный в 1830 г. в Германии. Здесь давление достигало 40 ат. В 1880 г. Шмидт построил котел с давлением 60 ат. Лаваль пошел гораздо дальше своих предшественников. Он применил давление свыше 100 ат, причем его установка действительно работала. На выставке в Стокгольме в 1897 г. был установлен котел, построенный Лавалем. Давление в котле достигало 120 ат. Этот пар вращал турбину в 100 л. с., делающую 13 000 об/мин. Турбина вращала генератор, освещавший выставку.



Фиг. 153. Турбина Парсонса с динамо.

Реактивная турбина, изобретенная Парсонсом¹, получила гораздо более широкое распространение, чем турбина Лавалья, и в этом факте мы видим отражение той глубокой связи паровых турбин с революцией, произведенной электричеством, о которой мы говорили раньше.

Турбина Парсонса получила наиболее широкое распространение именно благодаря тому, что она была непосредственно связана с ведущей технической тенденцией конца века — с переходом к электрической технике, с развитием электростанций. Для турбины Лавалья характерно влияние предшествующего развития роторных двигателей, связь с предыдущими турбинами; она непосредственно примыкает к роторным конструкциям середины века, дополнявшим паровую машину, к турбинам, которые применялись

¹ Richardson, The Evolution of the Parsons' steam turbine, London, 1911.

для крутых пил, сепараторов, вентиляции и т. д. Турбина Лаваля является как бы завершением всех этих конструкций. Турбина Парсонса, наоборот, сразу же исходит из потребностей электрохозяйства. Турбина эта с самого своего возникновения рассчитана на электростанции. Электростанции были основной областью применения турбин, той областью, в которой паровая турбина одержала победу над паровой машиной. Именно поэтому турбина Парсонса получила гораздо большее распространение, чем турбина Лаваля.

Для того чтобы турбина без редуктора могла быть насажена на один вал с электрическим генератором, нужно, чтобы число оборотов этой турбины соответствовало числу оборотов генератора, и поэтому развитие турбины Парсонса в части быстроходности идет параллельно развитию генератора.

Последовательные этапы электрической техники увеличили оптимальную скорость электрического генератора, но, конечно, не довели ее до оптимальной скорости первичного двигателя, использующего пар в одной ступени. Поэтому нужна была многоступенчатая турбина, какой была турбина Парсонса.

Биография Парсонса в очень яркой форме отразила основные черты эпохи. По своему рождению Чарльз Парсонс принадлежал к той группе родовой аристократии, которая была оплотом английской империалистической политики. Его отец лорд Росс сгруппировал в своем поместье, где была выстроена крупнейшая в то время обсерватория, кружок выдающихся ученых. Крупнейшие мыслители, типа Джонсона Стоunea, с детства окружали молодого Парсонса. Вместе с тем принадлежность к родовой и финансовой олигархии обеспечивала непосредственную возможность применения работ Парсонса в основных отраслях промышленности, характерных для эпохи империализма. Из них самая важная — электротехническая промышленность. Связь Парсонса и его турбины с электротехникой является основной чертой, объясняющей характер и историческую последовательность всех его работ. Эта же черта выступает на первый план при сравнении Парсонса с Лавалем.

Для Лаваля характерна величайшая разносторонность. Он работал в десятках отраслей. Торф, водопады, доильные машины, обогащение руд, рафинирование цветных металлов, электрическая печь — в каких только областях не появлялись изобретения Лаваля! Если присмотреться ближе к ним, то мы увидим, что



Фиг. 154. Парсонс.

в основном Лаваль работал во второстепенных отраслях капиталистической промышленности, причем в таких, где осваивались новые технические принципы и прежде всего высокие скорости. Лаваль объединяет технические тенденции, вызревавшие на боковых, «проселочных», дорогах капиталистической промышленности, в одну большую техническую идею, вошедшую в арсенал революции, произведенной электричеством. Но он не был деятелем этой новой революции. Турбины Лавалья не вошли в современную энергетическую технику, а лишь подготовили для нее необходимые элементы. Современная турбина построена Парсонсом. Это — конструктор, знавший «одной лишь думы власть». Он не сводит десятки новых технических тенденций в одну новую техническую идею. Напротив, он из уже найденной идеи выводит десятки усовершенствований, необходимых для ее осуществления. Парсонс идет от энергохозяйства, от электростанций, и его работы демонстрируют не «вертикальную» связь турбин с быстроходными двигателями прошлого, а «горизонтальную» связь с современными ей сдвигами в других отраслях.

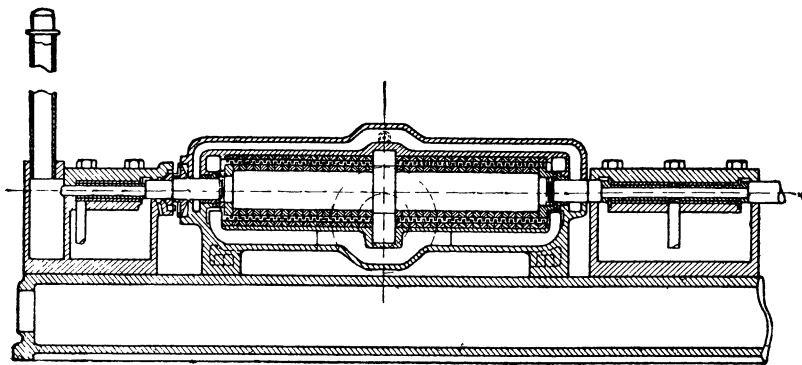
Парсонс учился в Кембриджском университете, окончил его и поступил на завод Армстронга. Колоссальные металлургические, машиностроительные и артиллерийские заводы Армстронга относятся к той новой большой группе предприятий, которая была названа «Интернационалом смерти и разрушения». На этих заводах особенно ярко видна связь между империализмом и новым этапом индустриальной техники. Здесь у Армстронга был построен первый двигатель Парсонса, который вращал динамо Сименса со скоростью 4 000 об/мин. После этого Парсонс начал работать на заводе Джемса Китсона, где турбины в 10 и 20 л. с. выпускались сериями для динамо.

В 1844 г. была запатентована реактивная турбина со ступенями давления. В том же году она была построена. Характерно, что, начиная с этой машины, мощность паровых турбин измеряется киловаттами, так как они предназначались для динамомашин. В этой турбине пар шел от середины к обеим сторонам. Этим уравнивалось осевое давление. Конструкция непрерывно совершенствовалась, и вскоре турбина этого типа приводила в движение динамомашину на корабле. С 1887 г. появился известный «лабиринт», который позволил перейти к турбинам с одним протоком пара.

К концу 80-х годов существовал целый ряд турбин Парсонса, которые соединялись непосредственно или посредством редукторов с генераторами осветительных станций. До 1889 г., т. е. в эпоху применения электричества для городского освещения и транспорта, число таких установок дошло до 300.

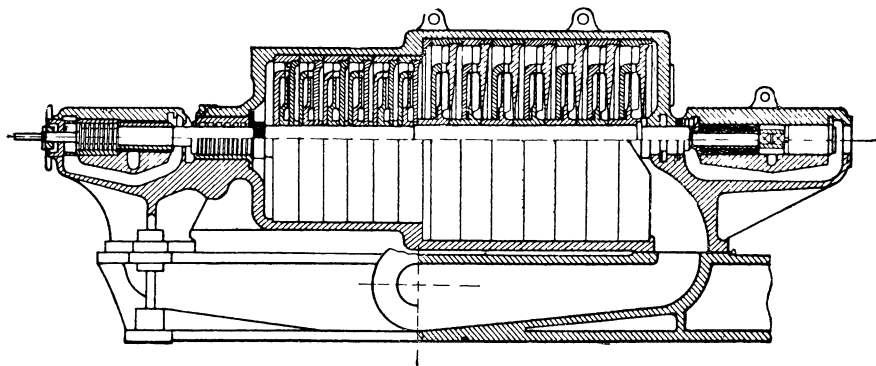
В 1889 г. произошел любопытный казус, который изменил направление конструкторской работы Парсонса и является примером задерживающего, регрессивного влияния капиталистической собственности на техническое развитие. В это время Парсонсу пришлось выйти из фирмы, в которой он работал, причем монопольное право на производство аксиальных турбин осталось за

этой фирмой. Поэтому в продолжение пяти лет, пока ему снова удалось приобрести право на конструирование этих турбин, работа Парсонса шла по другой линии, по линии радиальных многоступенчатых турбин. Первая из этих турбин была названа «Джумбо» (фиг. 156). Мощность ее — 32 квт при 6 000 об/мин.



Фиг. 155. Первая турбина Парсонса.

В ней движущиеся колеса чередовались с неподвижными дисками. От этой турбины он перешел в 1893-г. к другой, которая представляла собой несколько реактивных колес. Эта турбина была названа «Герон» по имени конструктора первого теплового двигателя — первой реактивной паровой турбины.



Фиг. 156. «Джумбо».

В продолжение пяти лет (1889—1894) Парсонс конструировал радиальные турбины. В результате оказалось, что они по своему к. п. д. значительно хуже осевых турбин (лучшие — на 12%, а «Герон» — на 30%)¹. Поэтому в 1894 г., когда Парсонс снова получил право конструировать осевые турбины, он создал целый

¹ Радциг, стр. 19

ряд аксиальных многоступенчатых реактивных турбин, которые применялись для осветительных и трамвайных электрических станций. Одной из первых была установка на электрической станции лондонского метрополитена. В Лондоне и других городах Англии турбина Парсонса получила широкое распространение уже в 90-х годах, но в Европе их применение несколько тормозилось. Переломным явился последний год века—1899 г., когда Парсонсу были заказаны две очень крупные по тогдашнему времени турбины по 1 000 квт для Эльберфельдской станции. Заказ таких больших машин английской фирме вызвал большое недовольство среди машиностроительных магнатов Германии. Отсюда чрезвычайно строгая приемка, которую встретили машины Парсонса. Испытания эльберфельдских турбин являются поворотным моментом в распространении турбин на континенте. В момент этого испытания взоры всей технической общественности и технических кругов были направлены к Эльберфельду.

Приведем результаты испытаний ¹:

Нагрузка в квт	Среднее да- вление впуска в кг/см ² абс	Темпера- тура пара при впуске в °С	Величина перегрева по Цельсию	Противода- вление в кг/см ² абс	Расход пара в кг/квтч
1 190,1	10,11	189,5	10,2	0,063	0,81
994,8	10,43	192,0	11,1	0,053	9,14
745,3	10,76	190,0	8,0	0,054	10,12
498,7	10,40	209,7	29,1	0,046	11,42
246,5	10,14	196,4	17,0	0,05	15,31

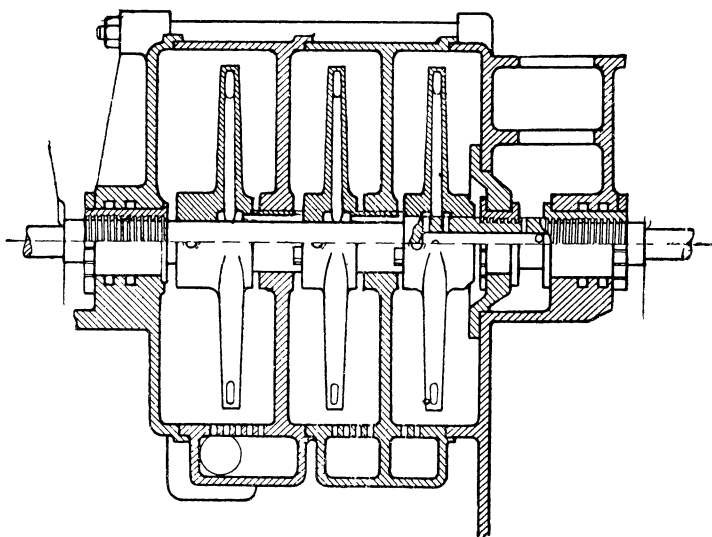
Испытания показали постоянство числа оборотов при меняющихся нагрузках электрических станций. Разница между числом оборотов при холостой и нормальной нагрузке равнялась всего 3%. При внезапном сбрасывании нагрузки число оборотов возрастало всего на 10%. Таковы были результаты эльберфельдских испытаний, после которых турбина Парсонса, наконец, пробила себе дорогу в электрохозяйство европейского континента.

Связь турбины Парсонса с электротехникой, с электрификацией силового аппарата промышленности, с развитием электрических станций и сетей подчеркивается также ролью электротехнических фирм в возникновении индустриального турбостроения. Монополистическое развитие электротехнической промышленности приводило к захвату новой области под власть крупнейших электротехнических объединений. С тех пор как турбины Парсонса стали неотъемлемой частью каждой электростанции, производство этих турбин стало важнейшим участком монополистической концентрации электропромышленности. Накануне эльберфельдских испытаний крупнейшая швейцарская электротехниче-

¹ Радциг, стр. 21.

ская фирма Броун-Бовери приобрела патент Парсонса и начала изготавливать его турбины одновременно с генераторами. Эта фирма стремилась монополизировать поставку комплектного оборудования для электростанций и стала на континенте основной фирмой, изготавливающей турбины Парсонса.

Теперь перейдем к другим принципам многоступенчатой турбины. На пороге XX столетия Огюст Рато¹ создал активную многоступенчатую турбину. Рато родился во Франции в 1863 г., умер в 1930 г. Он окончил Политехническую школу и Горную школу и был профессором сначала в провинции, потом в Париже. Характерно, как много конструкторов паровой турбины вышло из академических кругов. Какой разительный контраст в этом отно-



Фиг. 157. Герон.

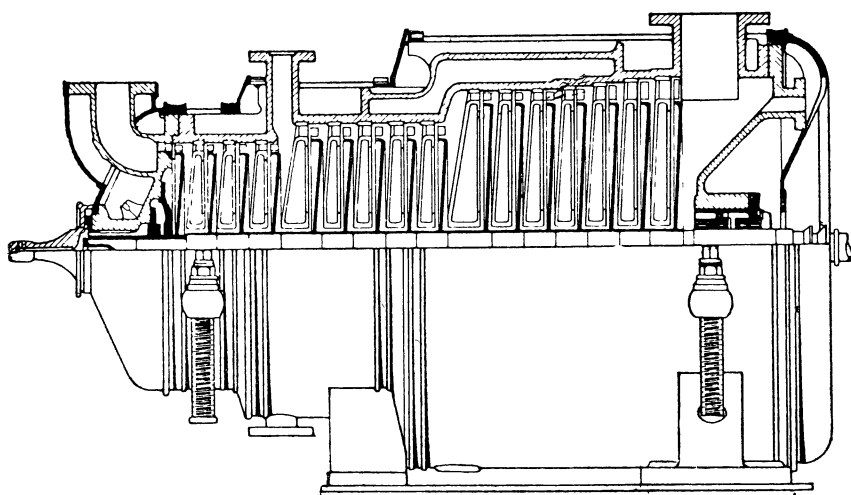
шении между зарей капиталистической техники, когда основные конструкции были созданы эмпирически практиками, зачастую не обладающими каким-либо специальным техническим образованием, и развитием турбин, когда основные конструкции вышли из лабораторий, из научно-исследовательских институтов, были созданы на основе большой теоретической работы людьми типа Парсонса и Рато. Это показывает, какое значение приняло теоретическое обобщение и сознательное применение научных принципов. На пороге нового века Рато создал новую турбину. На Международном конгрессе по прикладной механике, имевшем место в Париже в 1900 г., он сделал доклад о находившейся в постройке многоступенчатой активной турбине². В том же году ее части были

¹ Радциг, стр. 25—27.

² Congrès international de mécanique, vol. III, Paris, 1901, p. 91.

выставлены на Всемирной выставке. Такие требования, как быстроходность, оптимальное число оборотов, постоянство числа оборотов, были уже к этому времени достигнуты в машинах Парсонса, которые изготовляла фирма Броун-Бовери. Здесь же преимуществу заключались главным образом в повышении к. п. д. и разработке существенных деталей. В своем докладе Рато сообщил, что расход пара не будет превышать в его машине 5,7 кг/л. с. ч. при начальном давлении в 13 ата и противодавлении в 0,10 атм.

Турбина Рато представляет собой по сравнению с турбиной Парсонса следующий шаг турбостроения по основному направлению его развития. В противоположность последующим конструк-

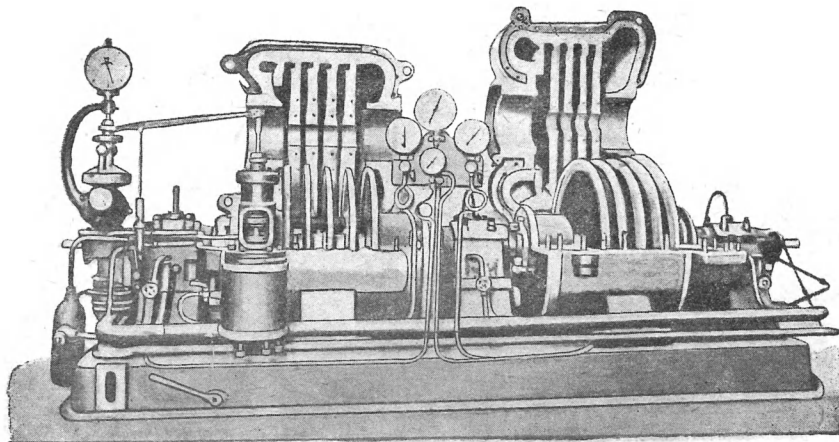


Фиг. 158. Турбина Рато.

циям турбина Рато не только конструктивно усовершенствовала уже осуществленные схемы, но воплотила в себе новые технические принципы. В активной турбине Рато пар не расширяется в рабочем колесе. Здесь нет осевого давления. Таким образом здесь характер самого процесса устраняет утечку пара и осевое давление, с чем боролся Парсонс при помощи специальных конструкций (лабиринта, разгрузочного поршня). Ряд других преимуществ активной турбины позволил перейти к более прочным материалам для изготовления турбинных лопаток.

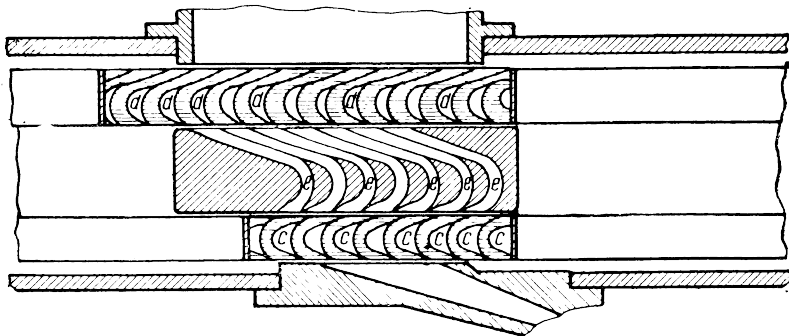
Рато принадлежит ряд других открытий в теплотехнике. Он был изобретателем теплового аккумулятора. Рато принадлежит и другая чрезвычайно важная идея. Он применил отходящие газы двигателя внутреннего сгорания (аэропланного двигателя) для газовой турбины, игравшей вспомогательную роль (сжатие разреженного на большой высоте воздуха). Перед смертью (1930 г.) Рато опубликовал результаты своих работ над этой проблемой.

Однако мы оставим в стороне эти изобретения и остановимся на развитии активной многоступенчатой турбины. Эта машина получила широкое распространение в Европе после 1903 г., когда главный инженер Цюрихского завода Эшер-Висс Целли придал ей улучшенную конструктивную форму и, в частности, сократил число ступеней¹.



Фиг. 159. Турбина Целли.

Между тем, в США развивалась турбина, основанная на ином принципе. Один из пионеров американской электротехнической промышленности Чарльз Гордон Кертис² сконструировал колесо



Фиг. 160. Схема колеса Кертиса по патенту 1896 г.

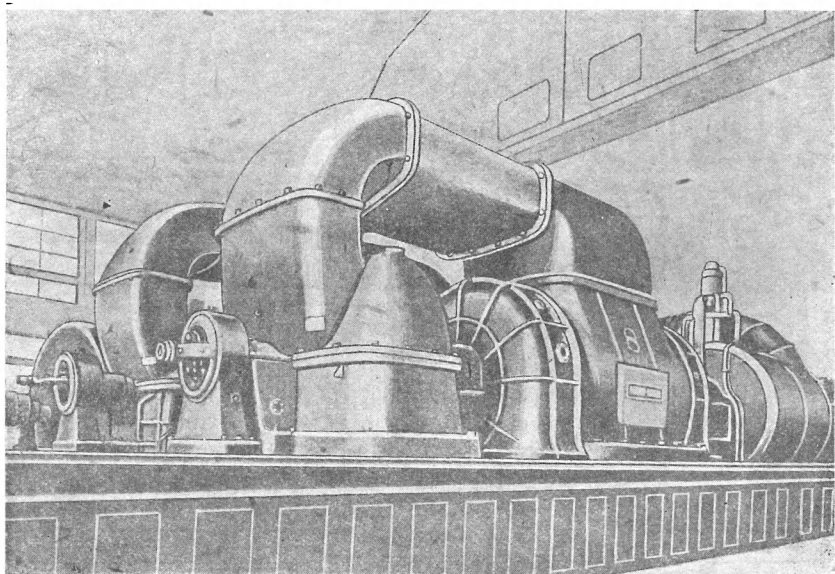
со ступенями скорости. Здесь пар терял свою скорость в каждом ряде рабочих лопаток, меняя при этом направление при помощи неподвижных направляющих лопаток. Отсутствие разности да-

¹ Stodola, Dampf und Gasturbinen, Berlin, 1924, S. 527.

² Радциг, стр. 28—29.

влений облегчило конструкцию этой турбины и последующее широкое распространение ее сначала в США, а потом и в Европе. Эти турбины изготовлялись американской электротехнической фирмой Дженерал электрик с начала 900-х годов, а затем с 1904 г. также германской Всеобщей компанией электричества.

Остановимся теперь на тех принципах, которые были осуществлены позже и характерны для следующего этапа энергетической техники, совпадающего с войной и послевоенным временем. В следующих главах мы остановимся подробнее на этом этапе, но сейчас, чтобы закончить очерк развития турбин, коснемся их послевоенного состояния.



Фиг. 161. Турбина в 160 тыс. квт.

Уже в XIX в. неоднократно пытались применить в паровых машинах очень высокое давление пара. В 1897 г. Лаваль выставил в Стокгольме турбину в 500 квт с давлением 200 ат. Но все это не оказало влияния на промышленное турбостроение. Только после войны технические круги обратили внимание на опыты Шмидта.

В 20-х годах начинается распространение турбин высокого давления. В 1924 г. в Лангербрюгге были установлены на электростанции две форшальт-турбины, изготовленные заводом Броун-Бовери, с давлением пара 50 ат и температурой 450°. В последующее десятилетие станции высокого давления с турбинами, где используется давление пара выше 50 ат, в своем развитии ярко отразили обострившиеся капиталистические противоречия. Если взять список этих установок (приведенный в докладе Баумана)

на Втором мировом энергетическом конгрессе¹, становится ясным, что, несмотря на резкое снижение расхода пара, распространение новых установок тормозится оковами капиталистической собственности.

В заключение упомянем о рекордной мощности современных турбин. Самые большие европейские турбины с 1 500 об/мин достигают 80 000 квт, а с 3 000 об/мин — 50 000 квт. В США они гораздо крупнее. Наиболее крупной следует считать турбину в 160 000 квт, построенную заводом Броун-Бовери и установленную в Нью-Йорке. Из многовальных турбин самая крупная турбина в 208 000 квт на станции Стейт-Лайн в Чикаго. Прошло уже несколько лет с тех пор, как она была установлена, но до сих пор этот рекорд не превзойден. В 1934—1935 гг. в Европе крупнейшая турбина монтировалась в Англии на станции Беттерси. Ее мощность — 105 000 квт. В США тоже упомянутые выше турбины в 208 000 и 160 000 квт остаются самыми крупными. Интересно отметить, что некоторые заводы заявили о своей готовности построить турбины в 250 000 квт, причем существенные затруднения связаны с перевозкой этих гигантов. Последние годы дали возможность судить о работе турбин высокого давления. С 1932 г. в Детройте работает турбина с температурой в 537,7°. Показатели ее эксплуатации удовлетворительны, но она требует исключительного внимания к работе перегревателя. Хорошо работает турбина в Чехо-Словакии (124 ат 500° С). Наконец, подобная же турбина вполне освоена и работает бесперебойно у нас на ТЭЦ высокого давления в Москве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Радциг, Развитие паровой турбины, Л., 1934.
2. Sosnowski, Roues et turbines à vapeur, Paris, 1897.
3. R. Nielson, The steam turbine, London, 1908.
4. Hodgkinson, An Historical Review of steam turbine-progress, 1921.
5. Stodola, Dampf und Gasturbinen, Berlin, 1924.
6. Baumann, Neuere grosse Dampfturbinen, Gesamtbericht zweite Weltkraftkonferenz, Berlin, 1930.

¹ Baumann, Neuere Dampfturbinen, Gesamtbericht zweite Weltkraftkonferenz, Berlin, 1930.

ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Газовые двигатели в эпоху пара. Двигатели 60-х годов. Автомобильные двигатели и автопромышленность. Авиационные двигатели. Двигатели Дизеля

Перейдем к другому руслу теплотехники эпохи империализма — к двигателям внутреннего сгорания.

Все три элемента новой энергетической техники, все энергетические рычаги революции, произведенной электричеством, имеют в своей истории общую черту. И динамо, и турбина, и двигатель внутреннего сгорания появились в эпоху господства паровой машины в качестве дополнения к ней. Электричество дополняло паровую базу там, где требовалась особенно высокая централизация.

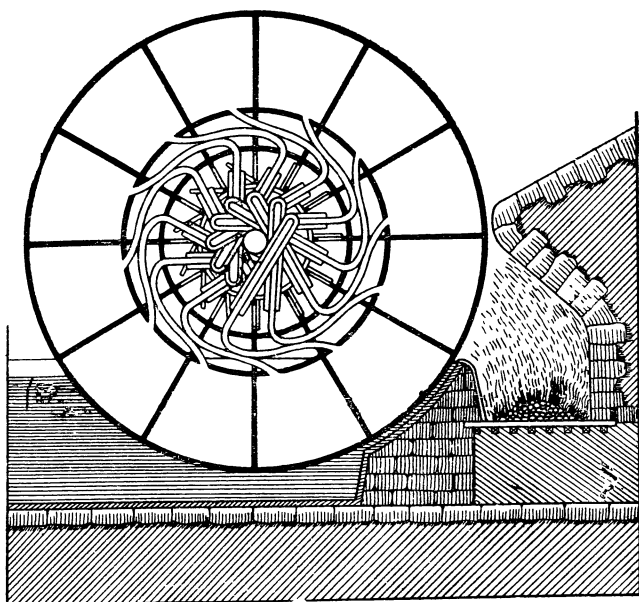
Паровая турбина дополняла поршневую машину в тех случаях, когда число оборотов последней было недостаточно. Наконец, газовый двигатель XIX в. также дополнял паровую машину для специфических нужд.

Целый ряд причин затрудняет применение паровой машины для мелких силовых установок. Во-первых, к. п. д. паровой машины падает с уменьшением ее мощности. Во-вторых, отдельные изолированные и небольшие установки не могут быть равномерно нагружены, в то время как котел паровой машины должен работать непрерывно. В-третьих, паровая машина занимает столько места, что в мелких установках, где размеры машины на единицу мощности вырастают, просто негде ее поместить. В-четвертых, наконец, пуск паровой машины и ее работа требуют подготовки и наблюдения, которые окупаются лишь в больших установках.

Поэтому уже в классическую эпоху пара происходило развитие двигателей внутреннего сгорания. Мы видели, что на заре паровой техники поршневая машина внутреннего сгорания, изобретенная Гюйгенсом, оказалась исходным пунктом развития поршневых паровых машин. Но наряду с главным руслом пробивался узкий ручей двигателей внутреннего сгорания, которые не были окончательно забыты. Не были забыты и паровые турбины. И та, и другая линии проходили вне главного русла. Здесь не было широкого производства, и дело ограничивалось

непримененными патентами, моделями и опытными установками. Из них нужно упомянуть об «огневом колесе» Амонтона (1699 г.). В конце XVIII в. обе линии снова пересеклись. После открытия перегонки угля появилась газовая турбина, изобретенная Джоном Барбером в 1791 г.¹

Патент Барбера предлагает собирать газ, полученный перегонкой топлива, в резервуаре, затем смешивать его с воздухом и сжигать в камере под постоянным давлением. Из камеры газ направляется к лопаткам колеса. Этот прообраз газовой турбины был неосуществимым благодаря тому, что и сопло, и лопатки не могли выдержать высокой температуры газа. Интересно, что Бар-



Фиг. 162. Колесо Амонтона

бер хотел понизить температуру применением другого рабочего тела — водяного пара, который одновременно должен был своим давлением усиливать двигатель.

Следующие модели газовых двигателей были поршневыми. Через 3 года после изобретения Барбера Роберт Стрит предложил двигатель, в котором сгорала смесь горючих паров летучей жидкости с воздухом. В этой машине воздух засасывался поршнем, и затем тот же поршень открывал отверстие, куда проходило пламя наружной горелки².

В 1801 г. Филипп Лебон берет патент на газовый двигатель с электрическим запалом. Машина состояла из ци-

¹ Evans, The history of the oil engine, London, 1932, Ch. I.

² Evans, Ch. I.

линдра, подобного цилиндру паровой машины, и двух насосов, сжимающих воздух и светильный газ. Воспламенение происходило с обеих сторон поршня. Искра получалась из электрической машины, насаженной на вал этого двигателя, ровесника вольтова столба.

Отсутствие эксплуатационных критериев позволяло конструкторам ориентироваться на самые разнообразные виды топлива. В 1820 г. Сесиль опубликовал устройство своего двигателя, «который приводится в действие давлением атмосферы и разрежением, образуемым сжиганием водорода с атмосферным воздухом»¹.

В 20-х годах двигатели внутреннего сгорания впервые появляются в производстве, к ним начинают подходить с экономическими критериями. В 1823 г. Броун построил атмосферный двигатель с двумя цилиндрами, где попеременно происходили взрывы и последующее охлаждение впрыскиваемой водой. В 1826 г. Броун увеличил число цилиндров. Эта машина предназначалась для насосов и механического транспорта. Действительно, получала, по сообщению Броуна, значительную прибыль. Есть образованная Броуном компания установила близ Лондона несколько насосных установок и, продавая отходы (смолу и кокс), указания о том, что Броун поставил свою машину на экипаж (1826 г.) и на лодку (1827 г.).

В 30-х годах появился двигатель Райта с центробежным регулятором скорости. Таким образом в это время имелось большое число различных решений и в части топлива и в части принципа действия двигателя в его конструктивной форме. Завершением конструктивного развития двигателей 30-х годов были три типа машины Вильяма Барнетта (Barnett), изобретенной в 1838 г.

В первой машине воздушный и газовый насосы нагнетали воздух и газ в особый резервуар, который соединялся с цилиндром в тот момент, когда поршень проходил через мертвую точку. В этот же момент происходил взрыв, и поршень поднимался. Возвращаясь, поршень выталкивал из цилиндра продукты горения. Вторая машина Барнетта обладала двойным действием и имела поэтому два резервуара — по одному с каждой стороны поршня. Третья машина, запатентованная также в 1838 г., не имела особого резервуара. В ней в самом цилиндре происходило не только смешение газа с воздухом, но и сжатие полученной смеси во время взрыва. Это является наиболее важным принципом двигателя. Однако ни один из двигателей, предложенных Барнеттом, не был применен в промышленности. Какова причина? И по своему циклу и по конструктивному оформлению они были вполне удовлетворительными. Но в 30—40-х годах механизация промышленности еще не выставила тех задач, которые впоследствии потребовали двигателей внутреннего сгорания. Поэтому о патентах Барнетта вспомнили через много лет, в связи со спорами вокруг новых патентов.

¹ См. Clerk, The Gas, Petrol and oil engine, London, 1910.

Из двигателей 50-х годов нужно упомянуть о машине, изобретенной Барзанни и Матеуччи в 1854 и 1857 гг. Это была атмосферная машина с электрическим запалом. Оригинальна ее конструкция: шток поршня, поднимаясь, не связан с валом и соединяется с ним, лишь опускаясь под атмосферным давлением.

Отсутствие промышленного применения и эксплуатационных критериев сказалось и в последующей истории двигателей внутреннего сгорания. Разнообразие новых конструкций не уменьшается. В 1841 г. Джонстон предложил сжигать гремучий газ в цилиндре двигателя двойного действия. Через два года после этого Дрэк в Филадельфии построил машину, работающую на светильном газе.

В 60-х годах газовые двигатели вышли из шкафов патентных бюро в промышленность. Первый из примененных двигателей был сконструирован Ленуаром (1822—1900). Ленуар работал в той области, где паровая техника уступила место новым принципам. Он пытался организовать гальванопластическое предприятие, затем работал над электромагнитным двигателем. Ленуар отличался от конструкторов типа Якоби тем, что его интересовала практическая сторона вопроса и коммерческая рентабельность новых двигателей. Поэтому он быстро перешел от электромагнитного двигателя к тепловому и в 1860 г. взял патент на газовый двигатель. Этот двигатель работал по принципу двойного действия, так же как двигатель Барнетта, и вообще мало чем отличался от последнего по своему циклу. Конструктивная форма, осуществленная Ленуаром, очень близка к конструкции паровой машины. Автоматический распределительный механизм закрывает при помощи золотника впускное отверстие, как только в цилиндр входит достаточное количество смеси. Затем следует взрыв, доводящий давление в цилиндре до 5—6 ат. Обратный ход выталкивает из цилиндра продукты горения. Золотники, эксцентрики, кривошипы и маховые колеса заимствованы у паровой машины. Подобно электродвигателю Бурбуза двигатель Ленуара своей конструктивной близостью к паровой технике демонстрирует первенство последней в современной ему технике.

В качестве топлива для своего двигателя Ленуар применил светильный газ. В патенте от 3/II 1860 г. Ленуар пишет: «Мое изобретение заключается в применении светильного газа в соединении с атмосферным воздухом, зажигании его электричеством и получении, таким образом, движущей силы через нагревание и значительное расширение газовой смеси».

В добавлении к своему патенту от 18/IV 1860 г. Ленуар указывает на преимущества примененного в его двигателе топлива. «Отсюда вытекает, — пишет он, — что при применении смеси газа (95% воздуха и 5% газа) мой мотор работает без детонации и моя смесь является топливом, сгорающим равномерно, без ударов... и играет в отношении поршня роль обычного водяного пара»¹.

¹ Virendell, Esquisse d'une histoire de la technique, Bruxelles—Paris, 1921, p. 246.

Здесь характерно, что применение пара является эталоном технического уровня нового двигателя.

В следующем году Ленуар запатентовал новые усовершенствования двигателя (патент 31/I 1861 г.). Эти усовершенствования имели целью обеспечить наибольшую плавность, надежность и равномерность работы двигателя. Среди них обращает на себя внимание предложение впрыскивать в цилиндр водяной пар, для того чтобы усилить двигатель и регулировать его ход. Этот способ впоследствии был применен также в моторе Симона, выставленном в Париже в 1878 г., и позже, в XX в., в моторе Гопкинсона (1913 г.).

В дальнейшем Ленуар продолжал улучшать свой двигатель. Через 20 лет после первых патентов он ввел новое важное усовершенствование. В патенте 7/X 1883 г. Ленуар пишет: «Я объявляю своим изобретением новое устройство в газовом моторе — «камеру горения» и подогреватели для подогрева смеси до ее воспламенения, что позволяет сжигать наиболее бедные смеси и в результате получить экономию топлива».

В следующем за этим году Ленуар ввел охлаждающий вентилятор и оригинальную конструкцию карбюратора.

Наряду со светильным газом Ленуар применял и другие виды газообразного топлива, а также работал над двигателем с жидким топливом. Эти попытки предпринимались Ленуаром неоднократно, в частности в 1863 г. им был построен нефтяной мотор в 1,5 л. с. Этот мотор был установлен на телеге, которая пробежала в окрестностях Парижа 18 км в продолжение 3 час. Воспламенение в двигателе происходило при помощи искры между двумя платиновыми нитями, изолированными фарфоровыми стаканчиками. Эти нити были соединены с катушкой Румкорфа. В качестве источника тока патент Ленуара указывает на гальваническую батарею или «другие источники электричества». Гальванический ток прерывался ходом самого двигателя. Таким образом специфические черты электротехники 60-х годов нашли здесь свое отражение.

Промышленность настоятельно требовала новых двигателей. Поэтому вокруг изобретения поднялся шум, и, что гораздо важнее, двигатели появились в производстве. При этом не ограничились областью мелких силовых установок, но применили двигатели Ленуара даже для сравнительно крупных. В результате двигатель в большом числе случаев не оправдал возлагавшихся на него надежд. Технические журналы 60-х годов полны нападок на Ленуара. Указывают на большой расход газа (3 м³/л. с. ч.) и смазочного материала. Первое позволило журналам назвать двигатель Ленуара «пожирателем газа», а второе — «вращающимся куском сала». Все это подтверждает высказанную выше мысль о границах применения газовых двигателей в эпоху господства паровой машины.

К концу 60-х годов были установлены границы применения двигателей внутреннего сгорания. Поединок с крупными паровыми установками был непосильным. Другое дело — мелкие ма-

шины. Здесь паровая машина была неэкономичной в силу низкого к. п. д. Поэтому и отказ от двигателя Ленуара означал не переход к паровым машинам, а к более экономичному двигателю внутреннего сгорания. Коэффициент полезного действия играл при этом решающую роль.

Резкое повышение к. п. д. было достигнуто в двигателях Отто (1832—1895) и Лангена (1833—1895)¹. Первый из них был выставлен на Всемирной выставке в Париже в 1867 г. Прежде всего бросалась в глаза оригинальная конструктивная форма. Поднимаясь под давлением газов, поршень не был соединен с валом. Вал в это время вращается лишь инерцией маховика. Только потом, во время рабочего хода, зубчатая рейка поршня передает движение валу. Эта машина была атмосферной, и рабочим ходом был второй ход ее. Испытания показали, что двигатель Отто обладает исключительно высоким к. п. д. и требует всего 0,8 м³ газа на л. с. Эти двигатели непрерывно совершенствовались и были лучшими в продолжение десяти лет. За это время было выпущено заводом 10 000 двигателей Отто. Цифра эта говорит сама за себя.

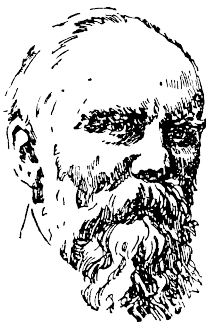
В 1877 г. появилась вторая машина Отто. Это был двигатель прямого действия. Самым важным в новом двигателе было применение четырехтактного цикла, сжатия смеси и ее воспламенения в момент, когда поршень проходит мертвую точку. Первый ход поршня всасывал смесь, состоявшую из 0,9 воздуха и 0,1 газа. Обратный ход поршня сжимал эту смесь в цилиндре. Затем смесь под давлением в 11 ат сгорает и вызывает третий ход поршня. Наконец, четвертый ход выталкивает продукты горения. Четырехтактный цикл был еще в 1863 г. изобретен Бо де-Роша, но двигатель был впервые построен Отто.

Подобные двигатели быстро завоевали всю область мелких силовых установок. Они строились для самых разнообразных по масштабу мощности потребителей.

Наряду с двигателями в $\frac{1}{8}$ л. с. завод Дейтц выпускал машины в 200 л. с. Количество выпущенных за двадцать лет (1877—1897 гг.) двигателей Отто превысило 42 000, а мощность



Фиг. 163. Отто.



Фиг. 164. Ланген.

¹ См. Matschoss, Geschichte der Gasmotorenfabrik Deutz, Berlin, 1921.

170 000 л. с. Другие газовые двигатели с новыми принципами за это время не получали применения. Поэтому я упомяну лишь о машине Марселя Дебре, которую этот создатель высоковольтной техники построил в конце 70-х годов.

В 90-х годах, как было уже сказано, газовые двигатели часто применялись для электростанций. Завод Дейтц за пятилетие (1892—1897 гг.) выпустил до 800 двигателей специально для динамомашин. Поэтому очень важной задачей конструкторов была быстроходность и постоянство скорости двигателя. Успешным решением этой задачи является конструкция Кертинга. Завод Кертинга выпускал машины-тандем для динамо и машины, где ротор динамо имеет общий вал с газовым двигателем. Особенный успех имел один из наиболее крупных газовых двигателей такого рода на Любекской выставке 1895 г. Он вращал две динамо, питававших 166 дуговых ламп, 800 ламп накаливания и несколько электродвигателей. Расход газа доходил здесь до 0,5 м³/л. с. ч.

Применение газовых двигателей вышло далеко за пределы тех городов, где имелся светильный газ. Поэтому назрел переход к генераторному газу как топливу для газовых двигателей. Это было этапом, который окончательно определил сферу применения газовых двигателей. Генераторный газ с его небольшой калорийностью сжигался там, где основным принципом была дешевизна топлива, а размеры двигателя и топливных запасов не решали дела.

Поэтому революция в области транспортной техники была связана с другими двигателями, которые работали на высококалорийном топливе. Первые конструкции двигателей на жидком топливе появились в 70-х годах и представляли собой по существу газовые двигатели, где горючим служила смесь воздуха с парами бензина, литроина и т. п. Но эти двигатели не получили никакого распространения.

Автомобильные двигатели были созданы в 80-х годах. Они были изобретены Даймлером, Бенцом и другими. Остановимся на этих изобретениях¹.

Готлиб Даймлер (1834—1900) — одна из интереснейших фигур 80-х годов. Он принадлежит к числу первых инженеров, подошедших к двигателям внутреннего сгорания во всеоружии широкого технического кругозора и международного практического опыта в машиностроении. Даймлер родился в 1834 г. в Германии и с четырнадцати лет работал учеником и подмастерьем в оружейных и станкостроительных мастерских. После десяти лет такой работы он поступил в Штутгартский политехнический институт, окончил его и затем долго работал в качестве рабочего, мастера и инженера на лучших машиностроительных заводах Европы. В 1872 г. он стал техническим директором завода Отто и Лангена.

Даймлер заинтересовался применением двигателя внутреннего сгорания для транспорта — проблемой, которая уже носилась в воздухе. Ему удалось создать необходимый для транспорта лег-

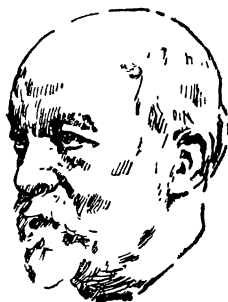
¹ Souvestre, Histoire de l'automobile, Paris, 1907.

кий двигатель на жидком топливе. Совместно с конструктором завода Отто Майбахом Даймлер в 1883 г. построил двигатель на 500 об/мин. а в следующем году — специальный мотор в 1,5 л. с. на 600 об/мин.

Первыми машинами Даймлера пытались заменить паровые locomobile в тех случаях, когда их нужно было часто передвигать на новое место. В конце 80-х годов Даймлер пробовал применить свой двигатель на железных дорогах, потом для городского транспорта. Бензиновый двигатель как бы стучался в разные двери и разыскивал предназначенную для него область применения.

Наконец линия развития двигателей внутреннего сгорания пересекается с линией реконструкции транспорта.

В 1885 г. Даймлер построил «моторный велосипед», т. е. мотоцикл, а к концу этого же года устанавливает мотор на обыкновенной пролетке. Скорость этого экипажа доходила до 20 км. В противоположность железнодорожной дрезине, построенной несколько позже, примитивная пролетка оказалась родоначальницей нового вида транспорта. Автомобили стали распространяться. В 1890 г. было организовано о-во «Даймлер», которое выпускало непрерывно растущее число автомобилей.



Фиг. 165. Даймлер.

Одновременно другой конструктор Карл Бенц запатентовал трехколесный автомобиль с электрическим зажиганием горючей смеси¹. Эта машина, изобретенная в 1886 г., работала хуже, чем появившийся за год до этого автомобиль Даймлера. Особенно неудовлетворительным было зажигание. Динамомашинка работала с перебоями, а гальванические батареи утяжеляли машину. Кроме того, первый автомобиль Бенца обладал рядом конструктивных недостатков. Достаточно сказать, что он не имел холостого хода, и шофер, заводя машину, пускал ее тем самым вперед и вскакивал в экипаж на ходу. Все эти недостатки были устранены к тому времени, когда началось промышленное производство машин Бенца.

Примерно в те же годы Форд конструирует свою машину². Мы видели, что предприятия Форда ярко вскрывают характерные черты новой промышленной техники, и мы ссылались на его книжку как на чрезвычайно яркий и живой документ, иллюстрирующий основные тенденции капиталистической автопромышленности. Форд рассказывает в этой книге и об истории своего автомобиля, о том, как в 1875 г. он, двенадцатилетний мальчик, сын зажиточного мичиганского фермера, в первый раз увидел движущийся локомобиль, который и натолкнул его на идею автомобиля. Позже, работая экспертом по сборке и починке локомобилей Вестингауз, Форд пытался создать паровую телегу, но убедился,

¹ См. Бенц, Моя жизнь и мои изобретения, Л., 1928.

² См. Г. Форд, Моя жизнь и мои достижения, Л., 1924.

что пар не годится для безрельсового транспорта. В 1885 г. Форд чинил в Детройте двигатель Отто. Поразительно, до чего часто исходным пунктом создания новых машин была починка предыдущих. Пока концентрация производства не вызвала к жизни современных конструкторских бюро, специальных конструкторских кадров и современного технического образования, знакомство с машинами не могло не быть эмпирическим и случайным.

Форд чинил двигатель Отто и познакомился с четырехтактным циклом. Его интересовало транспортное применение двигателя, и поэтому он искал способа облегчить вес двигателя. Для этого Форд ввел два цилиндра, что позволило обойтись без тяжелого махового колеса. В 1893 г. была пущена первая «газолиновая тележка» Форда. В 1899 г. он занялся производством автомобилей. Через четыре года были построены две машины — «999» и «Стрела». Первая из них добилась громкого успеха на гонках, и после этого было основано «Общество автомобилей Форда».

Следует упомянуть о двигателях внутреннего сгорания на тракторах. Здесь они, так же как в безрельсовом транспорте, были энергетической базой механизации. Таким образом переворот охватил не только промышленность (электропривод), но также транспорт и сельское хозяйство. Во всех этих отраслях производства механизация и частичная автоматизация производства движнулись далеко вперед на основе новой энергетической техники, связанной так или иначе, непосредственно или косвенно с электрификацией силового аппарата промышленности.

Если автомобиль и трактор заменили лошадь на дорогах и полях, то наряду с этим двигатели внутреннего сгорания создали совершенно новую область, которой раньше вовсе не существовало — авиацию. По отношению к автомобилям авиация представляет собой следующий, второй шаг нового транспорта, второй шаг в развитии легких двигателей внутреннего сгорания. В то время как автомобильная промышленность уже переходила к массовому производству, только появлялись первые серийные моторы для самолетов.

Напомним основные этапы развития авиации¹.

В декабре 1903 г. братья Райт совершают свой первый полет. С 1908 г. начинаются полеты в Европе и в следующем году Блерио перелетает через Ламанш. В 1908—1909 гг. наибольшая продолжительность полета возрастает с 2 до 4 час., максимальное расстояние — с 120 до 230 км, а высота — с 100 до 500 м. Этим рекордам соответствуют скромные масштабы авиации. Достаточно сказать, что в 1910 г. в Европе было всего 30 пилотов с дипломами. Несмотря на это, уже в 1911 г. самолеты применяются для военных действий в итальянской армии в Триполи. Затем начинается подготовка мировой войны. При этом авиация выходит из пеленок. Создается воздушный флот, авиация становится одной из важнейших отраслей военной техники. После войны, в 1918—1923 гг., авиационная техника обновляется, и после этого

¹ См. «История авиации», сборник, М., 1934.

быстро вырастает гражданская авиация. Таким образом авиация идет по пятам автотранспорта. Поэтому в части двигателей, т. е. в интересующей нас области, авиапромышленность опирается на достижения автомобильных заводов. Первыми авиамоторными заводами стали автомобильные предприятия. Им не пришлось менять принципы работы двигателей внутреннего сгорания, но зато конструктивная форма должна была измениться. Причина заключается в специфических требованиях авиации.

Прежде всего авиационные моторы должны быть легкими. Конечно, это относится и к автомобилям, но все же тут существенная разница. Для автомобиля достаточная легкость двигателя — это условие экономичной работы. Для самолета легкий двигатель — условие вообще, какой бы то ни было работы. Еще в 1900 г. Шарль Ренар утверждал, что авиация станет возможной, если двигатель (речь шла о паровой машине) будет весить не больше 1,5 кг на одну л. с. В 1903 г. он высчитал, что полет возможен при относительном весе в 5 кг/л. с. и легко осуществим, если вес дойдет до 1,5 кг/л. с.

Облегчение мотора достигалось переходом к новым металлам и сплавам и совершенствованием конструктивной формы. В первый период развития авиации, т. е. до войны, последнее имело наибольшее значение. На аэроплане бр. Райт был поставлен двенадцатисильный мотор с удельным весом 5,25 кг/л. с. В 1910 г. поставленный на аэроплан Блерио стосильный «Гном» весил всего 1 кг/л. с. Этот двигатель имел неподвижный палец кривошипа, и двигались сами цилиндры, играя при этом роль махового колеса и охлаждаясь воздухом.

С этим мотором авиация и вступила в войну 1914—1918 гг. Но война поставила перед авиацией новые, более сложные задачи. Выросла дальность полета. Необходим был мотор, который не только сам по себе немного весил, но и не требовал бы тяжелого топливного груза, нейтрализующего при дальних полетах преимущества легкой конструкции. Нужно было, чтобы данное количество топлива допускало максимальную продолжительность и дальность полета. В это время усилия конструкторов были направлены на повышение надежности моторов, длительность их безостановочной работы, и к концу войны срок эксплуатации мотора до первой переборки дошел до 100 час. Заметим кстати, что после войны с развитием гражданской авиации и больших перелетов военного воздушного флота это число дошло до 500 час.

В результате новых требований появились моторы, где облегчение не сопровождалось возрастанием удельного расхода топлива и масла. Новые авиационные двигатели отказались от вращающихся цилиндров. Двигатель «Бенц» (мощностью в 230 л. с.) имел водяное охлаждение. Шесть его цилиндров, состоявших из чугунных и стальных частей, были расположены в ряд. Удельный вес мотора составлял 1,67 кг/л. с. Такое же число и расположение цилиндров было в двигателях «Майбах» (1,46 кг/л. с.) и «Мерседес» (1,82 кг/л. с.).

С другой стороны, среди новых двигателей появились моторы

с частями из легких алюминиевых сплавов. В 1916 г. фирма «Испано» (Франция) построила интересный мотор, где восемь цилиндров были расположены двумя наклонными друг к другу рядами (V-образное расположение). В этом двигателе поршни были алюминиевыми, а в цилиндрах стальные гильзы были ввинчены в алюминиевые блочные рубашки. Двигатель «Испано» весил всего 0,88 кг/л. с. С него началось развитие моторов с алюминиевыми частями. Подчеркнем, что оно было результатом всей истории авиационных двигателей. В следующей главе мы увидим, что это явилось одной из точек перехода к новому этапу энергетической техники.

Посмотрим, каково было положение двигателей внутреннего сгорания по сравнению с паровой машиной. Газовые моторы 60—80-х годов подчинили мелкие силовые установки общему строю механического производства, выросшему на базе паровой машины. Они были дополнением паровой техники, и попытки противопоставить газовые двигатели крупным паровым установкам никогда не имели серьезного значения. Легкие быстроходные двигатели на жидком топливе находились в ином положении. Они стали двигателями новых отраслей транспорта и механизированного земледелия. По мере электрификации промышленности газовые двигатели сходили со сцены вместе с паровой машиной. Напротив, бензиновые двигатели широко распространились, создавая транспорт и земледелие, адекватные электрифицированной промышленности. Однако автомобильные, тракторные и авиационные моторы, хоть и были связаны с электрификацией промышленности, с турбиной, со всем комплексом новой техники, но непосредственно они не сталкивались с паровой машиной.

Поэтому мы не могли бы говорить о том, что паровая машина оказалась позади революции, произведенной электричеством, если бы в 90-х годах не появился двигатель внутреннего сгорания, непосредственно вытеснивший паровую машину из ее старых владений. Если поступательно-возвратное движение поршня паровой машины было оставлено позади турбинами Лавала и Парсонса, то самый принцип превращения теплоты в механическое движение посредством пара — этот принцип был также оставлен в двигателе, конкурировавшем с паровой машиной, а именно в двигателе Дизеля.

* * *

Рудольф Дизель родился в 1858 г. в семье немецкого переплетчика, поселившегося в Париже. Учился он в Германии в Аугсбургской и потом в Мюнхенской высшей технической школе. Уже на школьной скамье Дизель поставил перед собой задачу: осуществить на практике те принципы идеального двигателя, которые были высказаны Карно. Двигатель Дизеля был непосредственно противопоставлен паровой машине. Он охватил не специальные, дополнительные или новые области энергохозяйства, а старые цитадели паровой машины — промышленную энергетику,

водный и железнодорожный транспорт. Дизель предложил новый универсальный путь для превращения теплоты в механическое движение. Этот путь был предсказан Сади Карно. Дизель решил осуществить его в новом двигателе.

По окончании Мюнхенской школы Рудольф Дизель работал на заводе Зульцера в Швейцарии, затем на машиностроительных заводах Франции и, наконец, в Германии.

Он впитывал опыт передовых машиностроительных заводов, отыскивая практические рычаги для осуществления своей заветной идеи.

В 1882 г. Дизель взял патент на двигатель с цилиндром, где поршень сжимает воздух и доводит его этим до температуры значительно более высокой, чем температура воспламенения топлива, которое, сгорая в цилиндре, не повышает в нем температуру и давление. Через год Дизель выпустил брошюру «Теория и конструкция рационального теплового двигателя, призванного заменить паровую машину и другие существующие в настоящее время двигатели»¹. Эта смелая формулировка перекликается с знаменитым патентом Уатта 1784 г.

В 1893 г. Аугсбургский машиностроительный завод приступил к изготовлению первых машин. Из них третья по счету, законченная в 1895 г., дала при испытаниях блестящие результаты.

По заключению Шреттера эта машина как четырехтактный двигатель с одним цилиндром уже в первой стадии своего развития стоит выше всех современных тепловых двигателей. При эффективной мощности в 18—20 л. с., при нормальном числе оборотов он расходует 0,24 кг керосина на 1 эффективную л. с. ч., производя соответственно превращение 26,2% теплотворной способности топлива в эффективную работу².

Коэффициент полезного действия нового двигателя был решающим показателем. Поединок происходил между двумя различными методами превращения теплоты в механическую работу. Исход его решался универсальным показателем энергетических трансформаций.

Во второй половине 90-х годов дизели начинают изготавливаться



Фиг. 166. Дизель.

¹ R. Diesel, Theorie und Konstruktion eines rationalen Wärmemotors zum Ersatz der Dampfmaschinen und der heute bekannten Verbrennungsmotoren, Verlag Springer, Berlin, 1893.

² R. Diesel, Die Entstehung des Dieselmotors, Berlin, 1913.

на крупнейших машиностроительных заводах Европы. Они устанавливаются в самых разнообразных предприятиях. Но эти двигатели не реконструируют топливной базы, так как попрежнему сжигают бензин и керосин.

Между тем фирма Нобель, владевшая русской нефтью, решила построить дизель, который работал бы на сырой нефти. Осенью 1899 г. были произведены испытания двигателя в 25 л. с., расходовавшего всего 0,24 кг сырой нефти на 1 л. с. ч.

Само собой разумеется, что нефтяные дизели, сжигавшие по весу вчетверо меньше топлива, чем паровая машина, представляли громадный интерес для водного транспорта. Теплоходы по сравнению с пароходами во много раз увеличивали расстояние, которое они могли пройти, не заходя за топливом. Это было особенно важным для военного флота.

В 1903—1904 гг. появляются первые теплоходы. Это были волжские нефтеналивные суда «Валда» и «Сармат», принадлежавшие Нобелю. В 1908 г. был изобретен реверс, который дал мощный толчок проникновению дизеля в морской флот. Реверс был изобретен инженером фирмы Нобель Нордстремом. Он позволил, как говорит заключение, на испытаниях «менять направление движения с «полевого вперед» на «полный назад» в течение десяти-двенадцати секунд». После этого дизели начали устанавливаться на самых разнообразных судах, вплоть до того корабля, на котором Амундсен открыл южный полюс. Наконец в 1912 г. дизель впервые был применен как железнодорожный двигатель.

ЛИТЕРАТУРА

1. Митте, О калорических и газовых машинах, СПб, 1881.
 2. Форд, Моя жизнь, мои достижения, Л., 1924.
 3. Венц, Моя жизнь и мои изобретения, Л., 1928.
 4. История авиации, сборник, М., 1934.
 5. Успехи современного дизелестроения. Сборник под редакцией В. Ю. Гиттиса, Л., 1924.
 6. Л. Гумилевский, Рудольф Дизель, его жизнь и деятельность, Энергоиздат, М., 1934.
 7. Clerk, The Gas, Petrol and oil engine, London, 1910.
 8. Witz, Dernière évolution du motor à gas, Paris, 1910.
 9. Evans, The history of the oil engine, London, 1932.
 10. Matschoss, Geschichte der Gasmotorenfabrik Deutz, Berlin, 1921.
 11. Souvestre, Histoire de l'automobile, Paris, 1907.
 12. R. Diesel, Theorie und Konstruktion eines rationalen Wärmemotors zum Ersatz der Dampfmaschinen und der heute bekannten Verbrennungsmotoren. Verlag. Springer, Berlin, 1890.
 13. R. Diesel, Die Entstehung des Dieselmotors, Verlag Springer, Berlin, 1913.
 14. Ulbrich, Rudolf Diesel und seine Werk.
 15. Sass, Der Dieselmotor in Verkehr, Gesamtbericht zweite Weltkraftkonferenz, Berlin, 1930.
-

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ И НОВЫЙ ЭТАП ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Электрификация силового аппарата и электрификация промышленной технологии. Техника высоких потенциалов. Новая металлическая база. Электроемкие производства. Алюминий. Гидроэлектростанции и гидравлические двигатели. Водостолбовые машины. Турбина Бюрдэна и Фурнейрона. Турбина Френсиса. Колесо Пельтона. Послевоенные типы гидравлических турбин. Постоянный ток. Мотор-генератор и конвертор. Первые ртутные выпрямители. Развитие выпрямителей. Электровакуумная техника и теория электричества. Развитие электронной теории

Война и послевоенное время связаны с новым этапом энергетической техники.

Чем он отличается от предыдущего?

В 90-х и в начале 900-х годов электрификация охватила лишь силовой аппарат промышленности. В связи с этим возникли новые типы предприятий появились новые рабочие машины, новые исполнительные механизмы, весь облик промышленной техники и ритм производства изменились, но основными отраслями производства, основными видами сырья и основными видами продукции были попрежнему старые отрасли, старые виды сырья, старые виды продукции.

В XX столетии электричество вторгается в самую промышленную технологию, вызывает к жизни новые технологические отрасли, вовлекает в производство новые виды сырья и дает новые виды изделий, которые были неизвестны предыдущей эпохе.

В технологической реконструкции XX столетия главным является переход от механической технологии к химической — химизация производства. Но важно подчеркнуть, что орудием для наиболее глубоких химических превращений вещества, орудием, которое позволяет химизации распространиться на все участки производства, является электричество.

Основной характерной чертой этого периода является ускорение технологических процессов, переход к высоким температурам, высоким напряжениям, ускорение химических реакций. Техника высоких потенциалов — такова наиболее общая

формула, охватывающая специфические особенности современной техники. Начнем с механических скоростей и остановимся на трех областях — металлообработке, транспорте и энергетике.

Мы видели, что в 90-х годах электрификация изменила не только транспорт энергии, но также и конструкцию и работу исполнительных механизмов.

В металлообработке очень ярко видна связь между электрическим приводом и скоростью резания. Соединение рабочего вала с двигателем в станках, т. е. основная линия в их развитии, требует ускорения резания. Это ускорение прошло следующие этапы: в 1880 г. были введены резцы из углеродистой стали, и максимальная скорость дошла до 10 м/мин. Быстрорежущая сталь (1906 г. Тейлор) довела ее до 30 м/мин.

Сплав «сталлит» (1914 г.) ускорил резание до 50 м/мин. В 1925 г. карбид-вольфрамовые сплавы позволили сделанным из них резцам достигнуть скорости в 100 м/мин. Непосредственное соединение вала мотора со шпинделем рабочей машины стало при этом возможным и экономичным. Таким образом основная линия реконструкции привода была связана с новыми металлами. После группового привода, после индивидуального мотора, сцепивание двигателя с исполнительным механизмом должно было опереться на новую металлическую базу.

Электрификация механической техники вызывает иные скорости механического движения, т. е. перемещения масс. Следовательно, в первую очередь она должна реконструировать область, где перемещение масс является основной производственной задачей, иными словами, — транспорт. Реконструкция транспорта целым рядом своих сторон связана с электрификацией. Во-первых, электрификация заменяет механический транспорт энергии электронным. Электропередача является видом специального транспорта, транспорта энергии, чем, конечно, не исчерпывается ее значение. Во-вторых, на электрификацию, на продукты электроемких производств опираются новые виды механического транспорта: авиация и автомобили. В-третьих, электрическая тяга реконструирует железные дороги. И, наконец, в-четвертых, даже на неэлектрифицированных линиях появляются новые, характерные для новой эпохи, двигатели (двигатели внутреннего сгорания, турбины). Все эти сдвиги приводят к высоким скоростям. Электронный транспорт означает практически моментальную передачу, а если говорить о механических скоростях и механическом транспорте, то перечисленные сдвиги дают 150—160 км в 1 час на железных дорогах и 400—500 км — в авиации.

Таковы результаты новой транспортной техники. Предпосылкой ее является новая металлическая база. Электронный транспорт заменяет рельсы, подвижной состав и т. п. медными и алюминиевыми проводами. В механическом безрельсовом транспорте и сверхскоростном рельсовом необходимы легкие металлы и качественные сплавы. В отношении авиации это не требует пояснений. В отношении автомобилей новые металлы и, в последнем счете, электротехнология также сыграли существенную роль. Для

того чтобы подчеркнуть эту роль, раскрывающую нам связь между первым и вторым турами революции, произведенной электричеством, приведу выдержку из книги Форда:

«В 1905 г. я был на гонках в Палм-Биче. Произошло грандиозное столкновение, и французский автомобиль был разбит вдребезги. Мы были представлены машиной «Модель К» — большая шестицилиндровая машина. Мне казалось, что чужой автомобиль был красивее и лучше построен, чем все нам известные. После несчастья я подобрал осколок шпинделя вентиля. Никто этого не знал. Я передал его своему помощнику. «Постарайтесь узнать возможно больше», — сказал я. — это тот сорт материала, который нам нужен для наших автомобилей.

«В конце концов он открыл, что осколок был из стали, содержащей ванадий и фабрикуемой во Франции. Мы запросили все сталелитейные заводы Америки — ни один не мог доставить нам ванадиевой стали. Я выписал из Англии одного человека, который умел добывать ванадий заводским способом. Но надо было еще найти завод, который мог бы этим заняться. Здесь возникло новое затруднение. Для добывания ванадия нужна температура в $3\,000^{\circ}$ по Фарентейту. Для обыкновенных плавильных печей максимальный предел $2\,700^{\circ}$. Наконец, я нашел небольшой сталелитейный завод в Кантоне, в штате Огайо, который согласился на это. Я предложил правлению завода возместить могущие произойти убытки, если они получают необходимую температуру. Они согласились. Первый опыт не удался. В стали осталось только минимальное количество ванадия. Я просил повторить опыт, и на этот раз он увенчался успехом. До сей поры мы должны были довольствоваться сталью с сопротивлением на разрыв от 60 до 70 тыс. фунтов, а с ванадием это сопротивление повысилось до 170 000 фунтов».

Приведем некоторые иллюстрации из области железных дорог. Они относятся к послевоенному периоду. В 1923 г. Иллинойская железная дорога впервые изготовила вагоны со значительным количеством частей из алюминия. Несколько позже Пенсильванская дорога построила восемь электрических вагонов, почти целиком алюминиевых. После этого алюминиевые сплавы начали широко применяться в вагоностроении. На Чикагской выставке «Век прогресса» был выставлен алюминиевый вагон Пульмаповской компании, означавший новый, третий, этап развития вагонов этой Компании (первый с 1859 г. — деревянные вагоны, второй — с 1907 г. — сталь, третий — с 1933 г. — алюминий). На этой же выставке демонстрировалась модель поезда Компании Юнион-Пассифик из трех вагонов весом всего 80 т.

Нужно подчеркнуть, что сверхскоростной рельсовый транспорт заимствует свои технические рычаги у нового безрельсового транспорта: пневматические шины, обтекаемую форму, двигатель внутреннего сгорания, иногда даже пропеллер. Но самым важным является переход железных дорог на металлическую базу безрельсового транспорта — новые легкие металлы.

Революция, произведенная электричеством, прежде всего, ко-

печню, означала развитие электропромышленности. Если говорить о механических скоростях, то они особенное значение приобрели в области генераторостроения.

Рост мощности генераторов связан с большой механической скоростью роторов. При скорости 3 000 об/мин увеличение ротора вызывает громадные механические напряжения. Это ограничивает мощность генератора величиной 40 000 ква. Переход к алюминию в обмотке генератора позволил фирме Эрликон построить генератор в 90 000 ква с числом оборотов 3 000 в минуту и окружной скоростью 173 м/сек. Если сравнить этот генератор с обычным генератором в 30 000 ква, то окажется, что при диаметре ротора в 1 100 мм против 920 мм генератор Эрликон имеет меньшие напряжения: в бандажах 2 700 кг/см² против 4 400, в центральном отверстии 1 800 против 1 850, в зубцах — 980 против 1 170. Таким образом электромашиностроение демонстрирует связь механических скоростей с новыми металлами.

Наряду с повышением механических скоростей происходит переход к высоким давлениям, температурам и напряжениям. В качестве примера можно привести то же энергохозяйство. Концентрация энергохозяйства толкнула теплотехнику на путь высокого давления. Десять с лишним лет тому назад Бенсон осуществил идею прямоточного котла сверхкритического давления. Вслед за этим Лефлер сконструировал котел, рассчитанный на давление, превышающее 100 ата. В последние годы появились новые типы котлов (Ля-Монта, Бенсона, «Велокс» и др.). Основой для конструирования этих котлов было применение легированных сталей.

Теплотехника показывает тесную связь между высокими давлениями и высокими температурами. Перегрев пара с применением температур около 500° требует жароупорных сталей. И современной паровой турбине и котлу необходимы специальные сплавы, рассчитанные на очень высокое давление и температуру.

Вообще для современной теплотехники характерно повышение и давления, и скорости движения пара и газа, и в особенности, повышение температуры. Механические скорости двигателей в последнем счете зависят от молекулярных скоростей. Поэтому жароупорные материалы — центральная проблема теплотехники. В ней — решение проблемы газовой турбины, т. е. наиболее важной задачи новой теплотехники.

Высокие давления, как и высокие температуры, применяются не только в энергетической технике. Они применяются также для ускорения химических реакций. Но если для энергетических задач достаточно химических источников тепла, т. е. горения, то в свою очередь для химических задач нужны электрические источники тепла.

Высокие температуры сочетаются с катализом и другими агентами для ускорения химических реакций. Все это требует жароупорной и кислотоупорной стали и вообще новой металлической базы химического машиностроения.

Подведем итоги. Высокие потенциалы во всех областях произ-

водственной техники требуют от металла двух основных свойств: во-первых, устойчивости (механической, термической, химической) и, во-вторых, — легкости. Реконструкция металлообработки, химизация, сдвиги в теплотехнике — вообще новые тенденции в промышленности требуют первого. Реконструкция транспорта в широком понимании — второго. Конечно, эти свойства в известных пределах заменимы. Механическая устойчивость металла позволяет при большом удельном весе достигнуть легких конструкций. Химическая устойчивость металла делает возможными такие тонкие металлические листы из этого металла, которые могут весить меньше, чем листы из более легкого, но более подверженного коррозии металла. Это обстоятельство иллюстрируется параллельным сооружением алюминиевых и стальных вагонов, аэропланов, автомобильных частей. Во всех этих примерах, а также в проводах из алюминия и стали мы видим, кроме того, сочетание металлов, удовлетворяющих сформулированным выше требованиям.

Посмотрим, каковы естественные ресурсы для перехода к легким металлам и какие природные условия указывают электричеству его роль в этом переходе. Дело в том, что распространенность легких металлов имеет энергетическую природу. Работы акад. Ферсмана объединяют энергетические характеристики кристаллических решеток с устойчивостью и характером распространения веществ в земной коре. Это определяет специфическую область применения и специфические условия добычи и производства каждой группы металлов.

На примере алюминия лучше всего можно проследить связь между электричеством и новой технологией. Среди кривых производства цветных металлов выделяется кривая алюминия и своим бешеным темпом подъема и точным хронологическим совпадением этого подъема с революцией, произведенной электричеством. Алюминий появился и в лабораториях, и в производстве вместе с электрическим током. В первые годы прошлого столетия, когда вольт-столб стал орудием лабораторий, когда Никольсон открыл электролиз, Петров — вольтову дугу, Дэви разложил щелочи и т. д., — в эту эпоху впервые был найден алюминий. В 1807 г. Апри Девиль хотел при помощи батареи в тысячу элементов разложить смесь глины с калием. Неожиданно на катоде появился новый металл. Это был алюминий¹. Два года спустя Дэви пытался при помощи вольтовой дуги сплавить железо с глиноземом. Он получил белую, очень твердую металлическую лепешку, которая была тверже железа и состояла, очевидно, из алюминиево-железного сплава.

В 1824 г. Эстид попытался получить алюминий химическим путем, нагревая безводный хлористый алюминий с амальгамой калия. Через три года Велер заменил калий натрием и получил алюминий в виде тонкого металлического порошка². Позже ему удалось получить «алюминий в виде зерен величиной с булавоч-

¹ H. Deville, *De l'aluminium*, Paris, 1859.

² Wöhler u. Michel, *Ann. Ch.*, 1860, p. 248.

ную головку, вполне ковких и оловянно-белых», как он писал в 1845 г. Либиху. В результате работ Девиля, Эстиды и Велера завод Руссо в Париже начал выпускать алюминий, полученный химическим путем. «Серебро из глины» вызвало живейший интерес. Наполеон III решил изготавливать из него кирасы для армии. На выставке 1855 г. уже демонстрировались алюминиевые изделия.

Между тем Бунзен получил металлический алюминий электролизом. Но 50-е годы были временем, когда электричество находилось вне энергетического хозяйства и не могло стать базой химической технологии. Поэтому и электролитическое получение алюминия, и сам алюминий не получили производственного применения. За тридцать лет — с 1855 по 1886 г. было произведено всего 45,4 т алюминия.

Перелом наступил в 80-х годах, в эпоху, непосредственно предшествовавшую электротехнической революции. Сравнительно хорошие динамомашинны дали химикам недостававшую предпосылку промышленного освоения бокситов. И в 1886 г. Эру во Франции и Холл в Америке берут патенты на получение алюминия электролитическим путем, найденным за тридцать лет до этого Бунзеном. Патент Эру говорит о «способе изготовления алюминиевых сплавов путем теплового и электролитического действия электрического тока на окись алюминия». С этого времени стоимость нового металла оказалась надолго связанной с ходом электрификации и быстро покатилась вниз.

Ричардс делил историю алюминия на четыре периода¹. Первый — с 1827 г. (работы Велера) до 1886 г. (патенты Эру и Холла). Второй, когда алюминий становится продуктом подлинно промышленного производства, продолжается с 1887 по 1897 г. Третий — с 1897 по 1907 г. — отличается применением алюминия для автомобилей и в электропромышленности. Четвертый период начинается 1907 г. и характеризуется применением твердых алюминиевых сплавов. Это разделение (фиг. 167) на периоды несколько искусственно приурочено к десятилетним срокам. Во всяком случае совершенно бесспорно, что в основе последовательных этапов истории алюминия лежит последовательная смена этапов электрификации: 50—60-е годы, которые в истории электричества ознаменовались телеграфом, оставили алюминий в лабораториях; 80-е годы — время Депре и Эдисона — вывели этот металл в сферу промышленности. Электрификация силового аппарата в конце 90-х годов создала ему специфическую область применения. Наконец, накануне мировой войны электрификация технологии сделала алюминий металлической базой наиболее передовых тенденций промышленности и транспорта.

На какую же конкретную энергетическую базу опирается развитие новой металлургии. Здесь не нужно приводить иллюстраций. Общеизвестно, что все основные предприятия новой металлургии

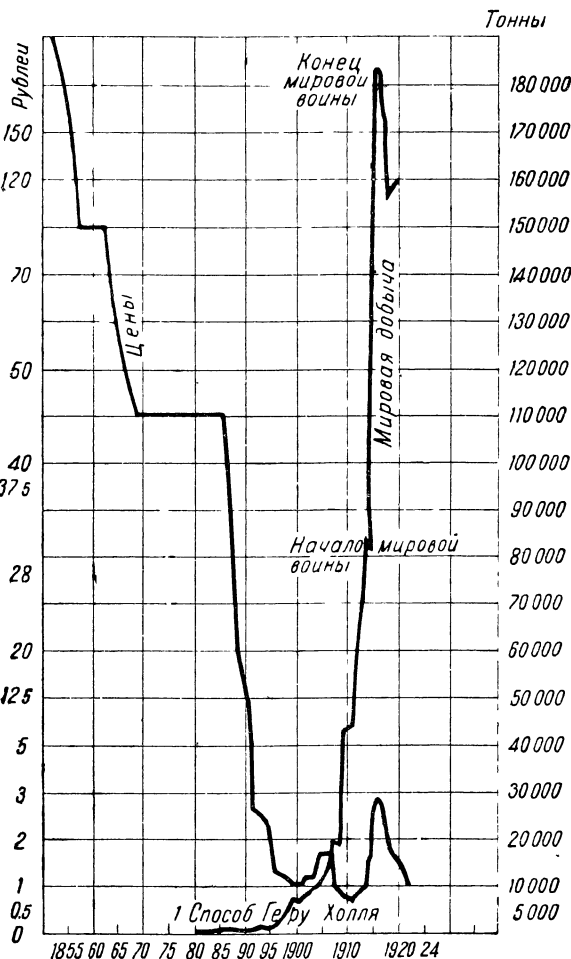
¹ I. W. Richards, Aluminium its history including alloys, Chem. and Met. Eng., 1896, p. 374.

пользуются током крупных гидравлических станций. Поэтому мы можем сказать, что новый этап электрификации характеризуется в энергетике широким гидроэлектростроительством, в металлургии — легкими сплавами, в транспорте — электропередачами, автомобилями и авиацией.

Все эти три звена: новая энергетика, новый металл, новая машина — являются тремя сторонами нового этапа техники. Гидроэлектростанции, высоковольтные передачи, алюминий, автомобили, авиация — все это знаменует новый тип производства. Очертим основные экономические признаки нового типа.

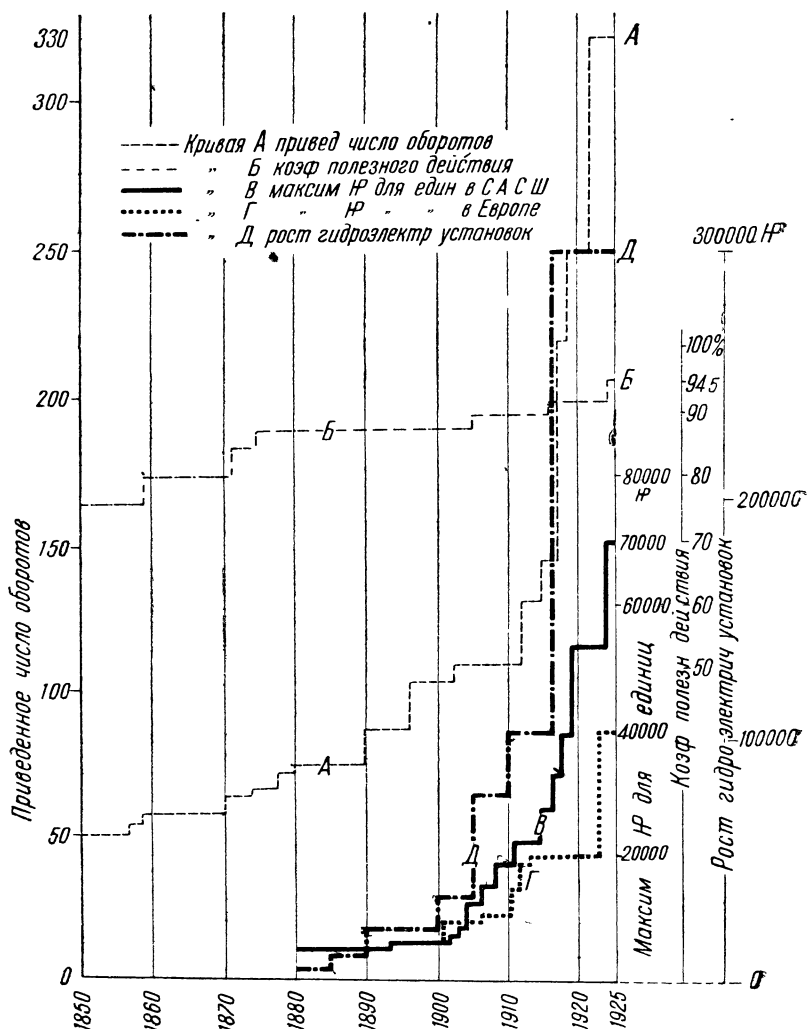
Прежде всего он отличается чрезвычайно высоким уровнем производительности труда. Предприятия, которые входят в состав указанной группы, являются классическими примерами громадных производственных мощностей, руководимых незначительным по количеству персоналом. Сравните гидростанции с тепловыми станциями, высоковольтную передачу — с железной дорогой — и эта основная черта новой техники выступит с полной яркостью. В основе дела лежит автоматизация. Именно этим с технической стороны отличаются и гидростанция, и передача, и безрельсовый транспорт.

Вторая черта тесно связана с первой: это высокое органическое строение новых отраслей энергетики, металлургии и транспорта. Сказывается это большими капитальными вложениями, небольшими эксплуатационными расходами и выражает высокую вооруженность и производительность труда.



Фиг. 167. Мировая добыча и цены на алюминий с 1854 по 1920 г.

Энергетическая база этого комплекса — гидроэлектрические станции. Поэтому здесь необходимо рассмотреть эволюцию гидравлических турбин, которые стали важнейшими двигателями нового периода.



Фиг. 168. Развитие гидроэлектростанций.

Генезис турбин связан с паровой машиной и индустриальным машиностроением XIX в. Во-первых, паровая машина дала гидроэнергетике ряд конструктивных образцов. Машина Уатта дала водяному колесу регулятор того же устройства, как и в паровом двигателе. Однако основную роль играло усовершенствование ме-

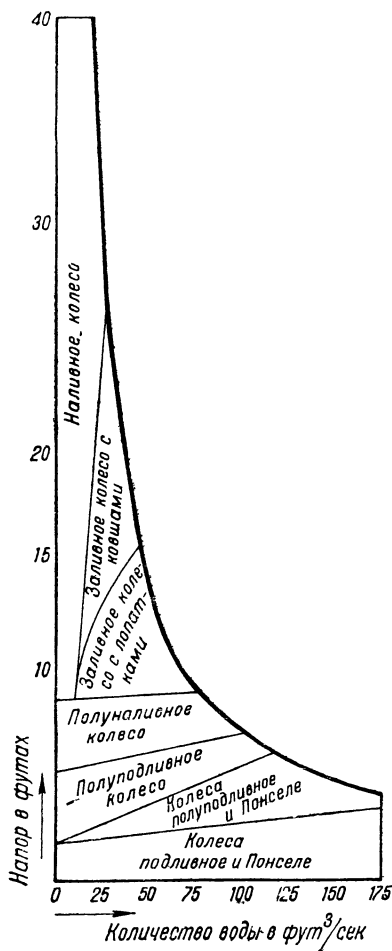
таллообработки. Мы видели, что паровая машина уже на заводе Уатта и Болтона продемонстрировала свою связь с точностью и техническим совершенством металлообработки. В эпоху классической паровой техники, т. е. в первые три четверти XIX в., паровая машина, требуя от машиностроительных заводов технического прогресса металлообработки, сама создавала возможность такого прогресса. Это позволило сконструировать гидравлические колеса нового типа, в которых вода действовала отчасти своим весом, отчасти живой силой. Наличие разнообразных типов водяных колес позволило разграничить сферу действия их. Такую работу произвел в конце рассматриваемой эпохи Редтенбахер (1809—1863)¹. Он составил диаграмму, изображенную на фиг. 169. Диаграмма показывает, при каких значениях напора и расхода воды должен применяться каждый тип колеса.

Другая форма, в которой проявилось влияние паровой машины на гидроэнергетическую технику, — это конструирование водостолбовых машин, в которых давление воды на поршень заменяло давление пара.

История этих машин² имеет целый ряд точек соприкосновения с историей паровой техники.

В середине XVIII в. появился целый ряд таких машин. В 1731 г. после появления машин Севери и Ньюкомена подобный двигатель построил Денисар. Но эта машина была еще более экзотична, чем современные ей паровые. В 1753 г. Холл в Венгрии и Винтершмидт — в Германии построили водостолбовые машины для рудников. Эти машины работали с к. п. д. 0,8 и использовали напор до 80 м. В 1803 г.

Рейхельбах создал новую конструкцию с улучшенным распределением воды. Она была применена на соляных промыслах для перекачки рассола из Бергтестадена в Розентейм. Восемь водостолбовых машин Рейхельбаха приводили в движение насосные стан-



Фиг. 169. Диаграмма Редтенбахера.

¹ Redtenbacher, Theorie und Bau der Wasserrade, Mannheim, 1846.

² Митте, О водостолбовых машинах, СПб, 1889

ции, пользуясь очень высоким напором (свыше 100 м) горных рек. В 40-х годах XIX в. Армстронг дал новую конструкцию водостолбовой машины, соединенной с гидроаккумулятором.

Водостолбовые машины удержались до самого конца XIX в., и только электрические двигатели смогли их окончательно вытеснить.

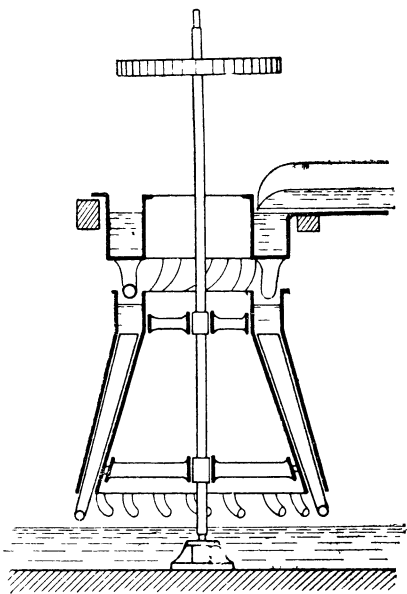


Фиг. 170. Эйлер.

Они устанавливались, главным образом, под землей в шахтах. Здесь гидравлический двигатель имел много преимуществ перед паровым: он занимал меньше места, работал автоматически, не требовал затруднительной подземной системы паропроводов и т. д. Но водяные колеса для этих условий были совсем непригодными. Поэтому применялись водостолбовые машины — быстроходные, портативные и надежные.

Перейдем теперь к истории гидравлических турбин¹. Только в связи с появлением индустриального машиностроения, связанного с паровой машиной, могли быть реализованы идеи XVIII в., в котором конструирование турбин впервые получило научную основу. Первые работы примыкают к гидромеханике эпохи мануфактур. В 1780 г. появляется работа Бернулли, положившая начало современной гидродинамике. В 1750 г. появилась первая реактивная турбина Сегнера («сегнерово колесо») и затем турбина Эйлера. Эйлер предложил турбину с направляющим и подвижным кольцами. Он выдвинул принцип использования в турбине потенциальной энергии воды. Понселе в своих работах предложил использовать кинетическую энергию. Впоследствии первый принцип получил применение в турбине Фурнейрона (1802—1867) и Френсиса (1815—1892), а второй — в колесе Пельтона.

Бюрдэн, впервые назвавший свой двигатель турбиной, был непосредственно предшественником и учителем Фурнейрона — изобретателя первой практически применимой турбины. К конкурсу на гидравлический двигатель, объявленному в 1824 г., Бюрдэн представил конструкцию, состоявшую из направляющего аппарата и помещенного под ним рабочего колеса. Вторая турбина, представленная Бюрдэном в 1827 г. на этот конкурс, также включала



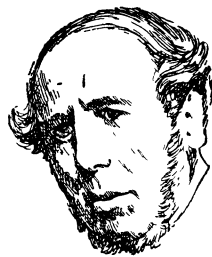
Фиг. 171. Турбина Эйлера.

¹ М. С. Fourneyron, *Invention de la turbine*, Paris, 1924.

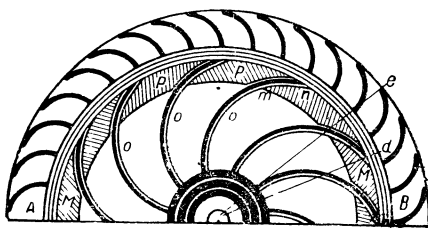
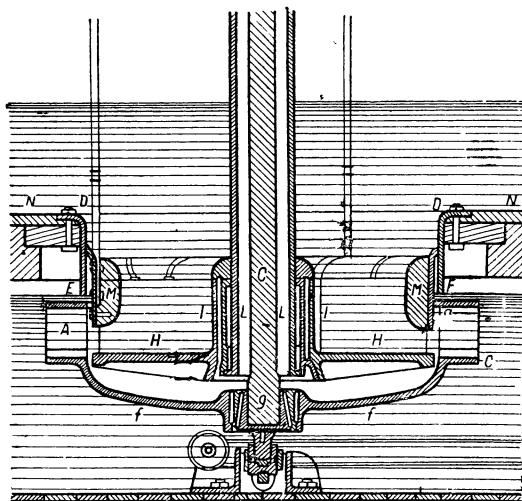
направляющий аппарат, но он был помещен внутри рабочего колеса этой радиальной турбины. Мы видим, что Бюрдэн нашел все основные необходимые элементы современной турбины. Но ему не удалось довести инженерное оформление этой идеи до уровня, обеспечивающего практическую применимость нового двигателя в широком масштабе. Таково было заключение конкурсного жюри, которое, премировав Бюрдэна, признало задачу нерешенной и продлило конкурс еще на несколько лет¹.

В 1832 г. Фурнейрон решил эту задачу².

На фиг. 173 представлена схема, показывающая, как вода поступает из центрального цилиндра через направляющие лопатки к рабочему колесу, которое вращает вал турбины Фурнейрона. Это — первая турбина, получившая практическое применение. Причина заключалась в ее быстроходности и отсюда в возможности при небольших размерах использовать значительный напор. Этим



Фиг. 172. Фурнейрон.



Фиг. 173. Турбина Фурнейрона.

свойством она резко отличалась от водяных колес. Одна из первых турбин Фурнейрона, установленная в Шварцвальде, при напоре в 108 м, расходе в 0,035 м³/сек. и 2300 об/мин обладала мощностью в 40 л. с. и к. п. д. 0,8. Диаметр этой турбины всего 0,55 м. Достаточно сравнить эту величину с диаметром колеса на острове Мэн, чтобы ясно представить себе, какие возможности развития гидроэнергетики были созданы машиностроительной техникой XIX в., опиравшейся на паровую машину.

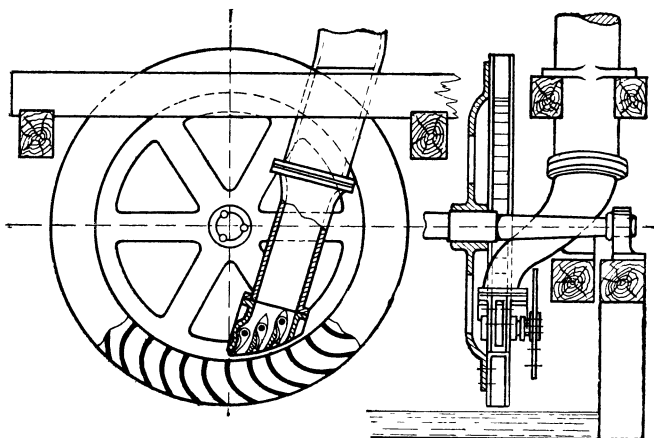
Турбина Фурнейрона начала первый этап производственного применения турбин. Она дала толчок поздним конструкциям.

В 1837 г. Геншель в Касселе и около того же вре-

¹ Там же.

² Там же.

мени Жонваль в Эльзасе сконструировали свою осевую турбину. В следующем десятилетии появилась турбина Швамкруга (1848). Ее отличием была горизонтальная ось вала турбины. Еще раньше Негель усовершенствовал турбину Фурнейрона — подвел к ней



Фиг. 174. Турбина Швамкруга.

воду снизу. Завод Эшер и Висс построил в 40-х годах тангенциальную турбину по принципу Понселе. Все эти конструкции подхватывались, совершенствовались, и при этом каждый новый принцип быстро находил оптимальную конструктивную форму и совершенное выполнение. Наиболее важный результат этого периода — появление турбины Френсиса (1849). Мы видим, что это — турбина смешанного типа, так как вода движется сначала в радиальном направлении от внешнего направляющего аппарата к внутреннему рабочему колесу, а затем в последнем изменяет направление и выходит из турбины в осевом. Эта система допускала применение в самых разнообразных условиях, для самых различных по масштабу и напору установок при высоком во всех случаях к. п. д. Это сделало турбину Френсиса одной из основных применяющихся поныне турбин. Вместе с тем и к. п. д. этой турбины повысился сейчас до 0,945¹.



Фиг. 175. Френсис.

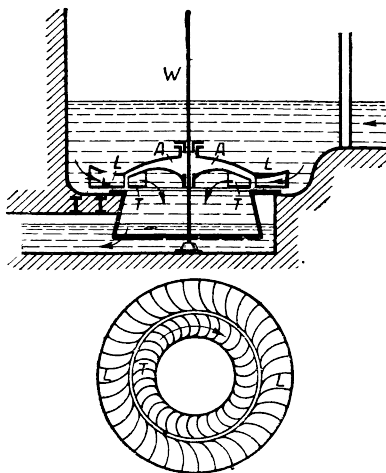
Непосредственно для своего изобретения турбина Френсиса не выделялась из ряда других. В это время существовало множество различных турбин, которые развивались, распространялись и совершенствовались параллельно друг другу.

¹ Mead, Water Power Engineering, N. 9., 1920.

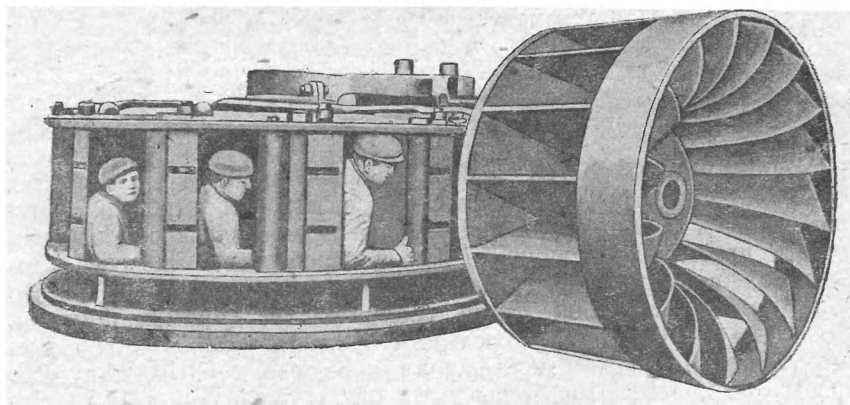
В основном все реактивные турбины сводились к трем типам, отличавшимся друг от друга способом подвода воды к рабочему колесу. Вода подводилась изнутри (Фурнейрон), сверху (Жонваль) и снаружи (Френсис).

Турбина Геншеля-Жонваля была усовершенствована заводом Лантена и под именем турбины Кнопа широко применялась во второй половине XIX в. Наряду с нею строились турбины Нагеля и еще несколько типов.

Гораздо позже выкристаллизовалось небольшое число типов, охвативших все возможные случаи. Это связано с развитием гидроэлектростроительства. Но до этого было еще далеко. Положение в третьей четверти века можно представить следующей картиной. Машиностроительная техника классической эпохи пара позволила всем типам турбин облекнуться в осуществимую и экономичную форму. Они стояли рядом друг с другом, конкурируя техническими показателями. Приближалась, но была еще далеко, революция, произведенная электричеством, которая впоследствии превратила блестящий парад в строгий экзамен и пропустила в новую эпоху лишь одну турбину Френсиса.



Фиг. 176. Турбина Френсиса.

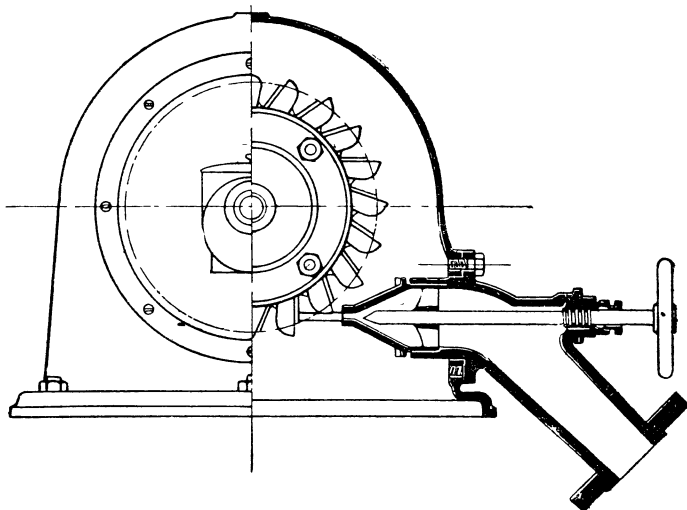


Фиг. 177. Колесо турбины Френсиса.

Первые электропередачи, подтверждая замечания Маркса и Энгельса, выдвигают вперед гидроустановки, которые в связи с этим превращаются из гидросиловых в гидроэлектрические. Как это повлияло на судьбу гидравлических турбин?

На первых станциях устанавливались самые разнообразные турбины. Лауфен-франкфуртская передача получала энергию от оригинальной турбины, частично напоминавшей турбину Жонваля. На станции в Касселе работали турбины Кнопа. Рейнская установка проектировалась с турбинами Жонваля. Но вскоре оказалось, что ни одна из конструкций, появившихся до 80-х годов, не может конкурировать с турбиной Френсиса по диапазону мощности и скорости, по удобству монтажа и наблюдения.

Наряду с ней применялась другая турбина, непосредственно связанная с электростанциями с самых первых своих шагов. Ее изобрел Пельтон — плотник из Огайо, переселившийся во время «золотой лихорадки» в Калифорнию. В 1884 г. он построил в го-



Фиг. 178. Турбина Пельтона.

рах Сиерра-Невады колесо, использовавшее напор в 1 600 футов. Характерно сходство этого двигателя с паровой турбиной. Подобно паровой турбине колесо Пельтона вследствие своей быстроходности применялось вначале для центробежных насосов, компрессоров, круглых пил, вентиляторов, сепараторов и т. п. Но вскоре колесо Пельтона стали соединять с динамомашинами. Уже в 1884 г. Пельтон присоединил к своему колесу в 130 л. с. динамо Бреша. Первая трехфазная передача в США получала энергию от колеса Пельтона. Это была передача в Редланде в Калифорнии. Два колеса Пельтона при расходе около 1 м³/сек, напоре 108 м, мощностью в 400 л. с. приводили в движение динамо, посылавшее ток под напряжением в 2 500 в на расстояние в 7,5 и 12 км. Вторая передача — в Калифорнии (15 км — 10 000 в) — также воспользовалась колесом Пельтона, которое при напоре в 132 м передавало генератору 250 л. с. Вскоре новые дви-

гатели распространились в Европе и стали изготавливаться европейскими заводами.

Каковы же конструктивные особенности этого двигателя?

Колесо Пельтона — тангенциальная турбина, работающая за счет живой силы струи воды, направляемой на ковшеобразные лопатки. Колеса Пельтона обладают необычайно широким применением при больших напорах (Фюлли в Швейцарии — 1650 м) и большим диапазоном мощности. Сейчас они достигают, с одной стороны, — 48 000 л. с., а с другой стороны — десятых долей лошадиных сил. Это позволило колесам Пельтона наряду с турбиной Френсиса надолго удовлетворить потребности гидроэлектростроительства.

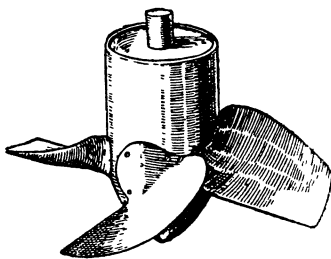
Новый этап гидроэлектростроительства, вызванный электрификацией промышленной технологии, естественно, оказался новым этапом в развитии гидравлических турбин. До войны считалось, что новейшие конструкции турбин Френсиса и Пельтона являются завершением развития турбостроения. Но в эпоху второго тура электротехнической революции гидроэлектростроительство перешло ко второй очереди, т. е. к мощным установкам с большим расходом, но малым и сильно меняющимся напором. Это вызвало к жизни новые типы.

Новыми типами были турбины: пропеллерные, Лавачека, диагональные, винтовые и другие, в которых изменение конструкции рабочего колеса — уменьшение числа лопаток и новая форма их — позволило и при низких напорах получать для мощных турбин достаточное число оборотов. Следующим этапом явилась конструкция Каплана, в которой рабочие лопатки могли поворачиваться. Этим достигалось сохранение высокого к. п. д. при переменной нагрузке. В современных типах каплановских турбин наблюдается тенденция вообще ликвидировать направляющий аппарат.

Таким образом паровая техника создала машинную базу гидроэнергетики — турбины; электрификация силового аппарата вызвала к жизни гидростанции, а второй тур революции, произведенной электричеством, связав с гидроэнергией новые производства, толкнул ее еще дальше.

Все это можно проиллюстрировать примером верхнерейнской гидроустановки.

В верховьях Рейна, у Шафгаузена, еще в первой половине XIX в. существовало несколько подливных колес на двух каналах. В 50-х годах часовщик Генрих Мозер организовал большие гидротехнические работы. Рейн был запружен. На левом берегу были поставлены три турбины по 200—250 л. с. Самое интересное — передача этой мощности. 200 л. с. использовались тут же на левом берегу; остальная энергия передавалась канатной трансмиссией на правый берег реки в Шафгаузен; канатная передача



Фиг. 179. Турбина Каплана.

достигала шерстепрядильной фабрики на расстоянии 740 м от реки; в 1891 г. турбинная установка была расширена, и на ней были установлены динамомашинны; ток напряжением в 630 в заменил канатные передачи; наконец, часть турбин начала давать энергию небольшому алюминиевому заводу, провозвестнику технологической революции XX в.

Таким образом через тихий уголок Швейцарии пронесли три переворота в гидроэнергетике: подливные колеса, гидросиловая установка с турбинами и механической трансмиссией, электрификация трансмиссии и, наконец, новая технология — последовательно базировалась на энергии одного и того же пункта.

Здесь, как «в малой капле воды», точно отразилась вековая эволюция.

Теперь представим ту же эволюцию суммарно, таблицей, где показан рост гидроэлектростроительства, мощности отдельных производственных единиц в Европе и США, их числа оборотов и к. п. д. (фиг. 168). Сопоставление этих величин не требует пояснений. В то же время самостоятельный анализ этой таблицы бросит свет на те стороны развития гидроэнергетики, которых я здесь не касался вовсе.

Посмотрим теперь, какие сдвиги в самой электротехнике соответствуют второму туру революции, произведенной электричеством.

Электрохимия требовала постоянного тока. Поэтому второй тур электротехнической революции опирался на новую фазу электротехники. Постоянный ток получил распространение в промышленной технологии, но в генераторах попрежнему господствовал переменный ток. Поэтому для этой эпохи характерно развитие преобразователей.

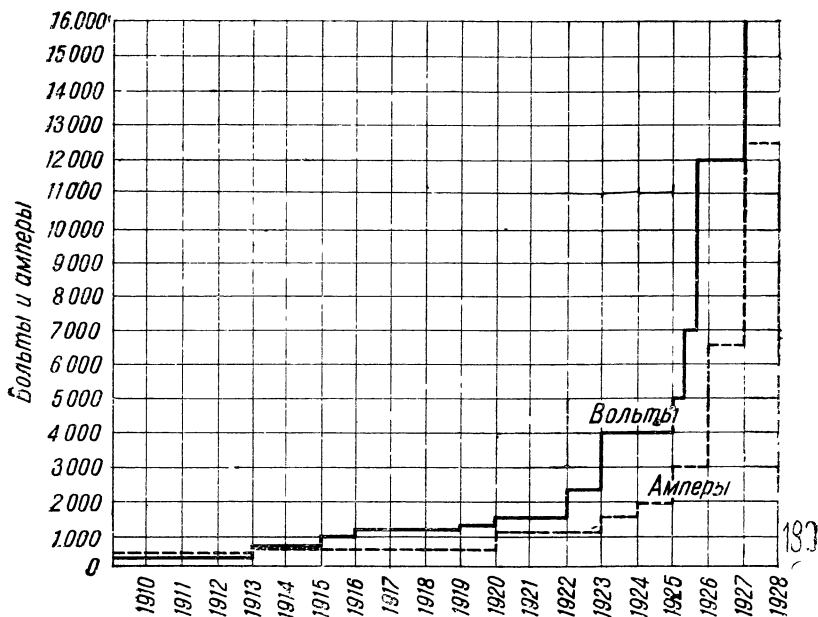
Преобразование переменного тока в постоянный первоначально осуществлялось соединением мотора переменного тока с генератором постоянного тока в мотор-генератор, приводимый в движение переменным током и дающий постоянный ток. Наряду с этой машиной применяется синхронный или вращающийся преобразователь — комбинация синхронного мотора и генератора постоянного тока с общим якорем, а также каскадный преобразователь — мотор-конвертор, состоящий из асинхронного мотора и синхронного преобразователя. Последний был введен Лакуром (La Cour) и Брэгстедом (Bragstad) в 1902 г.¹

Развитие электрических железных дорог, а несколько позже — электрохимии — выдвинуло вперед ртутные преобразователи. Они являются ровесниками нашего века. В 1901 г. Купер Хьюит обнаружил, что пустотные трубки с парами ртути выпрямляют переменный ток в постоянный. После этого начинается применение электронных и ионных приборов в сильноточной электротехнике². Первые ртутные выпрямители обладали очень

¹ O'Dea, *Electric Power*, p. I, London, 1933, p. 29—30.

² См. А. А. Чернышев, Вакуум и новейшие достижения электротехники, Доклад на чрезвычайной сессии Академии наук, 1932. Сорена, 1933, вып. II, стр. 43

небольшой мощностью. Они были сделаны из стекла, и стекло не выдерживало наружного давления и тех температурных напряжений, которые возникали во время работы. Это мешало переходу к большой силе тока. Основные этапы развития ртутных выпрямителей со стеклянными сосудами следующие: в 1908 г. появились выпрямители для токов в 40 а, в 1921 г. сила тока дошла до 100 а и в 1927 г. до 200 а: перелом был связан с применением металлических сосудов.



Фиг. 180. Напряжение и мощность выпрямителей.

Еще в 1905—1908 гг. Купер Хьюит и Фрэнк Конрад построили металлический ртутный выпрямитель. Выпрямитель 1908 г. — это стальной цилиндр с отверстиями в верхней части для двух анодов из графита и ртутным катодом в изолированной чашке снизу. В дальнейшем строили выпрямители в виде железных цилиндров 60 см диаметром с тремя анодами. Цилиндры были целиком погружены в воду.

В 1910 г. Бела-Шефер построил первый выпрямитель в Европе в виде двухстенного стального сосуда диаметром в 17 см с одним анодом и ртутным катодом у основания. Такой выпрямитель присоединялся к одной фазе, и для выпрямления пользовались группой из двух выпрямителей, работавшей при нагрузке в 300 а, а при усиленной циркуляции воды — в 500 а.

Основная линия в работе над выпрямителями заключалась в переходе к большим мощностям и высоким напряжениям. В 1901 г. для преобразования 150 а нужно было 18 анодов. Пер-

вый металлический выпрямитель в Европе работал, как мы видели, при 300—500 а. В дальнейшем сила тока, так же как и напряжение, быстро росла. Фиг. 180 показывает рост напряжения и мощности ртутных выпрямителей. В последнее время (1931 г.) сила тока в двенадцатианодных выпрямителях дошла до 24 000 а. Напряжение в некоторых выпрямителях доходит до 24 000 в.

Где же применяются ртутные выпрямители? Незадолго до войны и в первые ее годы впервые были установлены выпрямители в Германии и в США для железных дорог. Для них и поныне применяется наибольшее число установок. Приведем таблицу применения ртутных выпрямителей в период 1910—1929 гг.¹

Область применения	Число установок	Число выпрямителей	Установленная мощность в мвт	Средняя мощность в квт на установку	Средняя мощность в квт на выпрямитель	% от общей установленной мощности
Железные дороги	620	1 300	950	1 520	731	74,3
Световые и силовые установки	364	593	231	635	390	18,1
Горная промышленность	30	45	17,9	600	400	1,3
Прокатные станы	18	50	27	1 500	540	2,0
Электрохимия	14	30	44,5	3 180	148	3,4
Зарядка аккумуляторов	12	12	1,3			
Всего	1 058	2 030	1 271,7	1 212	632	100,0

Электрохимия в этой таблице занимает очень скромное место, однако именно она в будущем, превратившись в основную область технологии, поставит вакуумные приборы вообще и выпрямители в особенности в центр электротехники. Цифры пятого ряда приведенной таблицы еще раз показывают, что связь электрохимии с постоянным током, как и другие черты нового этапа техники, осуществляются в небольших масштабах, которые, однако, указывают направление технических тенденций.

Конструирование ртутных выпрямителей опиралось на экспериментальную и теоретическую работу таких людей, как Штейнмец². Здесь ясно видна связь между новым этапом электротехники и научными работами в области прохождения электричества через разреженные газы. Именно в этой области еще Максвелл ожидал ответа на вопрос о природе электричества. Когда Блондель на вопрос о наиболее интересной области электротехники от-

¹ Марти и Виноград. Ртутные выпрямители, М.—Л, 1933, стр. 249.

² Steinmetz, Proc. AIEE 1905, p. 370, 743. Langmuir, Gen. El. Rev. V. 27, p. 449, 538, 616, 762, 810, 1924.

вечал своим ученикам — «смотрите в пустотные трубы» — он имел в виду наряду с производственным и теоретическое значение новой области. Действительно, новый этап электротехники двинул далеко вперед представления об электричестве. Остановимся на этом вопросе. Это тем более своевременно, что мы уже дошли до самых последних страниц истории электротехники, содержание которых совпадает с описанием современной техники. Поэтому нам незачем дальше останавливаться на этом, и можно перейти к вопросам теории.

Электрохимия, постоянный ток, электроионная техника были основой развития электронной теории. Электрон стал центром значительной области теории электричества, благодаря тому, что в центре электротехники оказались электронные и ионные процессы.

До сих пор мы рассматривали электричество, как универсальное промежуточное звено энергетических переходов. Долгое развитие представлений об электричестве, опиравшееся на развитие техники, привело к полному уяснению этой мысли и к широкому применению ее. Вольтов столб, работы Дэви и Фарадея, гальванические элементы и т. п. — здесь электричество было посредствующим звеном между химическими реакциями. Электромагнитная индукция, генераторы и двигатели, обратимость их работы, передачи, начиная с Делпре, — здесь электричество соединяло между собой механические процессы. Везде электричество возникало из другой формы движения и для своего полезного применения превращалось в другую форму движения. Этому соответствует преимущественное значение электропередач в развитии электрической техники. Завершение технического применения электричества как промежуточного звена энергетических переходов заключается в создании единой высоковольтной сети. На всех этих этапах электрон был носителем не технологической операции, а служебной, промежуточной.

Электрохимия и постоянный ток отводят электрону другое место. В электромеханике и электродинамике движение электрических зарядов служит лишь осью для распространения силовых и тепловых действий тока. Новая же технология имеет целью химические изменения вещества, т. е. перемещение самих материальных сгустков электричества. Таким образом электротехнология (в узком смысле) заключается в непосредственном участии электричества в рабочей технологической операции без превращения его в движение масс (электромеханика) или молекул (электротермия). Отсюда, как мы видели, — специфический характер электрической техники, свойственный этому этапу (постоянный ток). Здесь собственно тоже непосредственными участниками процесса являются ионы, т. е. носители химического движения. Но движение ионов в растворе является электрическим током, и мы можем с известной оговоркой рассматривать применение электричества в данном случае как непосредственное. Тем более это относится к электронно-ионной технике. Отсюда новая фаза теории электричества.

После Фарадея электронная теория сделала несколько шагов вперед в работах Гельмгольца, Стоenea¹ и др. Предистория заканчивается в 1895 г., когда Лоренц² создал свою теорию, а Рентген открыл свои лучи. Характерно, что в этом же году получили техническое применение открытия Герца (Попов и Маркони), и таким образом создание современной электронной теории совпало с кульминационной точкой в развитии электромагнетизма. Лоренц, по его собственным словам, в известной степени вернулся к воззрениям Вебера и Клаузиуса, но оплодотворил эти представления учением Максвелла о магнитных силах и смещении в диэлектрике. Таким образом у истоков современной электронной теории последняя черпала у электромагнетизма не только технические импульсы, но и теоретическое оружие. Она была преемственно связана со старой электрохимической теорией и явилась неизбежным выводом из законов электролитической диссоциации. Но в 90-х годах явления, которые обеспечивали ее расцвет, лежали в направлении, сближавшем электронную теорию с теорией поля. Это было явление Зеemана и лучеиспускание атомов, изучавшееся Виноm (1864—1928)³, Планком⁴ (родился в 1858 г.) и др. На этой основе электронная теория шла от победы к победе. Она заставила Планка в 1900 г. пересмотреть представления об энергии, и новый взгляд вскоре после создания Резерфордом⁵ модели атома получил физическую интерпретацию в законах Бора⁶.

Одновременно появились и симптомы кризиса; Ленин в работах, посвященных этой проблеме, вскрыл классовые корни гальванизированного электронной теорией идеализма и обобщил новую ступень физики следующей гениальной формулировкой:

«Как ни диковинно, с точки зрения «здравого смысла», превращение невесомого эфира в весомую материю и обратно, как ни «странно» отсутствие у электрона всякой иной массы, кроме электромагнитной, как ни необычно ограничение механических законов движения одной только областью явлений природы и подчинение их более глубоким законам электромагнитных явлений и т. д., все это только лишнее *подтверждение* диалектического материализма»⁷.

«Ограничение механических законов движения одной только областью явлений природы и подчинение их более глубоким законам электромагнитных явлений» — такова самая точная, общая и глубокая формулировка действительного смысла всей новой физики, начиная с уравнений Эйнштейна и далеко не кончая новейшими теориями квантовой и волновой механики.

¹ G. Johnstone Stoney (1826—1911). 1891. Scientific. Trans. of the Roy., Dublin. Soc. S v. 4, 1891, p. 563.

² H. A. Lorenz, Versuch einer Theorie der elektrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Körpern, Leiden, 1895.

³ W. Wien, Sitzungsber. d. Akad. d. Wissenschaft, Berlin, 1893, p. 55.

⁴ Verhandl. d. deutsch. physikal. Gesellschaft, vol. 2, 1900, p. 237.

⁵ Phil. Mag. V. 21, 1911. p. 669.

⁶ Phil. Mag. V. 26, 1913, p. 1, 476, 854.

⁷ Ленин, Сочинения, т. XIII, изд. 3-е, стр. 214.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ленин, Материализм и эмпириокритицизм.
 2. Берлинг, Цветные металлы, их настоящее и прошлое, М., 1930.
 3. Энергетика отраслей народного хозяйства — составили Руссаковский и Шефтель, М., 1935.
 4. Изгарышев, Электрохимия, М., 1932.
 5. Митте, О водостолбовых машинах, СПб, 1888.
 6. Чернышев, Вакуум и новейшие достижения электротехники, Сорена, 1933, вып. II.
 7. Хвольсон, Физика наших дней, ГТТИ, 1932.
 8. Эдингтон, Теория относительности, ГТТИ, 1935.
 9. Де-Бройль, Волновая механика, ГТТИ, 1935.
 10. Лоренц, Пуанкаре, Эйнштейн, Минковский, Принцип относительности, ОНТИ, 1935.
 11. Гейзенберг, Шредингер, Дирак, Современная квантовая механика, ГТТИ, 1934.
 12. 25 лет «Материализма и эмпириокритицизма», Москва, 1934.
 13. Neumann, Die Metalle. Geschichte Vorkommen und Gewinnung. Hall, 1904.
 14. Mead, Water Power Engineering, N-J, 1920.
 15. Rushmore and Lof, Hydro, Electric Power Stations, N-J, 1922.
 16. Bedtenbacher, Theorie und Bau der Wasserrade, Mannheim, 1846.
 17. Glyn, Power of Water, London, 1866.
 18. Fourneyron, Invention de la turbine, Paris, 1924.
 19. Reichel, Aus-der Geschichte der Wasserkraftmaschinen. Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie, 1928, 18 Band.
-

ГЛАВА ДВЕНАДЦАТАЯ

СОВЕТСКАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

Концентрация энергохозяйства, энергетическая техника и противоречия капитализма. Проекты единой высоковольтной сети Европы. Анархия производства и конкуренция в энергохозяйстве. Кризис и энергохозяйство. Энергетическая техника и ленинский план электрификации. Ленин и Сталин об электрификации. Гозлро. Первые электростанции. Концентрация электрохозяйства. Сети. Системы. Теплофикация, местные энергетические базы и задачи теплотехники. Энергооборудование. Советская энергетическая техника и показатели Запада

Рассмотрим энергетическую технику того периода новой истории, который гг. Сталин, Киров и Жданов определили как «период послевоенного империализма в капиталистических странах, экономического и политического кризиса в этих странах, период фашизма и усиления борьбы за колонии и сферы влияния с одной стороны, и с другой стороны — период гражданской войны и интервенции в СССР, период первой и начало второй пятилетки в СССР, период победоносного строительства социализма в нашей стране, период искоренения последних остатков капитализма, период победы и подъема в СССР социалистической индустрии, победы социализма в деревне, победы колхозов и совхозов»¹.

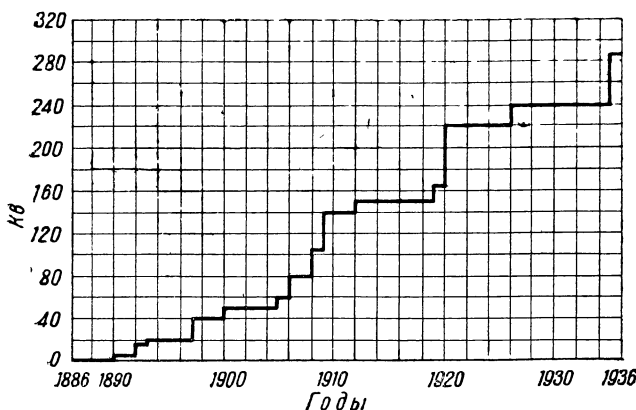
Мы видели, что в современных капиталистических государствах развиваются мощные электрические системы. Этот процесс в рамках капиталистического общества происходит в форме монополистических союзов, синдикатов и трестов, которые организуются капиталистами для того, чтобы повысить прибыль, увеличить эксплуатацию, для того чтобы увеличить гнет капитала и лишить народных масс. Эти монополистические картели захватывают в свои руки электроснабжение и тем самым подчиняют себе производственную жизнь целых районов. Электрификация в условиях капитализма увеличивает власть кучки магнатов капитала над производством и ведет ко все большему угнетению рабочих и крестьянских масс кучкой господствующей финансовой олигархии.

¹ «Большевик», № 3, 1936, стр. 66.

Развитие электрических систем приводит к росту электропередач и повышению применяемых напряжений (фиг. 181).

Техническая мысль буржуазии сейчас усиленно разрабатывает планы и проекты межрайонных энергетических систем и даже единых энергетических систем для целых государств. За 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 II Мировом энергетическом конгрессе, собравшемся в 1930 г. в Берлине, предложил создать единую сеть электр-



Фиг. 181. Рост напряжений в передачах.

тропередач, которая охватила бы европейский континент¹. Он предложил провести три передачи с севера на юг и две с востока на запад. Всего Оливен предлагал провести 10 000 км электропередачи с напряжением в 400 000 в, которые передавали бы мощность в полмиллиона киловатт (фиг. 182).

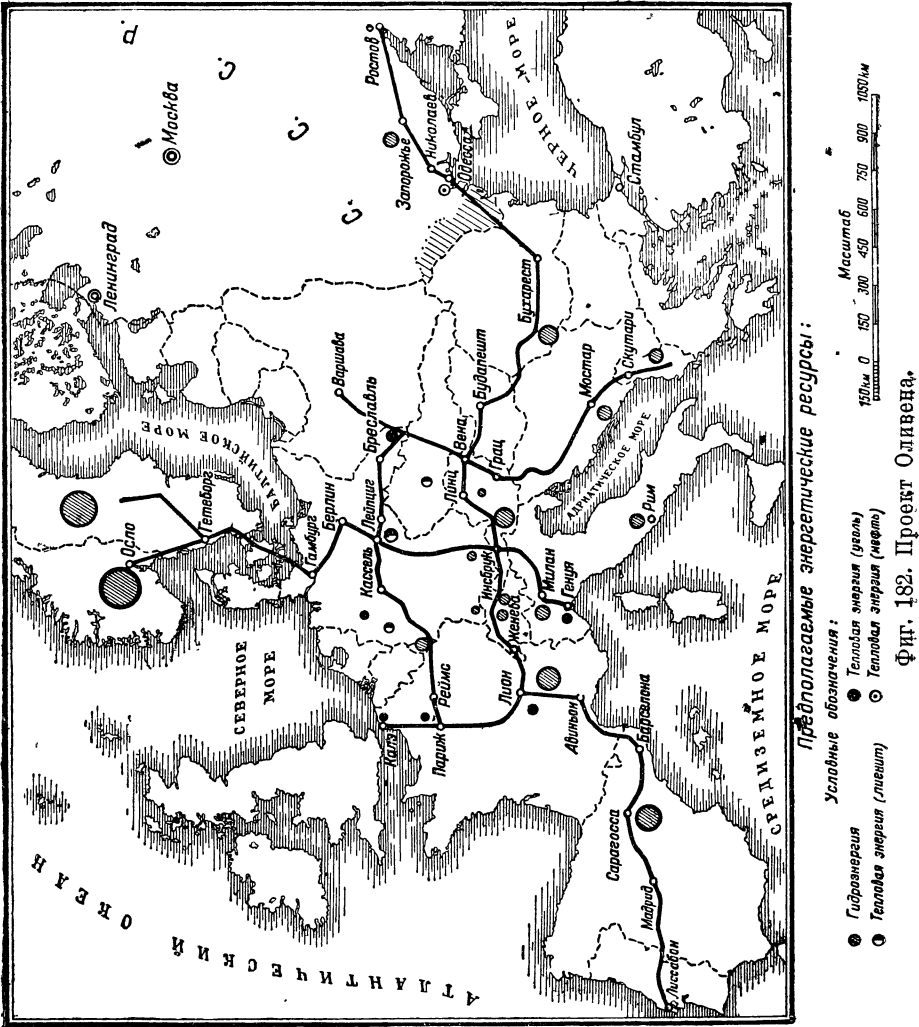
Второй проект принадлежит швейцарскому инженеру Шенгольцеру². Шенгольцер предлагает объединить электрохозяйство европейских государств четырехугольником Лондон — Берлин — Вена — Париж. Этот четырехугольник образуется электропередачами напряжением в 660 000 в. К нему идут передачи, которые несут в сборное кольцо энергию стран, богатых дешевыми энергетическими ресурсами, а от него исходят передачи, которые перебрасывают эту энергию в страны, бедные собственными источниками дешевой энергии (фиг. 183).

Третий проект — французский — проект Вьеля. Вьель предлагает соединить отдельные установки Южной Франции на Пире-

¹ Oskar Oliven, Europas Grosskraftlinien, II Weltkraftkonferenz, Berlin 1930.

² Schönholzer, Die Grosskraftversorgung Europas, VDI № 17, 1931, s. 27.

неях и Альпах в один «коллектор» напряжением в 380 000 в с тем, чтобы эта передача пошла на север Франции и снабжала энергией северные промышленные районы страны, а затем линии



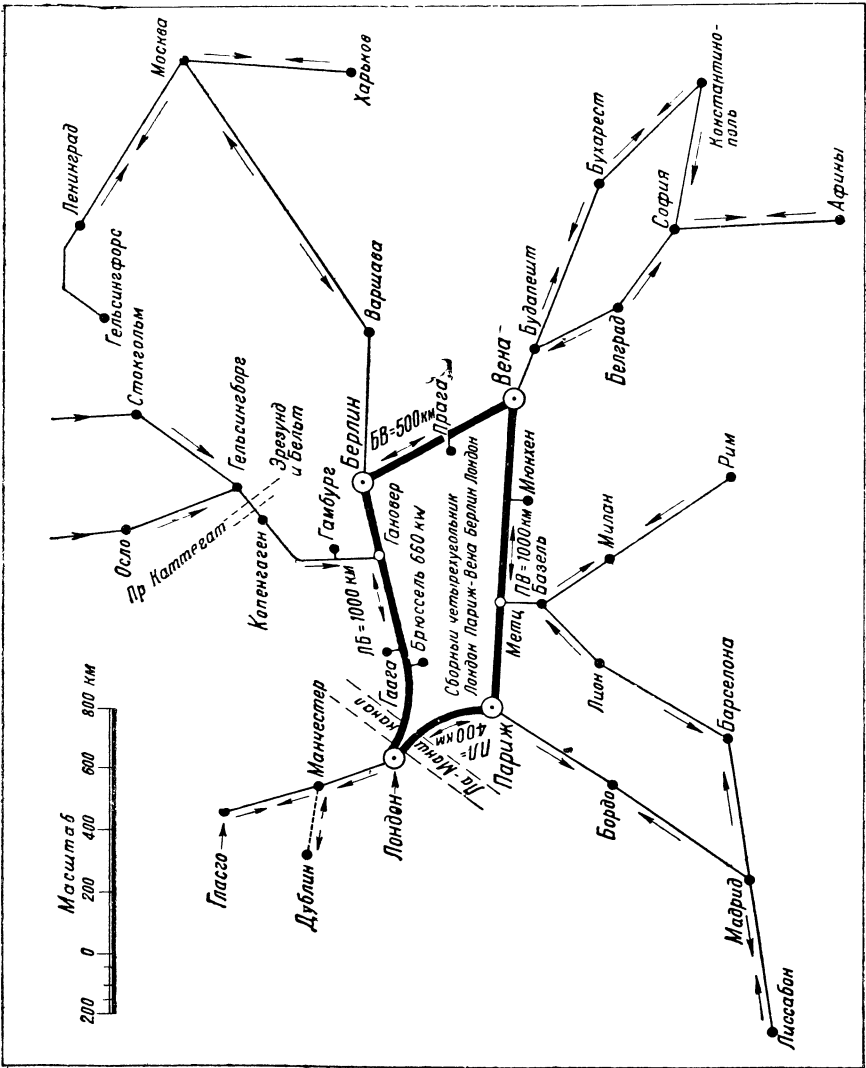
переходили в Западную Европу и объединяли там источники дешевой энергии с промышленными районами, которые являются потребителями этой энергии ¹.

Таким образом современная техника, получившая наиболее яркое выражение в возможности передавать энергию высоковольтными сетями на расстояние в 1 000 км и дальше, в плотную под-

¹ Revue Gén. de L'El. 1930. XI p. 725.

вела производство к интернациональному объединению энергетики. Но капиталистическое производство не может объединить энергетику даже в пределах одного района.

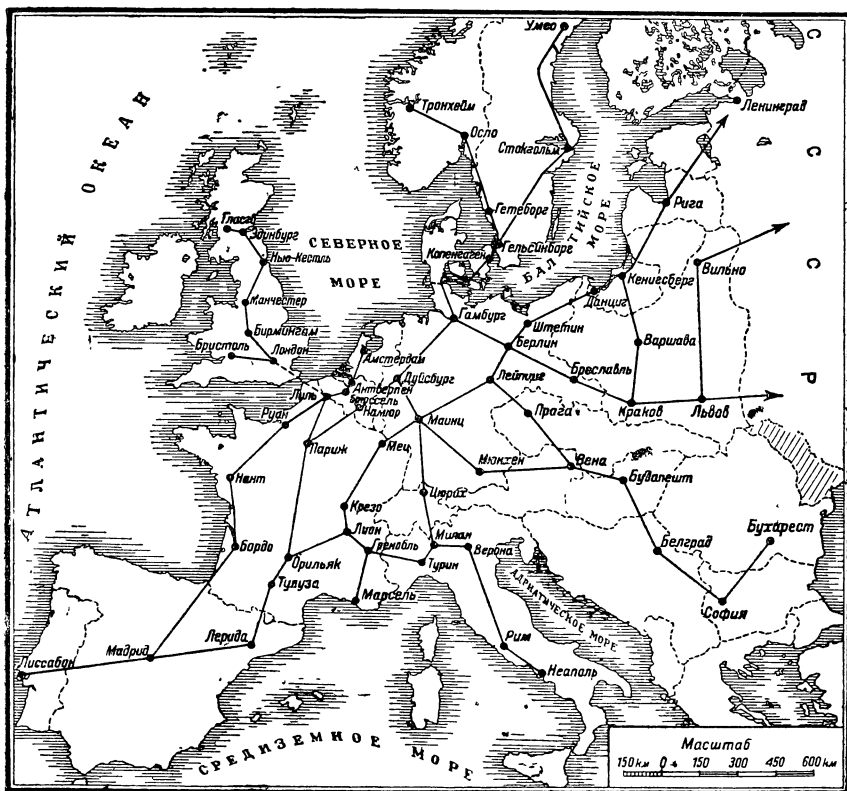
Монополистическое объединение энергетического хозяйства не уничтожает, а наоборот, увеличивает в колоссальной степени



Фиг. 183. Проект Шенгольца.

анархию производства и борьбу между капиталистами. Идея единого капиталистического треста, единого энергетического хозяйства для всего капиталистического производства, и, следовательно, идея единой высоковольтной сети, противоречит действительному ходу вещей. Современные капиталистические государства являют собой пример чрезвычайной анархии производства

в области энергетики. Гебер Бленкенорн в 1925 г. писал об английском электроэнергетическом хозяйстве: «Отчет инженерного комитета Совета/ лондонского графства сейчас же после войны, без существенных перемен за последующий период, дает ключ к пониманию положения в Англии: 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 поддержку друг другу в случае ава-



Фиг. 184. Проект Вьезля.

рии»¹. За последние десять лет английское электрохозяйство значительно рационализировано, но это не устранило борьбы между многочисленными системами.

Противоречие между растущими производительными силами и капиталистической оболочкой, которая сдерживает их развитие, наиболее ярко и выпукло вырисовывается во время капиталистического кризиса. Кризис 1929 г., который охватил весь капитали-

¹ Экономическая и социальная роль электрификации, Сборник, перевод с английского. М., 1927, статья Бленкенорна, стр. 29—30.

стический мир, ударил и по энергетическому хозяйству. Здесь было особенно рельефно видно, как обострение противоречий, конкуренция, борьба между капиталистическими государствами сдерживает электрификацию. В частности, проекты Оливена, Вьеля, Шенгольцера отражали обострение капиталистических противоречий. Эти проекты в значительной степени обосновывали империалистические вождедения буржуазии, которая пытается путем империалистической экспансии найти выход из кризиса. Возьмем проект Оливена. Его смысл заключался 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 государства, экспорт электроэнергии обеспечит нормальные прибыли электрических компаний в тот период, когда промышленный кризис уменьшит потребление электроэнергии в стране. Таким образом Вьель не скрывает связи своего проекта с задачей обеспечить прибыль своей буржуазии во время кризиса.

Как повлиял кризис на энергетическое хозяйство? Прежде всего он сказался резким падением производства электроэнергии. Наряду с сокращением ввода новых мощностей уменьшилось использование установленной мощности, мощное и технически совершенное оборудование используется в очень незначительной степени.

Мы приведем таблицу, которая ярко иллюстрирует противоречия капиталистической энергетики. С одной стороны, виден рост технических параметров, рост технических потенциалов капиталистической энергетики. И наряду с этим неуклонное снижение в части ее использования. Здесь ряды цифр ярко демонстрируют конфликт между производительными силами и сковывающими их производственными отношениями. Это цифры, рисующие динамику эксплуатации агрегатов свыше 20 000 квт. Число таких агрегатов непрерывно растет. Технические возможности их эксплуатации непрерывно улучшаются. И в то же время растет простой, падает использование мощности. Первая строка таблицы показывает, хоть и косвенно, распространенность мощного оборудования. Вторая строка показывает растущую потенциальную бесперебойность эксплуатации, связанную с техническим совершенством этого оборудования. Третья строка свидетельствует о неспособности капиталистического хозяйства воспользоваться этими потенциалами. Процент часов простоя из-за недогрузки увеличивается с 16% в 1922 г. до 33,7% в 1931 г.

Этими годами обрывается приведенное сопоставление показателей электрификации, но выраженные этими цифрами тенденции не только не прекратились, но напротив, в последующие годы приобрели еще большую рельефность¹.

¹ Вейц. Современное развитие электрификации в капиталистических странах, Л., 1933, стр. 100.

Характеристика простоев турбогенераторов в США

Показатель	1922 г.	1923 г.	1925 г.	1926 г.	1927 г.	1928 г.	1929 г.	1930 г.	1931 г.	1932 г.
Число обследованных турбин мощностью выше 20 000 квт	74	87	191	153	186	207	276	324	334	291
Процент часов вынужденного простоя	15,3	12,9	13,6	11,2	11,8	10,2	9,8	9,1	8,4	7,2
Процент часов простоя из-за резерва	16,6	14,7	21,3	21,7	21,0	21,2	23,3	27,9	33,7	44,0

Однако основная причина, препятствовавшая и препятствующая широкому развитию электрификации, заключается в революционном характере электрической техники. Электричество вручает рабочему власть над колоссальными районами, и это угрожает самим основам капиталистического хозяйства. Рабочий, вооруженный электрической техникой, является прозным призраком, который не только облачается в плоть и кровь, но и берет в свои руки решающие рычаги хозяйственной жизни. И. И. Степанов в свое время писал о том, что рабочий в своей классовой борьбе начинает пользоваться преимуществами электрической техники¹. «В России — пишет он — еще до революции не один раз фактически применялась такая новая тактика; так, например, в Москве бывали моменты, когда перед решительным выступлением кондукторов и вагоновожатых электрических трамваев охватывали колебания, — в таких случаях забастовка рабочих электрических станций давала необходимый толчок и не только служила сигналом, но и сплачивала колеблющихся». Эта опасность, естественно, сдерживает применение электричества в буржуазном производстве. «Электрификация, — пишет И. И. Степанов, — 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 представляет 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 командующей роли буржуазии.

Мы можем привести несколько примеров этого. Когда в Англии появился проект объединения энергетического хозяйства, составленный Комитетом Гальдана, палата лордов провалила этот проект. Гебер Бленкенорн пишет об этом: «Лорды решили, что от всей затеи «пахнет» национализацией и что если электрическая энергия будет производиться на небольшом числе сверхстанций, то небольшое количество рабочих на этих станциях может забасто-

¹ Степанов, Электрификация РСФСР, М., 1921.

вать... и т. п.»¹. Чем дальше, тем подобные аргументы становятся чаще. В 1930 г. один из немецких журналов протестует против централизации электрического хозяйства, «ибо вся жизнь остановится, если этого захочет фактический руководитель электрической системы или тот, кто его поставил, что, например, имело место в Греции во время мировой войны или в период волнений, когда легко могут быть разрушены питательные сети»². Один из немецких ученых — Дене — считает важным препятствием на пути электрификации «то важное обстоятельство, что энергоснабжение обширных территорий попадает в руки немногих лиц и производится из одного центра, благодаря чему при случайностях военного времени или при забастовках или беспорядках обширные хозяйственные области могут быть легко отрезаны от центров энергоснабжения»³.

Приведем еще заявление одного английского журнала (январь 1932 г.), которое в еще более яркой форме рисует влияние кризиса на положение капиталистической энергетики. «В прошлом году, — говорится в одной из статей этого журнала, — мир чествовал память пионера электротехнической науки — Фарадея, и это событие восстановило в наших умах те далекие времена промышленного развития, с которыми он был связан. Если мы сравним условия той эпохи с механизмом современного промышленного развития, нас поразит глубочайшая разница. В прежние времена нужды мира или, если так можно выразиться, его аппетиты — были безграничны. Иными словами, изобретательский гений и научный исследователь неограниченно работали, для того чтобы удовлетворять постоянно растущие требования промышленности. В настоящее время мы наблюдаем обратную картину: темпы прогресса изобретательской мысли сильно превосходят его практическое применение. В результате этого постоянно подтагиваемая к новым усилиям промышленность разрушает все то, чего она до сих пор достигла.

Она находится на грани крушения. Причина кроется в самой промышленной системе, причина — в системе современных методов производства, которые, к несчастью, разрушают свои же собственные цели»⁴.

Кризис оказался не только в задержке технического развития, он сопровождается иным качественным направлением его. Усиленно ставились такие технические задачи, которые связаны с расширением потребления металла. Яркий пример — проект мощного ветродвигателя, в свое время выдвинутый инж. Гонефом. Орган германской тяжелой промышленности «Deutsche Allgemeine Zeitung»⁵ считал основным преимуществом этого проекта то, что каждый из агрегатов Гонефа потребует не меньше 6 000 т металла.

¹ Экономическая и социальная роль электрификации, стр. 33.

² REA, XII, 1930.

³ Deutschland's Grosskraftversorgung, Berlin, 1929.

⁴ Birt, Control for Industry, Power Engineer, 1932; см. Вейц, стр. 138—139.

⁵ 1932, VI, 7.

Приведенные выдержки относятся к 1932 г. После этого капиталистическая энергетика вместе с другими отраслями капиталистического хозяйства перешла «от точки наибольшего упадка промышленности, от точки наибольшей глубины промышленного кризиса — к депрессии, но к депрессии не обычной, а к депрессии особого рода, которая не ведет к новому подъему и расцвету промышленности, но и не возвращает ее к точке наибольшего упадка»¹. Это сказалось в росте производства электроэнергии. Например, в Германии суммарное производство энергии в 1935 г. составило 34 500 млн. квтч против 30 661 млн. квтч в 1929 г. и 23 460 в 1932 г.² Наряду с другими причинами вооружения играют здесь не малую роль. Однако о подъеме и расцвете электрохозяйства не приходится говорить. Указанное увеличение производства электроэнергии объясняется ростом нагрузки и не сопровождается заметным ростом мощности. Суммарная мощность электростанций Германии составила на конец 1934 г. 13 млн. квт против 12,9 млн. квт в 1932 и 1933 гг. В 1935 г. также строилась лишь одна сравнительно крупная станция (Бобер — 67 000 квт) и несколько совсем мелких — от 500 до 7 000 квт. Очень важно отметить, что в пределах этой почти неизменной мощности вырос удельный вес передового по своему техническому уровню оборудования и, в частности, котлов высокого давления. Нужно сказать, что фашистская Германия приспособливает свою энергетику к потребностям подготавливаемой войны³. Быстро растет производство алюминия (18,5 тыс. т в 1932 г., 42 тыс. т в 1934 г. и 80 тыс. т в 1935 г.), азота, синтетического бензина и каучука. Электростанции становятся все более важными рычагами военной подготовки. Фашизм провозглашает программу милитаризации германской энергетики. «Нам нужна, если позволите так выразиться, милитаризация энергетического хозяйства Германии» — заявил Шахт в Саарбрюкене 27 сентября 1935 г. «Энергетическая сеть Германии должна быть так перестроена, чтобы даже при уничтожении отдельных крупных станций производство могло продолжаться без больших потрясений»⁴.

Для выполнения этой задачи в декабре 1935 года за подписью Гитлера, Шахта, Фрика и Бломберга вышел «энергетический закон», поставивший электростанции под контроль министра хозяйства. Последний имеет право не только закрывать существующие станции и распоряжаться постройкой новых, но и устанавливать энергетическую техническую политику. Главные принципы заключаются в следующем:

Военные предприятия должны получать энергию из разных источников. Предприятия должны иметь крупные собствен-

¹ Сталин, Доклад на XVII Съезде ВКП(б). «Вопросы ленинизма», изд. X, стр. 543.

² В. И. Михайлов, Электрификация Германии в 1934—1935 гг., «Электричество» № 6, 1936.

³ См. И. Вальтер, «Милитаризация германской энергетики», «Правда», 3 июля 1936 г.

⁴ Там же.

ные станции (их строительство уже широко развернулось). Создаются специальные резервные электроцентралы. Устанавливается широкая интерконнекция всех станций. Выполняются все указания о маскировке станций, подстанций и линий. Высоковольтные воздушные сети заменяются подземными кабелями. Все это, с одной стороны, сказывается снижением концентрации энергохозяйства и в силу этого задержкой некоторых технических усовершенствований, а, с другой стороны, толкает теплотехнику и электротехнику к новым принципам. Получили большое распространение небольшие паровые установки высокого давления (котел «Велокс»). В электротехнике успешно построены новые кабельные передачи высокого напряжения (постоянного тока) и чрезвычайно компактные трансформаторы. Последние вдвое легче и требуют в пять раз меньше места, чем старые.

Трансформация, единство и сохранение энергии, особая роль электричества в энергетических переходах — все это получило последовательное техническое применение в ту эпоху, когда техника, освободившись от частнособственнической узды, направилась по наиболее революционным дорогам. Мы видели, как с развитием электрической техники подготовлялось единство энергетики. Когда Вольта сконструировал постоянный источник динамического электричества — тока, было обнаружено основное свойство электричества, связь его с переходами энергии из одной формы в другую — в данном случае — непрерывное превращение химического движения в электричество и обратно в химическое движение. Вначале это было применено для передачи сигналов, затем для освещения и, наконец, для передачи механической энергии. Это открытие Энгельс считал решающей победой электрической техники. Последующее развитие электротехники, с одной стороны, втягивало в энергохозяйство новые ресурсы энергии, а с другой, внедряло электроэнергию в новые участки производства. Если учение об электричестве теоретически объединяло всю «мировую энергию», то электрическая техника может практически объединить передачами все энергетические процессы производства и соединить их реальной физической связью — электрическим током. Ток заключается в непрерывном превращении различных форм энергии в электричество и последующем превращении электричества в другие формы энергии. Соответственно техническое применение электрического тока ведет к объединению самых различных источников энергии, к превращению этой энергии в электричество и затем к превращению электричества в необходимые производству виды энергии. Потоки энергии в обобщенной форме электричества сливаются в одно русло, и затем энергия, переброшенная электрическим током на расстояние, распределяется между предприятиями, которые при этом становятся звеньями единой энергетической системы. Эту картину Маркс и Энгельс разглядели в первых опытных передачах. Ее осуществили Ленин и Сталин.

Приведем целиком одно из первых писем Ильича к Г. М. Кржижановскому об электрификации. На двух страничках этого письма изложен ряд грандиозных хозяйственно-технических замыслов.

Вот оно:

«23 января (1920), Москва

Глеб Максимилианович!

Статью получил и прочел.
Великолепно.

Нужен ряд таких. Тогда пустим брошюркой. У нас не хватает как раз спенсов с размахом или «с загадом».

Надо 1) примечания *пока* убрать или сократить. Их слишком много для газеты (с редактором буду говорить завтра).

2) Нельзя ли добавить *план* не технический (это, конечно, дело *многих* и не скоропалительное), а политический или государственный, т. е. задание пролетариату?

Примерно: в 10(5?) лет построим 20—30 (30—50?) станций, чтобы всю страну усеять центрами на 400 (или 200, если не осилим больше) верст радиуса; на торфе, на воде, на сланце, на угле, на нефти (*примерно* перебрать Россию всю, с *грубым* приближением). Начнем де сейчас закушку необходимых машин и моделей. Через 10(20?) лет сделаем Россию «электрической».

Я думаю, подобный «план» — повторяю, не технический, а государственный — проект плана, Вы бы могли дать.

Его надо дать сейчас, чтобы наглядно, популярно, для массы увлечь ясной и яркой (вполне *научной* в основе) перспективой: за работу, де, и в 10—20 лет мы Россию всю, и промышленную и земледельческую, сделаем *электрической*. Доработаемся до **стольких-то** (тысяч или миллионов лощ. сил или к-т?? чорт его знает) машинных рабов и проч.

Если бы еще *примерную* карту России с центрами и кругами? или этого еще нельзя?

Повторяю, надо увлечь *массу* рабочих и сознательных крестьян *великой* программой на 10—20 лет.

Поговорим по телефону.

Ваш Ленин.

Р. С. Красин говорит, что электрификация железных дорог для нас невозможна. Так ли это? А если так, то может быть будет возможна через 5—10 лет? Может быть, на Урале возможна?

Не сделать ли особой статьи о «государственном плане» сети электрических станций, с картой или с примерным их перечнем (числом), с перспективами, способными централизовать энергию всей страны?

Позвоните мне, пожалуйста, по телефону, получив это письмо, и мы поговорим»¹.

В этом письме идея электрификации теснейшим образом связана с идеей государственного плана. Этот план должен включить список или карту опорных рычагов электрификации — станций — «на торфе, на воде, на сланце, на угле, на нефти» — здесь выпукло сформулирована идея местных энергетических баз. Ленин

¹ Ленин, Сочинения, т. XXIX, изд. 3-е, стр. 432—433

Смешно, не смешно;
а соудаторство — проект
мало, но в море даю

Его над. да сдается, что
каждому, кому-то, да масса жель
Ясно: и дружи (вилье-кажун
в основе) переизобрести за работу,
да, и в 10-20 лет мот Россия
вот, и провозглашаю в революц.
миссию, сделав декретом. Да
доприм. до Орловки-да (Россия и
миллион тогда и к у 2? пер
да (мат) маленьких работ "до

Есть ^{сильно} гражданство кажу Россия
"граждан" "граждан" и др. сильно кажу
Поэтому, когда указ массу
работы "сообщ. указ Великой
програма на 10-20 лет.

Поговорим на указ

Есть указ указ указ

PS

Красно-розовый, с черными.
Знаешь ли фотопорт для нас иль
моя Марта? А если нет, то
мне нужен фотопорт 5 — 10
лет? или на фотопорт?

Не сдержал ли охоту-фарту
о "возврате" сего черной фот.
уши, с картами, или с другими
их предметами (радостью), с переноской
ваши, сносками. Центральное
определено. Ваш ответ?

Поздравляю вас, желаю, все
успешно, получив для вас,
и не забывайте.

говорит о «государственном плане сети электрических станций», которая централизует в перспективе энергию всей страны. Уже в этом письме указывается на необходимость карты «с центрами и кругами». Эта карта производила среди работ Гоэлро особенно сильное впечатление. Немудрено: составленная по прямому указанию Ильича, она ярко подчеркивала задачу централизации всего энергохозяйства единой сетью станций, связанных между собой высоковольтными линиями. «Всю страну усеять центрами на 400 (или 200, если не осилим больше) верст радиуса»... Отсюда ясно, что Ленин уже в это время рассматривал станции как опорные пункты разветвленной и единой сети электропередач. В составленной по указанию Ленина карте Гоэлро станции являются центрами кругов их потенциального влияния. Круги накрываются один другим. Смыкающиеся сети районных станций образуют кольцо от Москвы вдоль Курской магистрали и Донбасса, затем в широтном направлении от Днепра, через Донбасс — на Сталинград, вдоль Волги, до Горького и обратно к Москве, где это кольцо замыкается.

Создание этой единой сети было отнесено на вторую очередь. Составитель указанной схемы Е. Я. Шульгин писал: «Намечаемые в первую очередь районные паровые электрические станции имеются в виду расширить до весьма крупной мощности, в соответствии с чем за район потенциального их влияния принят круг радиусом 200 км».

Этим дело далеко не исчерпывалось. Ленинская концепция электрификации выходит за рамки энергохозяйства и охватывает реконструкцию всей промышленной технологии. Электричество — техническая база современного крупного производства, новая техническая база связана прямо или косвенно с электрификацией — эта мысль четко сформулирована Лениным и Сталиным.

«Пока мы живем в мелко-крестьянской стране, для капитализма в России есть более прочная экономическая база, чем для коммунизма. Это необходимо запомнить. Каждый, внимательно наблюдавший за жизнью деревни, в сравнении с жизнью города, знает, что мы корней капитализма не вырвали и фундамент, основу у внутреннего врага не подорвали. Последний держится на мелком хозяйстве, и чтобы подорвать его, есть одно средство — перевести хозяйство страны, в том числе и земледелие, на новую техническую базу, на техническую базу современного крупного производства. Такой базой является только электричество. Коммунизм — это есть Советская власть плюс электрификация всей страны»¹.

Приводя эту цитату из доклада Ленина на VIII Съезде советов, тов. Сталин в своей речи на Пленуме ЦК в ноябре 1928 г. дает классическую формулировку сущности электрификации:

«Как видите, под электрификацией страны Ленин понимает не изолированное построение отдельных электростанций, а постепенный «перевод хозяйства страны, в том числе и земледелия,² на новую техническую базу, на техническую базу современ-

¹ Ленин, Сочинения, т. XXVI, изд. 3-е, стр. 46.

² «Курсив мой. И. Ст.».

ного крупного производства», связанного так или иначе, прямо или косвенно, с делом электрификации»¹.

Над историческими этапами осуществления ленинской электрификации возвышается фигура зодчего бесклассового общества — тов. Сталина. В своем докладе на VIII Съезде советов Ленин говорил: «Только тогда, когда страна будет электрифицирована, когда под промышленность, сельское хозяйство и транспорт будет подведена техническая база современной крупной промышленности, только тогда мы победим окончательно»². Сейчас, когда страна уже электрифицирована, когда передовая техническая база уже подведена под все отрасли хозяйства, когда мы уже победили окончательно, вспомним, как великий соратник Ленина, продолживший его дело, тов. Сталин, на заре социалистической электрификации сформулировал ее основные принципы и задачи.

Тов. Сталин определил величайшее значение плана электрификации, назвав его «единственной в наше время марксистской попыткой подведения под советскую надстройку хозяйственно отсталой России действительно реальной и единственно возможной при нынешних условиях технико-производственной базы»³.

В вопросах электрификации Ленину и Сталину приходилось вести непримиримую борьбу на два фронта: против контрреволюционного троцкизма и правого оппортунизма.

Троцкий пытался ревизовать ленинское учение об электрификации, подменяя план ГОЭЛРО жалкой идеей возрождения дореволюционной промышленности на базе живой силы трудармий.

Эти попытки Троцкого, а также правых оппортунистов, ведших бюрократическую борьбу против плана и распространявших басни о мифических ошибках его, получили резкий отпор со стороны Ленина и Сталина.

Тов. Сталин, как мы видели выше, дал гениально глубокое освещение вопроса электрификации народного хозяйства. Он выступил против того, чтобы электрификация сводилась к постройке отдельных станций и заострил внимание страны на величайшей задаче перевода всего хозяйства на новую техническую базу, внедрения в технологию всех отраслей электричества и коренной реконструкции технологии на этой основе. Вместе с тем тов. Сталин дал отпор тем, кто пытался перескочить через необходимую ступень и ориентировался на электроплут вместо трактора⁴.

Тов. Сталин был непосредственным руководителем великих работ, в результате которых план электрификации был выполнен и перевыполнен. При этом электрификация оказалась ареной особенно бешеного сопротивления классовых врагов. Контрреволюционная буржуазия выдвинула против электрификации шайку вредителей, шпионов и диверсантов, выдвинула систему бур-

¹ Сталин, Вопросы ленинизма, изд. IX, 1933, стр. 362.

² Ленин, Сочинения, т. XXVI, изд. 3-е, стр. 47.

³ Ленин, Об электрификации, Партиздат, 1934, стр. 78

⁴ Сталин, Вопросы ленинизма, изд. IX, стр. 570.

жуазно-реставраторских «теорий», враждебных идеям ленинской электрификации.

Оппортунисты, с своей стороны, выступали против развернутого электростроительства. Электрификация, неразрывно связанная с построением социализма, не укладывалась в пораженческие схемы оппортунистов, и последние повторяли вредителей, впадая в панику и практически саботируя каждый очередной поступательный шаг электрификации¹. Воплощение в жизнь гениального прогноза основоположников марксизма, выполнение ленинских заветов, создание той мощной системы станций, о которой Ленин писал как о технической базе победы социализма, происходили в условиях жестокой классовой борьбы. Чтобы победить, партии потребовалась вся ее несокрушимая мощь, воспитанная борьбой под руководством Ленина и Сталина, потребовалась вся сила бдительного, настороженного контроля, оперативной, быстрой проверки.

Как развивалась советская энергетическая техника? Вспомним технические установки плана Гозэро, его выполнение и первую пятилетку, очертим современное состояние советской энергетики и попытаемся вскрыть основную линию, основные закономерности ее динамики.

План Гозэро наметил основные перспективы нашего хозяйственного развития, которые заключались в подведении под все отрасли производства индустриальной технической базы, т. е. в последовательной электрификации всего производства, централизации электроснабжения путем использования местного топлива и гидроэнергии, создания единой сети электростанций и соединяющих их передач, механизации производства, создании новых отраслей, превращении сельского хозяйства в передовую индустрию, сверхмагистрализации транспорта на основе его электрификации и, наконец, в создании новых промышленных районов.

Первоочередным этапом нового строительства была «программа Б», т. е. план постройки ряда новых районных электростанций. Сделаем беглый обзор тех станций, которые намечались Гозэро.

В северном районе намечалась Петроградская станция на древесных отбросах и торфе и, кроме того, три гидростанции — одна на Волхове и две на Свири. В Центрально-промышленном районе предполагалось использовать торфяные болота и подмосковный уголь. Здесь была запроектирована Шатурская станция на торфяных болотах, Каширская и Епифаньевская — на подмосковном угле, Иваново-Вознесенская — на торфе; Нижегородская — на торфе и древесных отбросах и, наконец, Белгородская на границе Украины — на угле. На Урале этот план наметил Кизеловскую, Челябинскую и Егоршинскую станции на местных углях и одну гидростанцию на р. Чусовой. На Волге план Гозэро, исходивший из необходимости сверхмагистрализации этой водной артерии, увеличения грузовых потоков по Волге и создания на ее берегах передового земледелия и промышленности, намечал: Свияжскую

¹ См. Стеклов, Электрификация страны советов, М., Партиздат, 1936. стр. 120—130.

станцию на древесных отбросах и угле; Каширскую — на сланцах, Саратовскую — на сланцах и древесных отбросах. Наконец, возле Сталинграда намечалась станция на древесных отбросах и привозном угле, здесь на основе лесосплава должна была создаться крупная лесопильная и лесохимическая промышленность, которая должна была дать дешевое топливо для районной электростанции. На Северном Кавказе план Гоэлро намечал Белокалитвенскую станцию в Восточном Донбассе и Краснодарскую на угле, затем две гидростанции на Кубани и Тереке и, наконец, станцию на нефти в Грозном.

В южном районе, т. е. на Украине, план Гоэлро намечал три станции в Донбассе: Штеровскую, которая должна была использовать отбросы антрацитовой добычи — штыб, Лисичанскую и Гришинскую и мощную гидроэлектростанцию на Днепре с установленной мощностью в 200 000 квт.

Восточные районы были охвачены в меньшей степени планом Гоэлро. Для всей Сибири и Средней Азии были намечены только 3 станции: Кузнецкая станция на угле мощностью в 40 000 квт, затем Алтайская гидростанция и Туркестанская станция на р. Чирчике близ Ташкента.

Такова строительная программа Гоэлро. Всего по этому плану должно было быть возведено 20 паровых электростанций и 10 гидростанций установленной мощностью паровых электростанций — 1 110 000 квт и гидростанций — 640 000 квт. Таким образом всего должно было быть возведено новых станций на мощность 1 750 000 квт (с учетом необходимого резерва).

Весь этот план был доложен Съезду советов в декабре 1920 г. Он был одобрен VIII Съездом советов, и список районных станций, подлежащих постройке, был декретирован Совнаркомом. Под непосредственным руководством Ленина началось выполнение строительной программы Гоэлро.

Прежде всего начали строить Волховскую гидростанцию. Первая крупная стройка после революции и одновременно первая мощная гидростанция в нашей стране — это Волховстрой. Эта станция строилась для того, чтобы снабдить электроэнергией важнейший политический и промышленный узел страны — Ленинградский район. Поэтому строительство Волхова было чрезвычайно важным и первоочередным. На каждой сессии ВЦИК обязательно стоял доклад о ходе волховского строительства. Станция на Волхове была рассчитана на восстановление и индустриальной мощи основного промышленного узла страны — Ленинграда. С другой стороны, это восстановление должно было происходить на новой технической базе. Целью было восстановление производства, но в то же время и реконструкция, поскольку энергия Волховской станции означала совершенно иные условия для работы ленинградской промышленности.

Затем в том же районе, близ Ленинграда, начала строиться мощная торфяная электростанция «Красный Октябрь». Под Москвой строилась Шатурская станция на 48 000 квт и Каширская на 12 000 квт. Индустриальное строительство в 1922 г. охва-

тило и подмосковный уголь и торфяные ресурсы Центрального района. На Волге строилась Нижегородская станция мощностью — 20 000 квт. Наконец, в Донбассе начали первую очередь Штеровки — 20 000 квт. На Урале сооружалась первая очередь Кизеловской станции — 6 000 квт.

Таким образом первые шаги электростроительства охватили основные промышленные районы, на которые тогда опиралась наша хозяйственная жизнь: Ленинград, Москва, Поволжье, Нижний Урал и Донбасс. Это был плацдарм, где готовилось дальнейшее наступление. В первоочередных районах, охваченных электрификацией, были сосредоточены старые технические отрасли. Таким образом, если первый этап электрификации являлся этапом восстановления производства на новой технической основе, в новых условиях централизованного электроснабжения, то в основном все же это было восстановление старых промышленных районов и старых промышленных отраслей. Этому соответствовали и масштабы электростроительства и его технические показатели. Таков был первый этап электрификации. Его завершение подготовило возможность поставить и решить новые задачи электрификации, с которыми связан пятилетний план.

Составленный в 1927/28 г. пятилетний план в части электростроительства наметил ряд новых станций, которые не входили в план Гозэро, увеличил мощности и изменил точки некоторых станций, намеченных планом Гозэро.

Пятилетний план запроектировал создание районных электрических колец и мощных энергетических узлов, среди которых крупнейшая станция пятилетки — Днепровская гидроэлектростанция. Днепровская станция — это центр комбината, где дешевая энергия реки использована для электроемких отраслей промышленности. Таким образом электрификация здесь связана с новейшими сдвигами в области технологии, связана с новыми применениями электроэнергии, с реконструкцией промышленной технологии, с появлением новых отраслей производства, которые группируются в индустриальные центры вокруг станций, дающих дешевую электроэнергию для этих производств. Днепрострой принадлежит к числу пионерных станций, которые, возникая в определенном районе, дают толчок к организации нового промышленного района, для организации новых промышленных отраслей и широкого комбинирования. Комбинаты являются отличительной особенностью того этапа электрификации, которому соответствует Днепрострой и другие крупные электроцентраль, сооружаемые в этом пятилетии. Они являются формой, в которой осуществляются передовые достижения науки, в которой осуществляется реконструкция промышленной технологии на базе электричества. Здесь электрификация ясно показывает, что она не сводится к постройке станций, а включает реконструкцию силового аппарата и самой технологии производства. Энергетическая реконструкция, включая технологическую реконструкцию, выдвигает вперед электроемкие производства и их продукты (алюминий, сплавы, электросталь, связанный азот и т. д.).

Наряду с комбинированием различных промышленных отраслей, получающих энергию из одного источника, характерным для пятилетки является комбинирование выработки электрической и тепловой энергии, т. е. теплофикация.

В результате выполнения первой пятилетки и дальнейших успехов СССР достиг грандиозных масштабов энергетического хозяйства, невиданных темпов его развертывания и высокого качественного уровня.

Нам нужно прежде всего разобраться в показателях этого уровня и установить, что лежит в основе развития советской энергетической техники.

В основе дела лежит концентрация производства. «Мы — страна самой концентрированной промышленности. Это значит, что мы можем строить нашу промышленность на основе самой лучшей техники и обеспечивать, благодаря этому, невиданную производительность труда, невиданный темп накопления»¹.

Основная идея ленинского плана электрификации прежде всего заключалась в создании сети электрических станций. Эта сеть создана. Следующая таблица показывает динамику ее развития.

Годы	Все электростанции		Районные электростанции	
	Мощность в тыс. квт	Выработка в млн. квтч	Мощность в тыс. квт	Выработка в млн. квтч
1913	1 098	1 945	177	431
1916	1 192	2 575	245	729
1921	1 228	520	255	310
1922	1 247	775	277	475
1923	1 279	1 146	287	130
1924	1 308	1 562	307	702
1925	1 397	2 925	367	935
1926	1 586	3 508	456	1 190
1927	1 698	4 205	525	1 543
1928	1 905	5 007	626	2 001
1929	2 296	6 224	938	2 786
1930	2 876	8 368	1 419	4 541
1931	3 972	10 687	2 376	6 474
1932	4 677	13 540	3 020	9 217
1933	5 583	16 357	3 708	11 499
1934	6 287	21 016	4 146	15 274
1935	6 880	25 900	4 540	19 500

Среди станций СССР находится крупнейшая в мире гидростанция (ДнепроГЭС) и крупнейшая в мире торфяная станция (Горьковская). 14 станций мощностью более 100 000 квт охватывают половину всей электрической мощности СССР. Средняя мощность станций возросла с 19 200 квт в 1913 г. до 36 200 квт в 1935 г.

¹ Сталин, Вопросы ленинизма, изд. IX, стр. 581.

Особенно нужно подчеркнуть сооружение мощных гидростанций, которые вливают все больший поток энергии в общую ее выработку. Производство электроэнергии гидростанциями достигло в 1926 г. 3,6 млн. квтч; в 1930 г. — 397,7 млн. квтч и в 1935 г. — 3 400 млн. квтч.

Первым и наиболее непосредственным показателем централизации электроэнергетического хозяйства является развитие высоковольтных линий передач, которые связывают предприятия различных отраслей производства в единую энергетическую систему.

Проследим динамику высоковольтных линий передач различного напряжения:

Протяжение высоковольтных линий передач (в км)

Годы	220 кв	160 кв	110 кв	60 кв	38 кв	22 кв	Всего
1931	—	—	3 052	—	2 325	715	6 092
1932	—	—	3 692	62	2 961	885	7 600
1933	—	218	4 125	62	3 687	923	9 015
1934	240	237	5 267	62	4 258	973	11 037
1935	240	244	6 134	62	4 583	944	12 207
1936	240	401	7 300	62	5 492	1 296	14 791

Использование электричества в качестве универсального агента энергетических переходов, соединяющего реальной физической связью все тепловые и силовые процессы техники, лежало в основе остальных линий развития советской энергетической техники. Развитие электрических передач превратило отдельные станции промышленных районов Союза в централизованные и объединенные системы. Эти системы уже сейчас вышли в первый ряд крупнейших энергетических систем мира.

Сопоставим крупнейшие энергетические системы Советского союза с крупнейшими системами в Европе:

І. Основные электросистемы СССР в 1935 г.

	Мощность к началу 1936 г. в мвт	Выработка электроэнергии в 1935 г. в млрд. квтч
Мосэнерго	825	4,12
Ленэнерго	543	2,46
Донэнерго	578	3,07
Урал	518	1,85
Приднепровье	553	2,16

II. Крупнейшие электросистемы Европы

	Мощность к началу 1934 г. в млн. квт	Максимальный электробаланс (выработка + по- купка) в млн. квтч за послевоенные годы (1929 г.)
Рейнско-Вестфальская . .	1,26	2 782
Электроверке	0,74	2 332
„Беваг“	0,64	1 547

В теплотехнике основой наиболее революционных тенденций является комбинированная выработка тепла и электрической энергии — теплофикация.

Теплофикация СССР началась двенадцать лет тому назад, когда был пущен теплопровод от 3-й Ленинградской ГЭС к Обуховской больнице. В последующие годы был построен ряд ТЭЦ на фабриках (Красно-Пресненская мануфактура, Балахнинский комбинат, Орехово-Зуевская фабрика и др.). К этим ТЭЦ были затем присоединены коммунальные и промышленные потребители тепла в окрестном районе. Одновременно на ряде конденсационных станций были установлены теплофикационные агрегаты (3-я ЛГЭС, 2-я МГЭС и др.).

На следующем этапе были выстроены крупные ТЭЦ, имевшие районное значение. Они сооружались вместе с крупнейшими заводами пятилетки, но снабжали теплом большие районы с разнообразными потребителями. Такова ТЭЦ Горьковского автозавода, Березниковская ТЭЦ, Кузнецкая ТЭЦ, ТЭЦ Харьковского тракторного завода, Сталинградского тракторного завода и др. В конце 1930 г. мощность ТЭЦ достигла 200 000 квт. В 1931 г. пленум ЦК ВКП(б) наметил дальнейшее развернутое строительство мощных ТЭЦ¹. К 1936 г. их мощность дошла до 1 110 000 квт. Следующие таблицы показывают развитие ТЭЦ:

Мощность теплоэлектроцентралей (в тыс. квт)

Годы	Все ТЭЦ	% к 1930 г.	ТЭЦ Главэнерго	% к 1931 г.
1930	125	100	—	—
1931	210	168	37,9	100
1932	310	248	106,5	280
1933	580	464	157,0	414
1934	720	576	216,6	521
1935	870	696	283,9	762
1936	—	—	—	—

¹ ВКП(б) в резолюциях, ч. II, стр. 715, Партиздат, 1933 г.

Тепловые сети (в км)

Годы	Все теплосети	% к 1930 г.	Теплосети Главэнерго	% к 1930 г.
1930				
1931	23	100	13,0	100
1932	45	195	23,0	177
1933	70	304	38,5	296
1934	100	434	60,2	462
1935	150	650	87,5	672
	200	870	110,0	846

Характерный пример советской теплофикации — Березниковская ТЭЦ — энергетический центр крупного химического комбината. Мощность станции 90 000 квт. Давление пара — 60 ата.

Централизация электроснабжения и теплоснабжения коренным образом изменила топливный баланс страны. В каждом районе СССР структура топливного баланса совершенно изменилась. Возьмем Ленинградскую область. До революции она почти целиком пользовалась дальнепривозным топливом; основную роль играл импортный уголь. В 1907 г. он составлял 77,7% топливного баланса. Донецкий уголь занимал 5% баланса, а нефть — 9,4%. Мы добились здесь полного вытеснения импортного угля, заменив его донецким углем, и, что самое главное, наряду с последним внедрили в топливный баланс Ленинграда местные ресурсы — торф. Добыча торфа за годы первого пятилетия в Ленинградской области и в Карелии увеличилась в четыре раза; с довоенной добычей ее вообще невозможно сравнивать (в 1913 г. 36 тыс. т., в 1932 г. — полтора миллиона т.).

В центральных промышленных районах произошли еще более серьезные сдвиги в топливопотреблении. За годы первой пятилетки потребление местного подмосковного угля увеличилось почти в четыре раза. Особенно последние годы добыча и потребление его быстро растут. Почти также быстро развивалась и увеличивалась добыча торфа. Подмосковный уголь и торф стали основной энергетической базой Москвы и всего Центральнопромышленного района.

Сходная картина — в БССР. Здесь удельный вес торфа в топливном балансе за годы пятилетки вырос с 9,9% до 21,5%. В Поволжье вместо нефтетоплива, бывшего когда-то основным для всего района, где сжигалась одна треть всей русской нефти, сжигался донецкий уголь, а в самые последние годы быстро развивается потребление местных источников энергии. Для Урала и Башкирии характерен переход от древесного топлива к минеральному — минерализация топливного баланса. Она происходит за счет местных угольных бассейнов — Челябинского и Кизеловского.

Коренные сдвиги топливопотребления произошли не только в этих районах, которые раньше получали топливо издалека. В самом Донбассе первые шаги электростроительства привели

и широкому использованию антрацитового штыба, который до того в широких масштабах не применялся.

Очень легко показать, что в основе этих сдвигов лежит электрификация страны, централизация энергоснабжения, опиравшаяся на развитие высоковольтных сетей. Наиболее крутой перелом произошел в топливном балансе электростанций. До войны электростанции работали целиком и полностью на дальнепривозном топливе. 60% баланса составлял мазут и 40% — донецкий и заграничный уголь. К концу первой пятилетки все привозное топливо составляло всего 29,7%, а местное дошло до 62,2%. В этой рубрике 21,1% составлял торф; существенная доля баланса — 8,1% была вовсе снята с топливоснабжения — эта доля энергии создавалась гидростанциями.

Следующая таблица показывает освоение местного топлива в топливном балансе РЭС (в процентах по условному топливу).

Данные Годы	Мазут	Уголь донецкий		Штыб донецкий		Подмосковный уголь	Уголь уральский и сибирский	Торф		Дрова и прочее топливо	Газ
		привозный	местный	привозный	местный			кусовой	фрезерный		
1926	25,4	23,7	—	—	0,3	8,3	1,9	39,5	—	0,9	—
1932	18,7	14,7	6,7	4,6	14,3	6,9	6,4	18,0	4,0	3,2	2,5
1933	14,0	13,3	5,5	4,7	16,0	8,3	7,3	23,1	4,5	2,0	1,2
1934	11,6	15,1	5,6	5,7	16,9	10,1	8,7	17,2	5,0	3,2	0,9

Таким образом мы ясно видим, что в основе сдвигов в топливном балансе лежит электрификация и ее технические рычаги — высоковольтные передачи. Внедрение местного топлива в производство, ориентация больших районов на местные энергетические базы соответствовали масштабам электропередач. Высоковольтные передачи повернули каждый район к его собственным энергетическим ресурсам. Основной функцией электропередач этого периода была районообразующая функция. В результате электрификации каждый район стал в энергетическом отношении на свои собственные ноги. Условием для этого было развитие советской электротехники, а результатом — своеобразные задачи и своеобразный путь развития советской теплотехники.

Прежде всего теплотехнике пришлось выработать такие способы сжигания топлива, которые соответствовали бы изменившемуся топливному балансу районов. Теплотехника должна была освоить местное топливо. Это была первая задача, поставленная перед ней развитием электропередач и централизацией энергоснабжения.

В числе местных видов топлива находился антрацитовый штыб. До революции штыб считался отходом, однако калорийность его достигает 6 000 кал. и поэтому перспектива освоения этого вида

топлива в топках электростанций явилась чрезвычайно заманчивой для теплотехников.

Одна из первых советских станций — Штеровка — впервые в Союзе начала сжигать антрацитовый штыб под своими паровыми котлами. После нее было установлено еще восемь мощных станций на антрацитовом штыбе.

За последние шесть лет мощность пылеугольных станций развивалась следующим образом (в тыс. квт на начало года):

1930	1931	1932	1933	1934	1935
82	283	739	858	1 002	1 170

При этом были решены очень серьезные теплотехнические проблемы. С 1929 г. для сжигания штыба применяются экранированные топки. С самого начала внедрение их было связано с камерным сжиганием, ставшим основным в советских условиях. Наконец, сжигание штыба поставило перед советской техникой проблемы помола топлива. Проблема размола топлива и своим возникновением и решением связана со штыбом.

Не менее серьезные теплотехнические проблемы возникли при переходе к использованию местных малокалорийных видов топлива. В число станций, сооруженных в первый период советского электростроительства, входит Кашира, сжигавшая подмосковный уголь.

К подмосковному углю был применен метод пылеугольного сжигания, и в котельной Каширы мы получили наиболее совершенную установку этого рода. Здесь установлены гигантские котлы с пылеугольными топками. Поверхность каждого из них — 3 100 м², — это крупнейшие в Европе агрегаты такого типа.

На основе опыта, приобретенного при освоении штыба и подмосковного угля, советская теплотехника справилась с задачами сжигания челябинского и кизеловского углей, а также сибирских углей.

Второй комплекс теплотехнических проблем был связан с внедрением торфа.

Кусковой торф на первой из торфяных станций — в Шатуре — сжигался в шахтоцепной топке системы Макарьева. Эти топки отличаются очень высоким к. п. д. — 87—88%. Советская теплотехника в вопросах сжигания торфа не могла опираться на достаточный заграничный опыт, так как за границей нет таких крупных торфяных станций, как у нас. Большой масштаб торфяных станций потребовал механизированных методов добычи торфа. Задача решена фрезерным способом. Но этот способ ставит новую задачу перед теплотехникой, так как фрезерный торф отличается повышенной влажностью и зольностью, способностью к самовозгоранию и смерзаемостью. Сейчас задача сжигания фрезерного торфа уже решена.

Наконец, советской теплотехнике пришлось заняться проблемой сжигания сланцев. В Среднем Поволжье общая задача советской теплотехники, поставленная перед ней электрификацией, — переход на местное топливо, — означала сжигание сланца. Эта задача и здесь была решена превращением топлива в пылевидное состояние. Специфической проблемой является высокая зольность сланцев, которая требует промышленного применения остающейся от сжигания золы в качестве строительного материала.

Связь развития советской теплотехники с концентрацией энергетического хозяйства может быть еще яснее видна в области параметров энергетического оборудования. Начнем с котлов. Здесь теплофикация прежде всего потребовала применения высокого давления. Первым котлом высокого давления в нашей стране был котел на станции ТЭЖЭ в Москве, однако это была сравнительно небольшая установка. Действительно крупной и мощной установкой высокого давления является Березниковская ТЭЦ, о которой говорилось выше, применяющая давление в 60 ат в пяти котлах. Наиболее высоким достижением советской тепло-

Группировка паровых турбин по

Данные, на 1/I Годы	Всего паровых турбин			В том		
	Количество	Суммарная мощность в тыс. квт	Средняя мощность одной турбины в тыс. квт	до 6 000 квт		
				Количество	Суммарная мощность в тыс. квт	% к графе 3
1	2	3	4	5	6	7
1930	115	716,0	6,2	87	239,6	33,5
1931	182	1 193,8	6,6	133	362,9	30,4
1932	235	2 027,6	8,6	155	421,1	20,8
1933	268	2 257,0	8,4	181	497,5	22,1
1934	255	2 620,0	10,2	153	470,0	17,9
1935	255	2 846,3	11,2	143	459,8	16,2

техники является ТЭЦ высокого давления в Москве. С постройкой этой станции мы выходим на уровень рекордных показателей мировой теплотехники. ТЭЦ ВТИ применяет давление в 130 ат, температуру в 500°С и дает 130 т пара в час. Среди котлов этой станции введен в эксплуатацию советский прямоточный котел высокого давления. При испытании этого котла он при поверхности нагрева в 26 м² дал 3 680 кг пара в 1 час, при температуре перегрева 422° и сьеме пара 1 800 кг с 1 м² поверхности нагрева.

Перейдем к вопросу о турбоагрегатах и тепловых схемах советских станций. Очень часто темпы укрупнения станций оставляли далеко позади первоначальные планы. Поэтому приходилось

переходить от мелких турбоагрегатов, установленных в первую очередь на станции, к более мощным. На Штеровке первоначально был установлен агрегат в 10 мвт, затем пришлось поставить агрегат в 22 мвт. Однако дальнейшее развитие станции потребовало еще более мощных единиц, и на станции были установлены агрегаты по 44 мвт. То же самое на Горьковской станции, где сначала были установлены два агрегата по 10 мвт, затем два — по 22 мвт, два по 24 мвт и в конце концов — 2 по 46 мвт.

Все это очень усложняло тепловую схему, и на других станциях мы шли гораздо смелее. Для Зуевки с самого начала были изготовлены турбоагрегаты в 50 мвт. В результате технический облик наших станций отличается очень большой концентрацией мощностей. В этой области нечего и сравнивать современное энергохозяйство с довоенным. До войны в России было всего несколько станций по 5 мвт. К 1935 г. имели 18 турбин в 44 000—50 000 квт с суммарной мощностью в 843 000 квт. Следующая таблица показывает концентрацию мощности паровых турбин на РЭС.

мощности на ГРЭС Главэнерго

числа								
6 001 — 12 000 квт			12 001 — 25 000 квт			25 001 — 50 000 квт		
Количество	Суммарная мощность в тыс. квт	% к графу 3	Количество	Суммарная мощность в тыс. квт	% к графу 3	Количество	Суммарная мощность в тыс. квт	% к графу 3
8	9	10	11	12	13	14	15	16
14	130,4	18,2	10	182,5	25,5	4	163,5	22,8
24	226,9	19,0	20	395,0	33,1	5	209,0	17,5
35	332,5	16,4	32	681,0	33,6	13	593,0	29,2
38	367,5	16,2	35	749,0	33,3	14	643,0	28,4
43	424,0	16,2	41	893,0	34,1	18	833,0	31,8
45	442,5	15,5	48	1 061,0	37,2	19	883,0	31,1

Важно подчеркнуть, что все это является не только победой советского электростроительства, но и победой советского энергомашиностроения. Машины, установленные на советских станциях, не только работают на социализм, но и созданы на социалистических предприятиях. Это — результат первой пятилетки. В начале ее на советских станциях почти не вводились котлы и совсем не вводились турбины советского производства. Сейчас же мы вводим почти исключительно советские турбины.

Мы уже в 1934 г. довели удельный вес советских турбин до 82,4% вводимой мощности.

Ввод котлов союзного изготовления на ГРЭС Главэнерго

Годы	Введено котлов					
	союзного изготовления			импортных		
	Количество котлов	Поверхность нагрева котлов в м²	В % ко всему вводу	Количество котлов	Поверхность нагрева в м²	В % ко всему вводу
1930	14	7 384	11,7	69	55 718	88,3
1931	18	11 908	23,4	35	39 006	76,6
1932	15	12 525	25,4	26	36 706	74,6
1933	30	31 589	77,8	6	8 989	22,2
1934	22	24 850	100,0	—	—	—

Ввод паровых и гидравлических турбин (союзного изготовления на ГРЭС Главэнерго

Годы	Введено турбин					
	союзного изготовления			импортных		
	Количество	Мощность в мвт	В % ко всему вводу	Количество	Мощность в мвт	В % ко всему вводу
1930	6	39,5	11,0	25	319,9	89,0
1931	10	129,0	16,2	27	667,0	83,8
1933	13	260,0	61,5	9	163,5	38,5
1934	11	210,4	82,4	4	45,0	17,6

Генераторы, вводимые на районных станциях, почти все советского производства. Следующая таблица показывает, как быстро изменилось соотношение советских и импортных машин за последние пять лет.

Ввод генераторов союзного изготовления

Годы	Введено генераторов					
	союзного изготовления			импортных		
	Количество	Мощность в тыс. квт	В % ко всему вводу	Количество	Мощность в тыс. квт	В % ко всему вводу
1932	8	88	18,4	10	389,5	81,6
1933	33	638,6	98,5	2	9,5	1,5
1934	19	321,4	99,1	1	3,0	0,9

С другой стороны, мы добились решительных успехов в освоении и передовой энергетической техники. Так, удельный расход топлива на районных станциях в 1935 г. составил 0,646 кг на произведенный киловаттчас, а на 1936 г. намечено 0,62 кг/квтч.

Стахановское движение принесло с собой решительный перелом во всех показателях. Осенью 1935 г. оно охватило советскую энергетику. Одним из первых застрельщиков был кочегар Каширской ГЭС П. Егоров. Биография его характерна для тех кадров, которые овладели передовой индустриальной техникой. П. Егоров в 1918—1923 гг. был наводчиком, а потом командиром борта бронепоезда на юго-западном фронте. Затем работал председателем сельсовета. Был землекопом и чернорабочим. Строил Каширскую ГЭС. Стал кочегаром и с 1932 года обслуживает один из пяти самых больших в СССР котлов, установленных на Кашире. 19 октября 1935 г. он начал один работать на пяти котлах поверхностью нагрева в 3 100 м². К концу года у Егорова стало немало последователей. На всех станциях Союза стахановцы ставили рекорд за рекордом.

Декабрьский пленум ЦК ВКП(б) поставил перед стахановским движением на электростанциях в качестве основных задач «переход на безаварийную работу, повышение использования оборудования за счет уменьшения простоев котельных и турбинных агрегатов в текущем и капитальном ремонте, сокращение удельного расхода топлива».

Эксплуатация совершенного и сложного энергооборудования улучшилась настолько, что к концу 1935 г. крупные аварии стали исключительными, а общее число аварий резко снизилось. Например, в системе Ленэнерго оно составило в 1935 г. 916 против 1 329 в 1934 г. Ускорение ремонта происходит во всех энергетических системах Союза. На Зуевской станции бригада В. Судейко отремонтировала турбогенераторы в 50 000 квт в течение 5 дней и 10 часов вместо обычного месячного срока. Пример В. Судейко дал толчок сокращению сроков ремонта и на других станциях Союза.

Стахановские достижения означают, что современная энергетическая техника — итог длительного исторического развития — освоена Советским Союзом. Советская энергетическая техника достигает некоторых передовых показателей запада¹. Дальнейший путь развития советской техники воплотит в жизнь сначала хотя бы на отдельных участках такие идеи энергетической техники, которые для капитализма недоступны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркс, Энгельс, Ленин и Сталин, О технике, М., 1934.
2. Ленин об электрификации, М., 1932.
3. Сталин, Вопросы ленинизма, М., 1934.

¹ Стахановское движение на электростанциях освещено в «Материалах всесоюзной отраслевой конференции Главэнерго», 1936, ОНТИ, к которым мы отсылаем читателя.

4. Электрификация России, доклад Гозэро VIII Съезду Советов, М., 1921.
 5. К р ж и ж а н о в с к и й, Собрание сочинений, т. I. Электроэнергетика. М., 1933.
 6. Труды VIII Электротехнического съезда. М., 1921.
 7. Проблемы энергетики, изд. ВСНХ, М., 1928.
 8. 10 лет Гозэро — сборник, М., 1931
 9. Итоги первого пятилетнего плана развития народного хозяйства СССР, Госплан СССР, М., 1933.
 10. Стенографический отчет XVII Съезда ВКП(б), М., 1934.
 11. Второй пятилетний план развития народного хозяйства СССР. Госплан СССР, М., 1934.
 12. Генеральный план электрификации СССР, М., 1932.
 13. Электроэнергетика СССР, издание Академии наук, Л., 1934.
 14. Степанов, Электрификация СССР в связи с переходной фазой мирового хозяйства, ГИЗ, 1923.
 15. Ратнер, Ленинский план электрификации в действии. Партиздат, 1933
 16. Электроэнергетическое хозяйство СССР. Сборник под редакцией Ловина, Игната и Стеклова. ОНТИ, 1935.
 17. Стеклов, Электрификация страны советов, Партиздат, 1936.
 18. Вейц, Современное развитие электрификации в капиталистических странах, Л., 1933.
 19. Ракоши, «Планы» электрификации капиталистической Европы, М., 1934.
 20. Экономическая и социальная роль электрификации. Сборник, перевод с английского, М., 1927.
 21. The Transactions of The first World Power Conference, London, 1924.
 22. Gesamtbericht Zweite Weltkraftkonferenz, Berlin, 1930.
 23. The Transactions of the Tokyo sectional Meeting World Power Conference, Tokyo, 1929.
 24. Comptes rendus du congrès international d'électricité, Paris, 1932.
 25. World Power Conference sectional Meeting Scandinavia, Stockholm, 1933.
-

ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ

НОВЫЕ ПРИНЦИПЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Днепрострой, Беломорканал и гидростанции будущего. Единая высоковольтная сеть межрайонных электропередач. Постоянный ток. Новые задачи теплотехники. Подземная газификация. Турбина внутреннего сгорания. Бинарные циклы. Малые температурные перепады. Цикл Баржо. Ветроэнергетика. Новая энергетическая техника и высокое давление. Будущее энергетической техники и физические проблемы

С высот, достигнутых советской энергетической техникой, можно видеть новые пути, закрытые для капитализма.

Не нужно думать, что они отделены от сегодняшнего дня китайской стеной и что мы перейдем к освоению новых технических принципов только после того, как окончательно будут использованы уже применяющиеся старые принципы. Во-первых, подготовительные работы для последующего применения новых принципов — это дело сегодняшнего дня, а во-вторых, в некоторых специальных отраслях нам уже сейчас нужно переходить к их осуществлению.

Каковы же новые технические принципы, специфичные для советской энергетической техники? Для того чтобы ответить на этот вопрос, следует в первую очередь остановиться на той области, где нам удалось добиться наибольших успехов.

В перенге достижений советского энергостроительства первой нитилетки первым стоит Днепрострой.

Основная черта Днепровского строительства — это высокая концентрация. Днепрострой — это концентрация энергоемких потребителей, концентрация мощности реки (одна плотина), концентрация электрической мощности и величайшая концентрация во времени. Проект Днепростроя представлял собой чрезвычайно стройный и смелый замысел. Сочетание электроемких производств в гигантский комбинат, потребляющий дешевую гидроэнергию, — эта смелая народнохозяйственная идея органически связана с не менее смелой гидротехнической идеей одноплотинного использования реки. Концентрация гидроэлектростроительства является руководящей идеей Днепростроя. Здесь на небольшой строительной площадке были проведены ра-

боты, превышающие по своему объему сумму всего того, что было сделано в области мощного гидростроительства до Днепростроя.

Значение Днепростроя усиливается во много раз другой победой советской гидротехники. Наряду с концентрацией гидростроительства в одном узле, наряду с энергетическим центром концентрированного комбината новых передовых производств Советский Союз осуществил сооружение, которое превышало все, что известно мировой гидротехнике по территориальному развороту. Речь идет о Беломорско-Балтийском канале.

Построенный ОГПУ Беломорско-Балтийский канал им. Сталина вошел в историю в качестве замечательного примера массовой переделки людей. Однако и с технической стороны он представляет собой совершенно новое явление. Весь канал состоит из 19 шлюзов, 15 плотин, 12 водоспусков, 40 дамб и 32 искусственных каналов. Всего здесь сооружено 133 отдельных гидротехнических сооружений. Это означает не только громадные масштабы строительства, но, что самое главное, — громадную протяженность ряда одновременно построенных гидротехнических точек.

Теперь попробуем ответить на следующий вопрос: Что такое Днепрострой, помноженный на Беломорстрой? Что получится, если гидротехнический узел масштаба Днепростроя умножить на протяженность строительного фронта, какой мы видели на Беломорском канале? Мы получим такой же по протяженности ряд сооружений, какой был создан между Балтийским и Белым морями, но каждое слагаемое этого ряда, каждый узел, из которого он состоит, будет по своим масштабам соответствовать Днепрострою, — это будет линия в сотни километров, состоящая из гидростанций в 0,5 — 1 млн. квт.

Мы научились на Днепре создавать такие узлы. Мы научились на канале такому развороту строительного фронта. Это значит, что мы в будущем можем пойти строительными комплексами, сочетающими два величайших достижения советской гидротехники. Первым примером такого строительства является Большая Волга.

Волга будет перегорожена рядом плотин, которые создадут глубоководный путь по всей реке и позволят регулировать количество воды, собирать паводки и сбрасывать воду при мелководье. Подпор реки позволит использовать ее энергию на станциях общей мощностью около 6 млн. квт и выработкой около 36 млрд. квтч. Это в десять раз больше мощности Днепровской станции — самой крупной в мире. Не меньшие гидравлические мощности сосредоточены в восточной части Союза. В Сибири мы прежде всего сталкиваемся с мощными реками Казахстана. Здесь на Иртыше можно установить 2—2,5 млн. квт. В Средней Азии — Чирчик-Чаткал в Ташкентском районе и Нарын — в Фергане — могут быть использованы в установках общей мощностью в 4 млн. квт. Наиболее грандиозной является пятнадцатимиллионная мощность Ангары. На Дальнем Востоке подпор Амура и

соединение его с незамерзающей частью Тихого океана даст 1,5—2 млн. квт.

Достаточно пройти по районам СССР и сформулировать для каждого основные народнохозяйственные задачи ближайшего десятилетия, чтобы увидеть, какую центральную роль сыграет в решении этих задач использование мощных сосредоточий гидроэнергии как для комбинатов возле самих рек, так и для передачи в отдаленные районы¹.

Начнем с европейской части СССР. Здесь пятнадцать лет тому назад план Гозлро намечал объединение в одно кольцо энергетики старых промышленных районов страны. Карта Гозлро рисует четырехугольник Москва — Горький — Сталинград — Донбасс, составленный смыкающимися сетями районных станций. Мы называем эти районы «старыми», но теперь это уже неверно: и Москва, и Поволжье, и промышленный юг настолько изменили свой экономический облик, что с полным правом могут называться новыми промышленными районами. Разве современная индустриальная металлическая Москва существовала раньше? Разве существовал раньше Донбасс с механизированной угледобычей, углехимией и Зуевкой? Разве существовало Приднепровье с Днепровской станцией, Волга с мощными машиностроительными заводами? Это — новые районы, и техника производства в этих районах новая, передовая, основанная на широком применении электричества во всех производственных областях. Весь район, окружающий реконструированную Москву, будет районом передового электрифицированного производства. Это значит, что в кольцо, объединяющее районы европейской части СССР, должна быть влита дешевая электрическая энергия, выработанная гидравлическими станциями.

Волга превращается в чрезвычайно мощную транспортную магистраль Советского Союза. Это требует не только гидротехнических работ, но и механизации транспорта, пристаней, железнодорожной сети, передовой промышленности и земледелия на берегах этой реки. Поэтому одной из центральных задач реконструкции Волги является высоковольтная магистраль, которая передаст электрическую энергию вдоль ее берегов.

Для реконструированной Москвы основой энергоснабжения явятся теплоцентрали, но летом, когда бытовое потребление тепла уменьшается, нужно будет транспортировать электричество из других районов, лучше всего от гидростанций. Вслед за станциями на канале Волга — Москва для этого потребуются новые источники гидроэнергии. Строительство первых станций на Волге в первую очередь обеспечит энергоснабжение таких районов, как Горьковский и Иваново-Вознесенский края. Но последующие гидростанции могут быть использованы для электроснабжения более отдаленных центральных районов европейской части СССР. Поэтому Волга стоит в фокусе энергостроительства ближайших 2—3 пятилеток.

¹ Б Кузнецов, Единая высоковольтная сеть СССР, Л., 1931.

В Закавказье электропередачи должны прежде всего соединить реки западной Грузии, текущие с высоких снеговых гор к Черному морю и несущие колоссальное количество энергии в период таяния ледников, с реками Малого Кавказа. Последние текут по плоским нагорьям, образуют озера, и здесь можно создать у гидростанций большие водохранилища с тем, чтобы спускать из них воду зимой, когда ледники перестают таять и установки на реках западной Грузии резко уменьшают выработку энергии. Это чрезвычайно выгодно, и нам нужно как можно больше использовать для электроснабжения закавказские реки, полностью освоить их преимущества, не ограничиваясь энергетическими нуждами Закавказья, а передавая энергию этих рек на север.

Не менее важно дальнейшее электроснабжение для Урала. Уральская металлургия, даже черная металлургия, будет электроемкой. К этому присоединяется то обстоятельство, что Урал становится базой качественной и цветной металлургии. В будущем Урал должен стать основным в Советском Союзе потребителем электроэнергии. Этого требуют его исключительные рудные богатства. Энергетические ресурсы Урала меньше его сырьевых ресурсов, поэтому полное использование последних требует переброски энергии из отдаленных районов. Волга, с одной стороны, Сибирь — с другой, обладают необходимыми для этого источниками. В Западной Сибири дешевая гидроэнергия может быть получена на Иртыше и Катуни. Однако еще больший интерес представляет Восточная Сибирь, где находится мировой энергетический центр — Ангара. На Ангаре проектируются станции масштаба 2—2,5 млн. квт. Одна за другой вырастут эти станции, и от Байкала до Енисея образуют ряд гигантов, каждый из которых будет вчетверо больше ДнепроГЭС'а.

В Средней Азии сосредоточены колоссальные запасы водной энергии, порядка 35—40 млн. л. с. Использование этих ресурсов тесно связано с орошением. Вода, поднятая плотинами гидростанций, оросит хлопковые поля. Если развернуть гидростроительство в Средней Азии до таких пределов, при которых обеспечивается полное использование всех природных ресурсов страны для развития хлопководства, то перепады на горных реках смогут снабдить энергией не только Среднюю Азию, но и отдаленные районы, бедные собственными ресурсами дешевой энергии.

На Дальнем Востоке и вдоль всего тихоокеанского побережья, где пересекаются основные мирохозяйственные связи и основные линии империалистических конфликтов и где советская электрификация решает самые серьезные исторические задачи, — здесь источником дешевой энергии может быть Амур при его комбинированном транспортно-энергетическом использовании. Амур течет из глубины «страны будущего» в «океан будущего». Он направляется на восток к незамерзающей части океана, но, почти достигнув его, поворачивает на север и впадает в океан там, где последний замерзает. Если перегородить Амур плотиной в том месте, где он близко подходит к берегу океана, то река соединится с не-

замерзающей бухтой. При этом можно получить энергию для всего тихоокеанского побережья.

Из этого беглого обзора больших стратегических задач, которые связаны с использованием гидравлической энергии, вытекает, что планы будущих пятилеток должны наметить переброску энергии мощных гидростанций на значительные расстояния.

Если по железной дороге каждый час будет проходить тяжелый угольный маршрут из десятков груженных углем вагонов, то этот почти непрерывный поток топлива перенесет меньше энергии, чем сталь-алюминиевый провод, подвешенный на высоких мачтах между основными энергетическими узлами Союза. Электротехника 50-х годов позволит передать по металлическому проводу большую мощность, чем суммарная мощность всех электростанций старой России. Подсчет показывает, что переброска энергии мощных рек в месте наиболее выгодного потребления означает передачу от 0,5 до 3 млн. квт в продолжение 8 000 час. в год. Эти масштабы трудно совместить с современной техникой переменного тока, и дальнейшие шаги электротехники состоят не только в конструировании более экономических трехфазных передач, но, возможно, и в переходе к постоянному току¹.

Означает ли это, что в случае такого перехода техника переменного тока будет оставлена позади? Нет, о коренном переходе к совершенно новой электрической технике не приходится говорить. Такой переход соответствует еще более высокой ступени развития. Это становится ясным при изложенном в предыдущих главах определении исторических границ современной электрической техники. Под современной электротехникой сильных токов следует понимать технику переменного тока. Мы видели, что с переменным током неразрывно связана электромагнитная индукция, как основа генерирования и преобразования электричества. Иной путь получения энергии (внутриядерные процессы) входит в следующий этап технического развития, который мы здесь не затрагиваем.

Действительно ли переменный ток в генераторах неразрывно связан с получением электричества из механического движения посредством электромагнитной индукции? Мы упоминали об исторической проверке этой связи — судьбе машин постоянного тока, которые господствовали в 70-80-х годах, но уступили место трехфазной технике. В настоящее время, когда в части передач наметились границы переменного тока (интересно, что первым их заметил пионер трехфазных передач Доливо-Добровольский²), предлагают вернуться к генераторам постоянного тока. Речь идет о системе Тюри, т. е. о последовательном включении ряда высоковольтных машин постоянного тока. Однако мощность этих машин может достигать лишь 15—20 мвт и напряжения 20 кВ и то при очень небольшом числе оборотов. Отсюда громоздкость всей системы (большое количество машин) и тихоходность пер-

¹ См. «Электроэнергетика СССР», Л., 1934, гл. XV, А. Чернышев, Постоянный ток высокого напряжения, стр. 584—596.

² «ETZ», № 1, 1919.

вичных двигателей. Отсюда — решающее значение преобразователей в новой технике. Они-то и представляют собой наиболее специфическое звено новой электротехники. Мы уже видели, как развивалась техника преобразования переменного тока в постоянный. Эта эволюция была связана с распространением постоянного тока в промышленной технологии и на транспорте. Передачи электроэнергии постоянным током подводят электровакуумную технику к новому этапу, где потребуются преобразования постоянного тока в переменный. Этот процесс связан с открытиями, сделанными еще в 80-х и 90-х годах (Эдисон, Флеминг, де-Форест). Здесь в течение первых десятилетий XX в. распространились электронные приборы радиотехники (электронные лампы). Чисто электронный разряд связан со значительной разностью потенциалов, высокими температурами и значительными потерями (5—20%). Эти потери незначительны в радиотехнике с ее незначительными мощностями. При передаче энергии в больших масштабах, т. е. при использовании этих процессов в сильноточной промышленности к. п. д. приобретает решающую роль. Поэтому исследовательская работа направляется все больше в сторону ионных процессов¹. Последние происходят в ртутных приборах, ионных трубках, радиотронах, тиратронах и обычных рентгеновских трубках.

Таким образом преобразователи являются тем звеном новой техники, которое позволяет на базе генераторов переменного тока создать основные звенья единой электроэнергетической системы Союза. Создание такой сети коренным образом изменит энергетические условия всех районов. Недаром Г. М. Кржижановский считает борьбу с пространством первой функцией электричества. Здесь это пространство сокращается в таких пределах, что различные районы оказываются в непосредственном соседстве, и это меняет всю их ориентировку. Раньше дешевый электронный транспорт энергии позволял каждому промышленному району опереться на собственные местные энергетические ресурсы. В будущем он поставит отдаленные ресурсы наряду с местными и заставит каждый район ориентироваться на те источники энергии, вернее на такое сочетание их, которое явится наиболее дешевым в масштабе всей страны.

Попробуем конкретнее сформулировать требования, которые предъявляет к теплотехнике сооружение гидроэнергетических гигантов и межрайонных передач.

Во-первых, тепловые станции, включаясь в сеть, не должны ухудшать показателей себестоимости, т. е. не должны увеличивать удельных затрат общественного труда на выработку энергии, и не должны тормозить внедрение электрической технологии в производстве. Если брать современные соотношения, то можно было бы выразить это формулой «не дороже копейки за киловатчас».

¹ См. «Электроэнергетика СССР», гл. XVI, Ситников, Ионные процессы, стр. 597—611.

Во-вторых, тепловые станции, работая параллельно с гидравлическими, должны допускать быстрое изменение нагрузки без потерь, должны обладать большой быстротой включения.

В-третьих, тепловые машины должны расширить возможность теплофикации.

Радикальное решение всех этих задач требует новой техники использования топлива; ее контуры указаны Лениным в статье о подземной газификации.

Сжигание угля в пластах было впервые предложено Д. И. Менделеевым в 1900 г. в виде беглого замечания в связи с впечатлениями поездки на Урал. Менделеев говорит о сухой перегонке зажатого пласта и направлении газа в города и предприятия. В. Рамсей снова выдвинул эту идею. Подробности его проекта, к сожалению, неизвестны и приходится судить по косвенным данным. В напечатанных работах Рамсея нет ничего принципиально нового по сравнению с предложением Менделеева. Можно думать, что В. Рамсей предлагал по аналогии с использованием маломощных пластов каменной соли расширить количество эксплуатируемых пластов и увеличить угольные ресурсы путем газификации сравнительно тонких пластов.

Познакомившись с открытием Рамсея, Ш. И. Ленин наметил и обрисовал несколькими гениальными штрихами колоссальную техническую и народнохозяйственную задачу, которая несравненно шире, чем предложения Рамсея. В статье «Одна из великих побед техники» («Правда», 4 мая 1913 г.)¹ Ленин пишет: 1) о технической революции во всей угольной промышленности, 2) об использовании газа в специальных моторах, удваивающих к. п. д. по сравнению с существующими двигателями, 3) о превращении энергии угля в электричество, 4) о снижении стоимости электроэнергии в 5—10 раз и 5) связанной с этим коренной электрификации производства и быта. Таким образом Ленин говорит о новой ступени всей энергетической техники, включающей и добычу топлива, и теплотехнику, и электрохозяйство.

Именно эта ленинская концепция подземной газификации должна лечь в основу нашей технической политики. Генеральной перспективой является подземная газификация, связанный с ней новый двигатель и коренное снижение затрат на выработку электроэнергии, как результат новой техники.

Действительно, анализ работы по подземной газификации и работы над турбиной внутреннего сгорания убеждают в следующем:

1. Подземная газификация в будущем может стать основным методом добычи топлива.

2. Подземная газификация будет использована для топливоснабжения электростанций.

3. С подземной газификацией связано превращение в основной тип первичного двигателя и повсеместное распространение турбин внутреннего сгорания.

¹ Ленин, Сочинения, т. XVI, изд. 3-е, стр. 368.

4. Новая техника сделает стоимость энергии на тепловых станциях эквивалентной стоимости ее на гидростанциях.

Действительно, как отразится возможный переход к подземной газификации на себестоимости топлива? Самая осторожная оценка приводит к снижению себестоимости вдвое. Это — первый шаг к тому коренному удешевлению энергии, о котором писал Ленин. Это — первый шаг тепловой техники к удовлетворению народнохозяйственных требований периода Ангары и постоянного тока. Второй шаг также указан Лениным. Он заключается в новых двигателях с удвоенным к. п. д. Чтобы найти в современной технике звено, соответствующее этому прогнозу, необходимо бросить взгляд на тенденции развития тепловых двигателей.

Два основных элемента паровой машины — котел и поршень — оба оставлены позади современным развитием тепловых машин. Двигатель внутреннего сгорания перешагнул через котел, а турбина — через поршень. Но в каждом из этих двигателей решена только одна половина всей проблемы. Наряду с новым принципом и турбина и двигатель внутреннего сгорания сохраняют непоколебленным другой элемент паровой машины. И это сказывается в их преимуществах и недостатках.

Паровая турбина отбросила цилиндр, отбросила поступательно-возвратное движение поршня, но сохранила котел. Принцип роторного движения позволил перейти к неизмеримо большим скоростям и неизмеримо большей концентрации мощностей. Этого и требовала электрическая техника, нашедшая, таким образом, в турбине необходимую основу. Но турбина сохраняет между собой и топливом промежуточное звено — топку и котел — и это уменьшает коэффициент полезного использования топлива. Если сравнить с этой стороны паровую турбину с двигателем внутреннего сгорания, то налицо явное преимущество последнего. В двигателе внутреннего сгорания на 1 квтч затрачивается 2 000—3 000 кал, в турбинах той же мощности — около 5 000 кал. Грубо говоря, двигатель внутреннего сгорания вдвое лучше использует топливо.

Двигатель внутреннего сгорания, отбросив котел, сохраняет цилиндр и поступательно-возвратное движение. Это сказывается в небольших по сравнению с турбинами скоростях больших двигателей. Основным, однако, является недостаточная концентрация мощностей. Мощность бескомпрессорных дизелей не превышает 20 мвт, а газовых двигателей — 8 мвт.

Поэтому техническая мысль давно работает над проблемой двигателя, сочетающего прогрессивные элементы паровой турбины и двигателя внутреннего сгорания. Это — турбина внутреннего сгорания. Прежде всего она необходима в тех отраслях, где постоянно требуется сочетание легкости, быстроходности, и экономичности, т. е. в авиации и вообще на транспорте¹.

Если учесть неизбежное повышение к. п. д. нового типа дви-

¹ См. «Электроэнергетика СССР», гл. XVIII, Г и т т с, Турбина внутреннего сгорания, стр. 630—650.

гателя после широкого применения его на транспорте и на станциях, а также ряд других преимуществ (ликвидацию тепловых потерь от неравномерности нагрузки, громадное снижение капитальных затрат, автоматизацию и т. п.), то общую экономию нельзя оценивать меньше 50—60%. Вместе с экономией в части добычи топлива это и даст снижение стоимости энергии в 5 раз. Ленинский прогноз оправдывается.

Подземная газификация и турбина внутреннего сгорания удовлетворяют двум первым требованиям нового этапа энергетической техники. Этим путем стоимость электроэнергии снижается до нижнего, из указанных Лениным, предела. Обеспечивается и быстрота включения. Третье требование — теплофикация — заставляет конструировать турбины внутреннего горения таким образом, чтобы газы, выходящие из турбин, отдавали и тепло другому рабочему телу, которое вместе с возможным силовым использованием осуществляло бы централизованное теплоснабжение. Конечно, и теплофикация вообще, и этот путь ее, в особенности, означают дальнейшее снижение стоимости энергии.

При этом мы подходим вплотную к принципу бинарных циклов¹. Очень вероятным является сочетание турбины внутреннего сгорания, т. е. непаровой тепловой машины с неводной паротехникой.

Как известно, в настоящее время научно-техническая мысль подошла к применению в тепловых машинах двух или больше рабочих тел, например, ртути и воды, причем весь располагаемый температурный перепад разбивается на две части, в каждой из которых работает особое рабочее тело. Практически осуществлена ртутная установка, а из неосуществленных моделей наибольший интерес представляют термохимические циклы (Кенемана).

Связь между турбиной внутреннего горения и применением неводных паров возможно пойдет по линии расширения температурного перепада. Как было сказано выше, проблема связана с получением материалов, способных выдержать очень высокие температуры. При решении этой задачи вода оказывается в неблагоприятном положении, так как ее диссоциация не позволит использовать температуру, например, в 700°. Вне этой перспективы замена воды другим рабочим телом, не расширяя использования температурного перепада, улучшает заполняемость цикла. Отсюда экономический результат: расход топлива в установке сводится к 2 220—2 500 кал на 1 отпущенный киловаттчас.

Что означает переход к непаровой технике с точки зрения теплофикации?

При сопоставлении осуществленной бинарной (ртутноводной) установки и запроектированной крупной в 20 мвт с установками высокого давления водяного пара термодинамический анализ показывает, что к. п. д. бинарных установок на 16—18% выше стоатмосферных водно-паровых. Однако этот результат относится к конденсационным бинарным агрегатам. В теплофикационных

¹ См. П. Дунаевский, Бинарные циклы, М., 1934.

агрегатах преимущества бинарных установок растут с повышением параметров отдаваемого пара. Здесь может быть проведена известная параллель между отношением низкого давления к высокому и отношением этого последнего к бинарной паротехнике, — параллель, основанная на физическом подобии этих соотношений. Поскольку выработка электричества на базе того же потребления тепла в бинарной установке в полтора раза выше, чем в лучшей водно-паровой, постольку бинарные циклы позволяют гораздо глубже и последовательнее вытеснить конденсационные мощности и связанные с их работой потери.

Другим следствием применения неводяных паров является использование малых температурных перепадов естественного происхождения. Рассмотрим имеющиеся здесь перспективы.

Бинарные циклы расширяют используемый в тепловых машинах температурный перепад. Другой путь неводной паротехники — это использование малых температурных перепадов, создаваемых солнцем на поверхности суши, в воде и атмосфере. Непосредственное использование солнечной радиации для получения электричества до сих пор не может быть включено в число физически решенных проблем. До сих пор ни тепловой эффект солнечных лучей, ни термоэлектрический, ни фотоэлектрический не дают возможности получить электроэнергию в концентрированных мощных источниках. Здесь задача заключается не в техническом выполнении найденного нового цикла, а в самом определении и выборе возможного цикла. (Нужно при этом заметить, что использование солнечной радиации может начаться немедленно для ряда отраслей сельского и коммунального хозяйства.)

В ином положении находится использование температурных перепадов, создающих ветер. Здесь уже сейчас осуществлены опытные установки, а в ближайшее время будут и промышленные ветродвигатели сравнительно небольшой мощности для удовлетворения коммунальных и производственных нагрузок преимущественно в сельском хозяйстве. Однако в настоящей работе речь идет не об этих установках. В будущем ветродвигатели смогут быть существенной опорой единой высоковольтной сети страны. Для этого нужны мощности в тысячи киловатт. Уже сейчас строится станция в 10 мвт. Это — первый шаг. Дальше пойдут еще более мощные ветроустановки.

Существуют проекты использования температурных перепадов, о которых впервые говорил д'Арсонваль в 1881 г. Он, в частности, предлагал поместить котел, наполненный сернистой кислотой, в среду с температурой в 30° , что дает давление пара в 343 мм, и охлаждать конденсатор водой при температуре в 15° . Он указывал на разницу в температуре глубоких и поверхностных слоев воды и на лед и речную воду, как на примеры таких перепадов. Первый из этих перепадов использован в опытном масштабе Клодом, второй — Баржо. Установки Клода пока не могут претендовать на техническое применение. Их принципиальный недостаток — трудность использования низкотемпературных перепадов при помощи водяного пара. Поэтому переход

к неводяной паротехнике позволил сконструировать установку, которая может получить сравнительно широкое распространение. Это — установка Баржо.

Еще в 1922 и 1924 гг. Б. Шмидт и Е. Броер предлагали использовать воду лишь для нагревания и охлаждения другого вещества, которое и будет служить рабочим телом в машине. В сущности и здесь принцип был предуказан д'Арсонвалем. Баржо решил построить в Северной Канаде станцию, где бутан, который кипит при 10° , испарялся бы в речной воде подо льдом, а конденсировался при температуре холодного воздуха над поверхностью льда. Установки Баржо были осуществлены в опытном масштабе, но мировой кризис прервал дальнейшую работу.

Таким образом можно наметить некоторые общие контуры новой ступени энергетической техники. Те новые идеи в этой области, которые рассмотрены выше, образуют собой внутренне связанную систему — новую энергетическую технику, как целое. Особенностью этой новой техники является отход от всех конструктивных принципов паровой машины и того метода использования природных ресурсов энергии, который был связан с паровой машиной.

Прежде всего нужно указать на автоматизм и создание новых условий, нового характера производственного труда как основную черту новых принципов. Наряду с гидроэнергией этой чертой отличается горючий газ из пластов угля. Подземная газификация сделает газовую турбину основным двигателем электростанций. Газовая турбина будет сочетаться с множественным циклом и позволит комбинировать выработку электроэнергии со снабжением теплом. Той же основной чертой обладают ветроустановки и использование естественных температурных перепадов и в установках Баржо.

Однако не только этим объединяются рассмотренные новые принципы. Их объединяет еще одна общая, очень важная черта. Все это лишь проекты, притом такие, которые пока не могут еще получить производственного применения в энергетическом хозяйстве. И подземная газификация, и газовая турбина, и бинарные циклы, и циклы Баржо, и мощные ветродвигатели — имеют перед собою ряд нерешенных задач. Поэтому, несмотря на то, что физическая сторона таких вещей, как улучшение использования температурного перепада путем удвоения цикла тепловой машины или газификации угля в пластах — ясна, несмотря на то, что экономический анализ раскрыл соответствие новых технических принципов основным процессам советского хозяйства, несмотря на все это, применение новых технических принципов — задача далеко не сегодняшнего дня.

Поэтому новые принципы должны определять не столько производственную практику энергохозяйства, сколько направление экспериментальной работы. Внедрение их в производственную практику должно ограничиться специальными отраслями. Здесь недооценка новых идей принесла бы колоссальный вред. Но если говорить об электростанциях и наметить перспективу на

ближайшие годы, то ориентироваться на вытеснение паровой техники значило бы перепрыгивать через необходимую ступень технического развития. Совершенно неправильно представлять дело таким образом, что паровая техника будет отменена развившейся в тиши лабораторий новой техникой. Дело идет вообще не о вытеснении техники высокого давления, а о более сложном процессе.

В каком отношении друг к другу находятся комплекс новых принципов тепловой техники, с одной стороны, и высокое давление — с другой? Если взять и то, и другое в динамике, то метафизическое противопоставление рушится само собой. Оказывается, что работа над турбиной внутреннего горения и бинарными циклами вооружает, подкрепляет и форсирует наиболее передовые тенденции техники высокого давления. Оказывается, что рекордные достижения котлостроения тесно переплетаются с принципами внутреннего горения, т. е. с отрицанием котла в тепловой машине.

Общей технической проблемой для новых принципов и для высокого давления является проблема материалов. Повышение давления выше 100 атмосфер и перегрев выше 500° задерживаются отсутствием качественных сталей в котлостроении. Таким образом успехи в части получения твердых и жароупорных сплавов непрерывно повышают давление и к. п. д. в установках с котлами и в то же время готовят переход к двигателям без котлов — к турбинам внутреннего горения.

Самый переход может быть целиком органическим. Дело в том, что высокое давление вынуждает отказываться от старых конструктивных форм (классические барабаны) и переходить к формам, граничащим с конструкциями газовой техники. Решающим обстоятельством здесь является переход к критическому давлению. Что касается самого цикла, то и здесь намечаются точки соприкосновения.

Звеном, соединяющим котельную технику и технику внутреннего сгорания, является газовая турбина, работающая на отходящих газах котельной установки или двигателя внутреннего сгорания. Это еще не турбина внутреннего сгорания. Горение происходит здесь вне газовой турбины — в котельной или поршневой системе. Но в остальном ее конструкция и процесс совпадают с турбиной внутреннего сгорания.

Необходимость ряда вспомогательных операций при высоком давлении заставила фирму Броун-Бовери снабдить котел «Велокс» газовой турбиной, которая обслуживала вспомогательные механизмы¹. Идея чрезвычайно оригинального вращающегося котла Форкауфа прямо заимствована из проекта газовой турбины. Если сравнить с котлом «Велокс» турбину Гольцварта, где теплота газов, выходящих из турбины внутреннего сгорания, нагревает воду и вращает паровую турбину для вспомогательных целей, то

¹ «Электроэнергетика СССР», тл. XVII, М. Кирпичев, Новая техника котлов высокого давления, стр. 612—629.

становится совершенно ясным, что разница лишь в относительной мощности двух составляющих каждой установки. Налицо совершенно очевидная непрерывность перехода от высокого давления к турбине внутреннего сгорания и использованию идеи бинарных циклов.

Подведем итоги:

Освоение передовой энергетической техники, успехи советского гидростроительства (Днепр, Беломорско-Балтийский канал, Свирь) наряду с успехами тепловой и электрической техники обеспечивают достижение в ближайшие годы рекордных показателей Запада на всем фронте советского энергохозяйства. Вслед за этим идет постройка и ввод в эксплуатацию гидроэнергетических гигантов. Энергия Волги, Ангары, Нарына ставит перед электрической техникой такие задачи, которые решит единая высоковольтная сеть межрайонных передач постоянного тока. Ее специфическим звеном будут ионные преобразователи. Соответствующая тепловая техника создается подземной газификацией и газовой турбиной. Требования теплофикации и дальнейшего повышения экономичности тепловых машин осуществляются неводно-паровой техникой и множественными циклами. Эта техника позволит использовать малые температурные перепады в первую очередь — в установках Баржо.

Можно еще дальше проследить тенденции энергетической техники. Дело идет к осуществлению передачи электроэнергии без проводов. Конечно, это дело далекого будущего, но такая перспектива и экспериментальная работа в этом направлении потребуют практического применения новейшей физики именно самых последних глав теории поля, вписанных в науку Эйнштейном. Это — единственный путь к тому, чтобы эти теории потеряли свой формальный и мистический характер, так как практическое приращение и материалистическая интерпретация науки всегда идут рядом.

На последнем Мировом энергетическом конгрессе Валлаури говорил о превращении всего пространства в резервуар электрической энергии, откуда каждый сможет черпать любое количество ее. После полного овладения современной техникой, после следующего этапа этот вопрос станет для социалистической страны практическим вопросом хозяйства. Поэтому он уже сейчас является актуальным для науки.

Можно предвидеть, что передача энергии без проводов будет связана с коренной революцией в получении энергии. Если единая высоковольтная сеть передач постоянного тока соответствует Ангаре и подземным газогенераторам, то схема Валлаури соответствует получению внутриатомной энергии путем искусственного разрушения ядер.

По всей вероятности, для этого придется использовать круг явлений с необычайными скоростями движения. Но здесь мы сталкиваемся с ограниченностью современной квантовой механики. Скоростями, близкими к скорости света, можно оперировать лишь в том случае, если включить в теорию процесса уравнивания относи-

тельности. Речь идет о создании новой теории. Здесь на пороге величайшего открытия в истории человечества электронная теория обнаруживает в последний раз свою недостаточность. В последний раз потому, что выход — в синтезе с теорией поля, с теорией относительности. Объединение двух линий теоретического развития должно быть завершено. Это будет соответствовать полному объединению двух линий электрической техники.

Две теории сольются в результате коренной переработки, последовательной материалистической интерпретации и беспощадного изгнания не только принципа дальнего действия, но и всех остальных фетишей науки, в частности, механистических фетишей. Новая теория также превзойдет теорию Фарадея, как армия пролетариев — людей самой активной производственной и революционной практики, как армия, вооруженная сознательно применяемым методом, превосходит кучку ремесленников, ковавших техническое оружие капитализма, и как могучая техника коммунизма превосходит первые шаги паровой техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ленин, Одна из великих побед техники, Сочинения т. XVI, М. 1931.
 2. «Электроэнергетика СССР», т. I, Л., 1934.
 3. Кузнецов, Единая высоковольтная сеть СССР, Л., 1931.
 4. Пилоти, Экономичность передачи энергии переменным и постоянным током. Сборник под редакцией Рюденберга, М., 1934.
 5. Ситников, Ионные процессы и их применение, Л., 1930.
 6. Труды Первой конференции по электропередачам, Л., 1931.
 7. Дунаевский, Бинарные циклы, М., 1934.
 8. Гюнтер, Через сто лет, М., 1933.
 9. Гонимеф-Келлер, Ветроэлектрические станции.
 10. Dolivo-Dobrowolsky, Über die Grenzen der Kraftübertragung durch Wechselströme, ETZ, 1919.
 11. Holzwarth, Die Gasturbine, 1911.
 12. P. Langer, Die neueste Entwicklung und die Aussichten des Grossgasmaschine und der Gasturbine, Gesamtbericht II Weltkraftkonferenz, Berlin, 1930.
-

