

ЖЗЛ

ЖИЗНЬ
ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫХ
ИДЕЙ

*Владимир Карцев
Петр Хазановский*

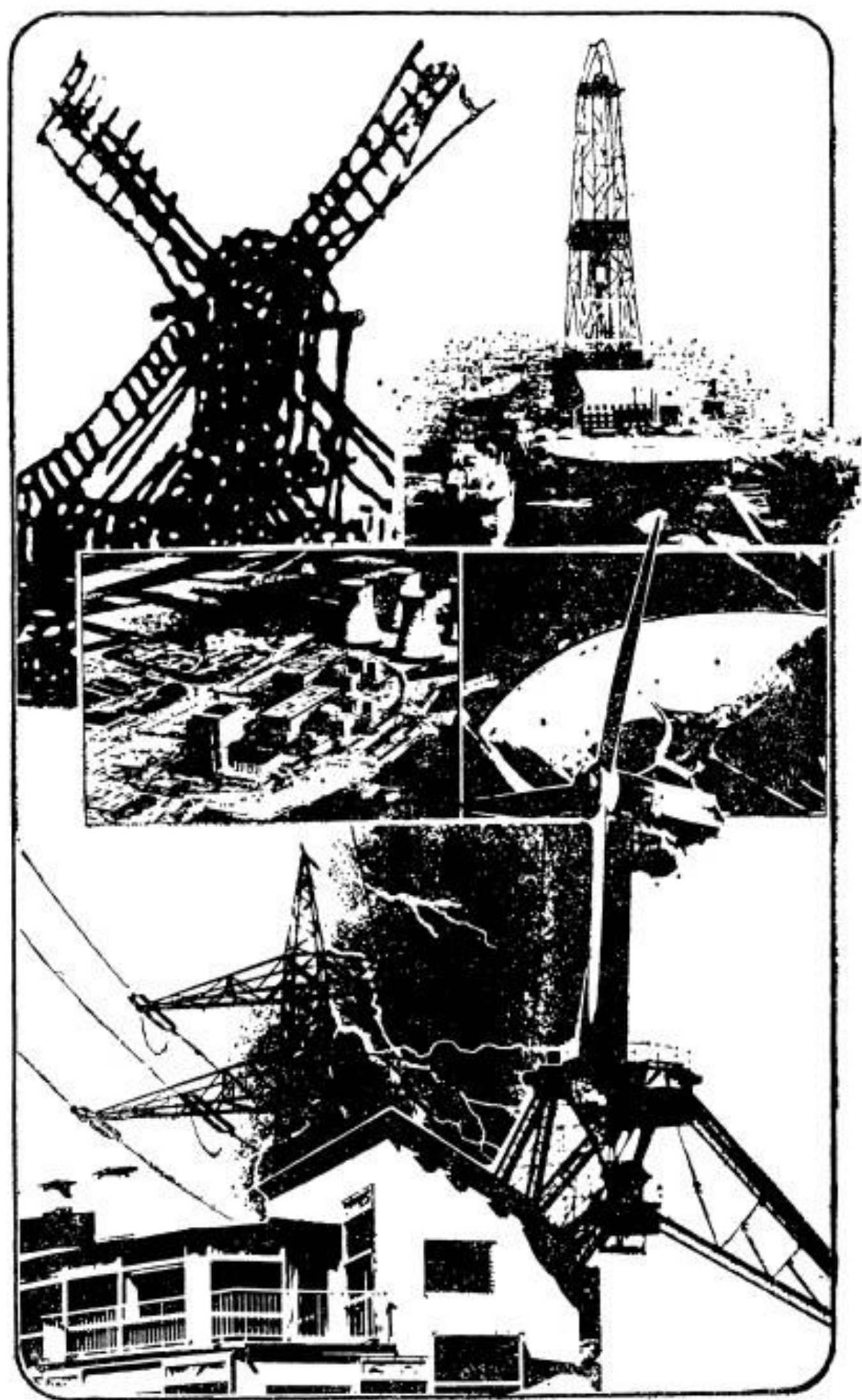
ТЫСЯЧЕЛЕТΙΑ ЭНЕРГЕТИКИ

*Заметки о пути,
пройденном человечеством в поисках энергии,
о великих изобретениях и изобретателях,
о будущих возможностях цивилизации.*



ЗНАНИЕ

**ЖИЗНЬ
ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫХ
ИДЕЙ**



Владимир Карцев
Петр Хазановский

ТЫСЯЧЕЛЕТΙΑ ЭНЕРГЕТИКИ

ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЗНАНИЕ
МОСКВА 1984

ББК 31
К21

Автор послесловия член-корреспондент АН СССР
Д. Г. ЖИМЕРИН.

Рецензент Вершинин Ю. Н.— доктор технических наук,
профессор.

Карцев В. П., Хазановский П. М.
К21 Тысячелетия энергетики.— М.: Знание, 1984.—
224 с. (Жизнь замечательных идей),
80 к. 100 000 экз.

Книга посвящена истории овладения человеком современной энергетической мощностью. На этом долгом пути были блестящие взлеты человеческой мысли и временные затишья; личные драмы переплетались с триумфом первооткрывателей, удачные технические решения перемежались с неудачами. В книге освещено также современное состояние энергетики, рассказано о перспективах ее дальнейшего развития.
Для широкого круга читателей.

К $\frac{2301000000-163}{073(02)-84}$ 27-83

ББК 31
6П2

© Издательство «Знание», 1984 г.

Глава 1
ЖИВАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Один против всего и всех

На окаменевшем туфе отчетливо выделялись следы. В давние времена здесь, на плато Серенгети, прошли двое — один повыше, другой пониже. Может быть, взрослый и ребенок. Или мужчина и женщина. Следы шли почти точно с севера на юг. И внезапно прерывались у небольшого оврага. Даже не очень опытный следопыт заметил бы, что один из спутников в одном месте вдруг остановился, как бы в нерешительности осмотрелся, а потом двинулся дальше. В тот час земля, наверное, размокла после дождя. Потом, когда путники уже прошли, тропическое солнце высушило почву и сохранило эти отпечатки. Совсем обычный случай, вот только дождь этот прошел очень давно — следам было больше трех с половиной миллионов лет, и это были, наверное, самые старые обнаруженные на Земле человеческие следы...

Трудно удержаться от соблазна начать рассказ о великом пути человечества к современной цивилизации с этих следов, начавших, по словам открывшего их археолога Мери Лики, «грандиозное путешествие, которое — сквозь миллионы лет проб и ошибок эволюции, несчастий и удач — привело их в сегодняшний день».

Отправимся и мы вместе с нашими пращурами в это невероятно длинное, сложное и опасное путешествие. Но нас будет интересовать не история развития человека как биологического вида, а в первую очередь то, как человек стал не только *homo sapiens*, но и *homo forsabilis* — «человеком могущественным», как овладел он миром природы и создал совсем новый мир — мир энергетической техники.

Сам человек казался, наверное, тогда слишком слабым и тщедушным, чтобы выжить в борьбе с силами природы. У него не было ни густого меха, который помог бы перенести непогоду, ни могучих лап, помогающих догнать и победить намеченную жертву, ни мощных когтей и клыков, чтобы с ней расправиться. И все-таки он выжил, став истинным властелином природы. Американский писатель и философ Генри Дэвид Торо писал: «Человек не сотворен таким уж могучим, чтобы ему не

требовалось сузить окружающий его мир и отгородить себе какое-то укрытие. Сперва он жил обнаженный, под открытым небом. Это было достаточно приятно в ясную, теплую погоду и в дневное время. А вот дождливый сезон или зима, не говоря уже о жгучем тропическом солнце, погубили бы человеческий род в самом начале, если бы он не поспешил укрыться под кровом. Адам и Ева, согласно преданию, обзавелись лиственным кровом раньше, чем одеждой».

Даже в самых древних слоях археологических раскопок вместе с человеческими останками находят орудия труда — сначала совсем примитивные, изготовленные по так называемой «галечной» технологии, затем все более и более усложняющиеся.

Весьма примечательно, что новейшие находки археологов относят начало изготовления орудий все дальше и дальше в глубь веков. В 1960 году муж упомянутой нами Мери Лики — Луис Лики при раскопках в Танзании нашел весьма примитивные орудия из гальки, возраст которых был определен в два миллиона лет; его сын Ричард Лики обнаружил в 1968 году в Кении галечные рубила на 600 тысяч лет старше. Но еще древнее орудия, попавшие в руки ученых недавно при раскопках вблизи древнего греческого города Птолемаис в Македонии, им более трех миллионов лет.

Конечно, первые орудия человека весьма примитивны — это куски камня, один край которых в результате скола более острый. Постепенно, от тысячелетия к тысячелетию, кремневые орудия совершенствовались, становились по-своему даже изящными, все более и более функциональными, специализированными, удобными для человека, «прикладистыми». Уже много разных действий может выполнять с их помощью человек — валить деревья и очищать их от сучьев и листьев, охотиться на диких животных, выкапывать из земли съедобные корешки, сбивать плоды, растущие на высоких деревьях. Рабочие возможности каменных орудий были не так уж малы. В прошлом веке попробовали сравнить, каким топором лучше работать — полированным каменным или обычным, стальным. Естественно, стальной оказался производительнее, но ненамного: дерево толщиной около 17 сантиметров было срублено стальным топором за пять минут, а каменным — за семь.

Мы не знаем и, наверное, никогда не узнаем, когда

произошло, может быть, самое великое событие на миллионлетнем пути превращения древнего нашего пращура в современного человека — овладение огнем. Легенды и мифы всех народов мира поразительно сходятся: в них рассказывается о божественном происхождении огня, о том, как один из небожителей, движимый любовью и состраданием к людям, похитил для них огонь и сделал людей равными богам. Прикованный Прометей в трагедии великого Эсхила объясняет, за что так наказан он богами:

...Я в ярме беды томлюсь
Из-за того, что людям оказал почет.
В стволе нартека искру огнеродную
Тайком унес я: всех искусств учителем
Она для смертных стала и началом благ.

Эллинский Прометей принес людям огонь в стволе нартека — растения с медленно тлеющей сердцевинкой. Но таким же образом хитроумный хозяин пламени бог Олофает — герой мифов народа, населяющего Каролинские острова, — поручил верной ему птице мви отнести огонь людям. В древних индусских ведических гимнах говорится, что бог огня Агни, подобно семени, родился в лесу и был распределен среди растений. Может быть, древние думали, что в дереве огонь имеется всегда, его просто нужно добыть оттуда.

Овладение огнем сделало человека неизмеримо сильнее. Огню поклонялись, как божеству, его хранили веками — ведь сначала добывать огонь человек не умел, он зажигал его от другого огня — во время лесных пожаров или извержений вулканов. Ведя раскопки в пещере Чжоу-Коу-дянь близ Пекина, археологи обнаружили следы костра, который горел непрерывно на одном и том же месте пятьсот тысяч лет!

Новое великое открытие, первый шаг к овладению силами природы, — люди научились добывать огонь.

Исследователь Камчатки С. П. Крашенинников в 1737—1741 годах составил первое подробное описание быта коренных жителей этого полуострова — ительменов, которые в то время пользовались еще техникой первобытного общества. Вот как в своем обстоятельном труде «Описание земли Камчатки» рассказывает он о способе добычи огня камчадалами: «Огнива их были дощечки деревянные из сухого дерева, на которых по краям наверхены дырочки, да кругленькие из сухого

дерева палочки, которые, вертя, в ямочках огонь доставали. Вместо трута употребляли они мятую траву тоншичь, в которой раздували загоревшуюся от верчения сажу. Все сии принадлежности, обертя берестю, каждый камчадал носил с собою, и ныне носят, предпочитая их нашим огнивам для того, что они не могут из них так скоро огня вырубать, как достают своими огнивами».

Много веков именно так добывали огонь. Во время языческих праздников, сохранившихся в Европе почти до XIX века, ритуальные костры обязательно зажигались от огня, полученного трением.

Намного позже, когда стало известно железо, появилось огниво в его, так сказать, «классическом» воплощении. Много веков просуществовало оно, почти не изменяясь. Даже в одном из символов современной жизни — газовой зажигалке до сих пор используется принцип огнива. Лишь электрозажигалки самых последних лет, кажется, порывают с тысячелетней традицией — искра в них не механического, а электрического происхождения.

По-видимому, сначала огонь применяли только для согревания и освещения и лишь потом стали его использовать для приготовления пищи. Но учеными доказано, что, во всяком случае, уже неандертальцы ели жареное мясо, а это постепенно изменило и внешний облик человека, и энергетику человеческого организма, сделало ее намного более мощной, чем у любого другого млекопитающего. Подсчитано, что высшее млекопитающее расходует за жизнь приблизительно 125 тысяч килокалорий на килограмм веса, а современный человек в шесть раз больше — примерно 750 тысяч.

Огонь постепенно преобразовал и жизнь человека, и его самого. Недаром все народы на какой-то стадии своего развития прошли период огнепоклонства, почти в каждой религии одним из самых могущественных богов был бог огня. И может быть, самым главным в овладении огнем было то, что человек почувствовал себя не рабом природы, а ее разным партнером, подчинив себе одну из самых грозных стихийных сил.

Но энергетические возможности человека по-прежнему определялись лишь мощностью его мускулов и крепостью костей. Почти все три миллиона лет своей истории человек во всех действиях мог полагаться только на собственные мышцы — других источников энергии у него, по существу, не было. Несложные расчеты показывают, что

средний по физическому развитию мужчина имеет «мощность» порядка одной десятой доли лошадиной силы. Этого может хватить лишь на то, чтобы добыть себе скудное пропитание и соорудить примитивное укрытие от непогоды. В древние времена этим и обходились.

Основными источниками существования были охота и собирательство. Меняли место стойбищ только тогда, когда истощались ресурсы на старом месте или какое-нибудь стихийное бедствие заставляло искать новое пристанище. Люди тех времен были легки на подъем: несколько кремневых орудий, немного шкур для постройки шалаша да драгоценный огонь — вот и весь «багаж». Остававшиеся на старом месте просеки, прогалины, выжженные участки леса быстро восстанавливались, и уже через короткое время ничто не напоминало о том, что на этом месте теплилась человеческая жизнь.

Медленно и однообразно текли дни первобытного племени. В неспешных деяниях и путешествиях человек постепенно расселялся по планете, осваивал новые территории, узнавал мир.

Однако миллионлетнее карабканье по древу эволюции не проходило бесследно. Менялись, совершенствовались орудия — и совершенствовалась рука, которая ими пользовалась. Совершенствовался мозг, который этой рукой управлял. Миллионы лет шел медленный и нелегкий процесс «сапиентизации». И вот примерно четыреста веков назад на Земле появился и очень быстро (конечно, в масштабе времени, исчисляемом тысячелетиями) овладел всей планетой кроманьонский человек, чьи останки под толстым слоем многовековых отложений нашел когда-то в гроте Кроманьон французский археолог Ларте. Антропологи, историки, скульпторы восстановили по черепу облик тех, кому принадлежали пять первых найденных скелетов.

И они предстали перед нами красивыми и сильными, вполне уже похожими на нас. Они не знали еще земледелия, скотоводства, не знали о металлах, но они уже были готовы вступить в дерзкое единоборство с природой.

Быстро совершенствуются и становятся более разнообразными орудия труда. Если неандерталец пользовался всего тремя-четырьмя примитивными орудиями (рубила, грубо обработанные каменные топоры, скребки для выделки шкур), то вместе с останками кроманьонцев находят уже более двадцати каменных и костяных орудий:

иглы, шилья, наконечники для копий. Нашли археологи и первые «усилители мускулов»: лук и копье-металку, немало облегчившие охоту.

Первые помощники

Первым прирученным животным — это твердо установлено — была собака. Уже при раскопках палеолитических стоянок находят кости собак, прямых предков столь многочисленного теперь собачьего племени. Может быть, сначала пращуры наши смотрели на собаку просто как на подручный запас пищи. Перевесили, однако, другие ценные качества животного: оказалось, что она способна заранее предупредить о приближении хищника, помочь выследить желанную добычу, может даже использоваться как тягловая сила. Когда первобытный человек осознал, что дикое животное может стать верным помощником, начались попытки приручения почти всех окружающих его животных, даже хищников и птиц.

Иногда приручение шло успешно, иногда нет. Не удалось «животноводам» приручить, например, носорога — живую боевую машину, или бегемота — самодвижущийся склад мяса. С другой стороны, слон до сих пор дружен с человеком.

Девять-десять тысяч лет назад человечество подошло к новому рубежу. Более совершенные каменные орудия, первые домашние животные вызвали к жизни процесс, получивший у некоторых авторов название «неолитической революции», — переход от охоты и собирательства к земледелию и скотоводству.

Первые домашние животные, а потом и первые стада полностью изменили образ жизни человека. Ведь стадо — это не только запас мяса и шкур, это и большие дополнительные заботы — животных нужно кормить и зимой, когда кругом пищи мало или совсем нет. Основным зимним кормом в те времена, как показали исследования, были молодые ветки липы, березы, вяза. Их нужно было нарубить, и поэтому владелец животных буквально не должен был выпускать своего каменного топора из рук.

Человеку понадобились уже другие орудия — не только каменные топоры, а серпы и мотыги, другие домашние животные — не только легконогие и подвижные помощники на охоте, а могучие, пусть и медлительные быки, способные тянуть за собой плуг или повозку с урожаем.

Да и сам человек должен был измениться, приобрести новые навыки и новые знания. Земледельцу негде было взять шкуры для одежды — возникает прядение и ткачество. Ему нужно все больше и больше посуды — развивается гончарное ремесло. Уже в неолите бурно развивается горное дело. Найдено много районов древней добычи кремня — в Швеции, Англии, Франции, Польше, Германии, у нас на Украине, в Зауралье, в Молдавии. Добычу кремня вели и открытым способом, и в самых настоящих шахтах со многими вертикальными стволами и отходящими от них горизонтальными штольнями. На месте добычи кремня делали заготовки каменных орудий, которые потом отправлялись за сотни километров к потребителям. Стало неизбежным четкое разделение труда: кто-то из членов общины добывал кремень, кто-то делал из него орудия, а кто-то должен был заниматься сбытом. Возникла сложная социальная структура, и в монолите родового строя появились первые трещины.

Примерно к тому же времени относится и возникновение металлургии, вначале на основе меди и медного сплава — бронзы. Металлургия потребовала от древнего умельца новых навыков, углубления специализации. Начинает развиваться меновая торговля, транспорт — расширяется круг общения людей. Это приводит к интенсивному обмену идеями, знаниями, умениями. Растут и потребности человека, в том числе энергетические.

На каждом новом этапе исторического развития усложнение хозяйственной деятельности неизбежно приводило к нехватке сил, к противоречию между желаемым и возможным.

У истоков науки

В конце V — начале IV тысячелетия до нашей эры образуются первые государства. Они были, естественно, земледельческими, ибо только земледельцы к тому времени вели оседлый образ жизни. Поскольку же для орошения полей нужна была вода, государства возникали чаще всего вблизи крупных рек.

Эта эпоха отмечена великими изобретениями. Главное из них — колесо.

У шумеров уже в 3500 году до н. э. появляются колесные повозки, которые быстро распространяются и у других народностей. Повозки позволяли относительно

легко перевозить руду, металлы, крупные изделия. Расцветают гончарное дело, прядение и ткачество, всевозможные ремесла. В документах II тысячелетия до нашей эры упоминаются горшечники, столяры, сапожники, ткачи. Орудия из бронзы перестали быть редкостью, из нее теперь изготавливают даже украшения. Казалось бы, на Земле наступило благоденствие: все нашли себе место в жизни, всякий труд уважаем, каждый занимается тем, что ему по душе.

И тут разразился первый в истории человечества энергетический кризис — обнаружилась катастрофическая нехватка энергии. Не будем забывать, что речь идет об эпохе «живой» энергетики, когда единственными ее источниками были собственная сила человека и сила животных. А между тем орошаемое земледелие требовало строительства ирригационных сооружений, все более и более усложнялась добыча руд, поскольку исчерпывались залежи, расположенные близко к поверхности. Росли потребности, связанные с войнами; нужно было все больше и больше производить продукции для обмена. На все это силы собственных мышц уже далеко не хватало. Выход из положения виделся в том, чтобы заставить другого работать на себя, сделать его своим рабом. Так можно было бы с «энергетической точки зрения» попытаться объяснить появление рабства и рабовладельческих обществ. Естественно, что такой подход отражает лишь ту часть картины, которая нас сейчас непосредственно интересует.

Использование мускульной силы рабов намного увеличило энергетические возможности общества, позволило сделать шаг вперед. Огромных усилий требовали работы по орошению и ирригации на всей территории Древнего Востока — в Египте, Месопотамии, Ассирии. Прокладывать каналы для орошения или отвода воды с затопляемых участков можно было только с помощью рабов. Урукagina, захвативший власть в одном из древнейших городов Ассирии — Лагаше, еще в начале третьего тысячелетия до нашей эры устраивает в своей столице запасной резервуар для воды емкостью более двухсот двадцати тысяч литров, которые использовались для орошения полей при засухах. Раскопки помогли найти действовавшую в незапамятные времена в Ассирии сложную и разветвленную систему акведуков. Навуходоносор, один из известнейших царей позднего Вавилона, с гордостью

именует себя «наводнителем полей». Геродот сообщает, что уже в четвертом тысячелетии в районе Ливийских гор искусственная плотина изменила течение Нила, заставила его проложить себе новое русло, а на месте старого был построен город Мемфис.

Многочисленные армии рабов возводили грандиозные сооружения, например, знаменитые египетские пирамиды, прославлявшие фараонов при жизни и обеспечивавшие им комфорт в потустороннем мире. Количество труда, затраченного на возведение пирамид, потрясает. Пирамиду Хеопса строили сто тысяч рабов в течение тридцати лет. Два миллиона триста тысяч огромных каменных глыб, подогнанных с такой точностью, что между ними нельзя и сейчас просунуть даже иголку, составили гигантскую пирамиду высотой почти сто пятьдесят метров (почти пятидесятиэтажный дом!).

Количество рабов росло, и труд их находил все больший спрос. Много рабов использовали в ткачестве. Оно было известно, по крайней мере, с четвертого тысячелетия до нашей эры, а многочисленные находки примитивных пряслиц в древнейших захоронениях свидетельствуют о том, что возникло оно гораздо раньше. Но если раньше ткачество было домашним ремеслом, которым каждый земледелец занимался в свободное от полевых работ время, то уже в древнем Египте создаются ткацкие мастерские — тканей производится много, они становятся даже предметом экспорта.

Конечно, ткацкие станки были весьма далеки от совершенства. Вот как в одном древнем папирусе описывается труд ткача: «Ткач внутри дома, хуже ему, чем женщине. Ноги его на желудке его. Не дышит он воздухом. Если за день не выработает он достаточно тканья, он связан как лотос в болоте. Дает он хлеб привратнику, чтобы мог он увидеть свет».

Тяжелое горное дело тоже было основано только на рабском труде. Для строительства храмов, пирамид, дворцов требовалось много камня, развивающаяся металлургия потребляла все больше руды. Способы разработки, естественно, были весьма примитивны: в щели породы загоняли деревянные клинья, потом поливали их водой, они разбухали и расширяли щель. Так повторяли много раз, пока нужный кусок камня или руды не отламывался. Диодор Сицилийский так описывает нубийские золотые рудники: «...надсмотрщики над рудничными

работами с помощью большого количества рабочих добывают золото. Этими рабочими по преимуществу являются осужденные преступники, военнопленные и люди, которые, часто ошибочно преследуемые, в припадке гнева были брошены в темницу; различные группы несчастных, которых цари Египта по обыкновению посылали в золотые рудники, иногда одних, иногда со всем их семейством, как для того, чтобы отомстить за преступления, совершенные осужденными, так и для того, чтобы извлечь большие доходы из плодов их пота. Несчастные, которые таким образом были доставлены к рудничным работам и число которых весьма значительно, все закованы, принуждаются к работам день и ночь, без отдыха, и охраняются с такой тщательностью, что у них отнята надежда на побег». Из этого отрывка видны и источники «добычи» рабов: войны, осуждение преступников, а часто и просто произвол «власть имущих».

Вместе с ремеслами начала постепенно развиваться и техника. Собственно, многие механизмы — уже упоминавшиеся лук и копьеметалка, колесо и гончарный круг, примитивный ткацкий станок — применялись довольно давно, но растущее производство, работы по орошению полей и строительство потребовали новых, более совершенных устройств.

Переворот в строительной технике совершило изобретение блока — первое достоверное свидетельство о его применении в Ассирии относится к VIII веку до нашей эры. В Египте изобрели шадуф — древнейшее водоподъемное сооружение, собственно говоря, просто ведро на конце рычага.

Можно отметить и определенный «энергетический прогресс» — в качестве тягловой силы иногда стали применять домашних животных — лошадь, осла, быка. В Месопотамии, например, для подъема воды при правителе Урукагине применялись водочерпальные колеса, приводимые в действие волами или быками. В оставленной им записи упоминаются «быки богов, которые употреблялись для полива полей».

Интересно, что в еще более древних текстах действует «осел оросительного прибора». Выходит, можно даже проследить, если захотеть, переход от «ослиной», менее производительной, к «бычьей» энергетике. Такой же переход от ослов к волам произошел при усовершенствовании плуга: тяжелое пахотное орудие, соединенное ино-

гда уже и с сеялкой, не под силу было тянуть слабым ослам.

Встречались древние и с энергетическими проблемами, очень похожими на современные. Недавние исследования археологов, чья экспедиция изучала наиболее древний горнопромышленный и металлургический центр Востока — Древний Египет, установили, что выплавка меди там примерно за тысячу лет до нашей эры внезапно прекратилась. Что же послужило причиной остановки столь необходимого египтянам производства? Оказалось, что в районе месторождений меди исчез древесный уголь.

Ученые подсчитали, что за тысячу лет эксплуатации медных месторождений древние металлурги выплавляли около ста тонн меди. Одна печь той конструкции, которая тогда применялась, могла дать примерно 100 кг меди за все время эксплуатации. Значит, в те далекие времена у египтян был целый металлургический завод — не менее тысячи печей плавил металл. Древесный уголь получали из стволов пальм, в изобилии там произраставших. Но постепенно, за тысячу лет, пальмовые леса близ месторождения были вырублены, топлива стало не хватать. Одна за другой гасли плавильные печи, пока не погасли совсем. «Энергетический» кризис привел к прекращению производства совершенно незаменимого в жизни египтян металла.

Земледелие египтян во многом зависело от разливов Нила, время которых необходимо было достаточно точно определять. Уточнялось и развивалось понятие времени: появился календарь, время разбилось на годы, месяцы, сутки разделились на часы, часы — на минуты.

Древние вавилоняне внимательно наблюдали за движением небесных светил; собранные ими за много столетий данные позволяли точно предсказывать разные небесные явления, например лунные затмения. Определение размеров земельных участков, строительство оросительных систем привели к возникновению арифметики и геометрии, необходимость учета урожая и запасов, взаимных расчетов между людьми и государствами заставила изобрести письменность.

Ремесленникам — камнетесам и строителям — приходилось при сооружении храмов, дворцов, других сколько-нибудь крупных сооружений иметь хотя бы примитивный чертеж. В ходе самого строительства необходимо было на каждом шагу измерять длину, ширину и толщину

каменных стен, ширину дверей и окон, высоту каменных колонн. Появились «естественные меры» — локоть, ступня, пядь.

Строительное дело вызвало к жизни механику. При строительстве неизбежно требовалось перемещать и высоко поднимать большие тяжести. Нельзя было обойтись без рычагов, всевозможных катков, салазков, блока. Все это увеличивало «силовые» возможности человека.

Как мало мы еще знаем о достижениях древних цивилизаций! Как часто находки археологов заставляют нас восхититься мастерством древних умельцев, удивиться их догадливости и изобретательности!

Несколько лет назад в Таиланде было найдено древнее поселение людей бронзового века. Оказалось, что его жители знали металлические сплавы уже за пять тысяч лет до новой эры, когда культура Древнего Египта только зарождалась. В 1968 году советские археологи на территории Армении обнаружили в полном смысле доисторическое металлургическое предприятие: в 4500 году до н. э. здесь работало 200 печей, в которых выплавлялся металл для изготовления ваз, ножей, наконечников копий и стрел, браслетов и других металлических изделий. Мастера знали сплавы меди, свинца, цинка, железа, золота, магния.

В Египте, похоже, уже в древности мечтали о полетах. Доктор Халиль Мессиха, работая в хранилище Каирского музея, среди фигурок пернатых, изготовленных в IV—III веках до нашей эры, обнаружил нечто весьма напоминающее модель моноплана с высоко расположенным крылом, каплевидным, суживающимся к хвосту фюзеляжем, увенчанным вертикальным стабилизатором. Все параметры модели настолько разумно подобраны, что, по мнению специалистов, она идеально учитывает лобовое сопротивление. Геометрия крыла почти совпадает с контурами плоскостей американского транспортного самолета «Геркулес».

Древние персы три тысячи лет назад построили подземные акведуки, которые несли на их поля воды горных ключей. Эта ирригационная система функционирует и по сей день, обеспечивая три четверти потребности иранских земледельцев в воде для орошения полей. Более пяти тысяч лет назад жители Тель Асмара, расположенного в долине Тигра неподалеку от Багдада, пользовались водопроводом и канализацией.

В 1936 году немецкий археолог доктор Вильгельм Кёниг нашел при раскопках под Багдадом загадочный предмет, споры о назначении которого не прекратились и по сей день. Предмет этот весьма несложен и представляет собой глиняный сосуд длиной 28 см, внутри которого находится пустотелый медный цилиндр с железным стержнем, укрепленным по центру асфальтовой пробкой.

Это странное сочетание двух металлов с изоляцией между ними и заставляет ученых уже почти полвека выдвигать самые экстравагантные предположения о назначении этого изделия. Некоторые из них высказали вполне убедительное предположение, что этот предмет весьма почтенного возраста (ему более двух тысяч лет) представляет собой не что иное, как... гальванический элемент. В самом деле, когда попробовали заливать сосуд доступными древним электролитами — морской водой, уксусом или вином, экспериментаторы получали от этого источника ток напряжением 0,25—0,5 Вольта и силой 0,5—5 миллиампер.

Но зачем древним мог понадобиться гальванический элемент? Вспомнили, что у античных историков упоминаются удивительные мастера, жившие во времена Клеопатры и «умевшие делать золото». Но может быть, древние мастера знали гальванопластику? Если соединить несколько таких элементов, то вполне можно осуществить процесс гальванического золочения, причем небольшую статуэтку при помощи такого источника тока можно покрыть тончайшим слоем золота всего за два-три часа.

В американском журнале «Кемистри» по поводу этого же предмета высказано другое предположение. Если залить в него не электролит, а диэлектрик, например оливковое масло, то получится конденсатор, причем вполне заметной емкости. Если его зарядить, многократно перенеся заряд на стержень с какого-нибудь электризующегося материала, то затем можно было получить от банки довольно сильный разряд. Авторы заметки считают, что с помощью такого разряда жрецы могли демонстрировать свое могущество. Вспомним при этом: Аладдину, чтобы вызвать могущественного джинна, нужно было как следует потереть (может быть, наэлектризовав при этом?) волшебную лампу!

Древневавилонские жители широко использовали для освещения жилищ светильники, наполненные нефтью,

даже само слово «нефть» происходит от древневавилонского «нафту».

И вместе с тем поражает техническая наивность древних, косность по отношению к техническим усовершенствованиям. Вот простой пример. Первым прирученным животным, используемым как тягловая сила, был бык, могучее создание с низко опущенной головой и толстой шеей. Для него изобрели подходящую упряжь — ярмо, лежащее на холке. Но когда были приручены онагр и лошадь, то изобретать подходящую для этих животных упряжь не стали и применили то же ярмо. При этом добрых две трети энергии лошадей тратилось впустую — на преодоление сопротивления крайне неудобной упряжи. Больше трех тысяч лет понадобилось для того, чтобы придумать современную упряжь с хомутом — она появилась только в средние века!

Раб нерадив... или энергетический кризис в рабовладельческом обществе

К VI—V веку до нашей эры центр человеческой цивилизации перемещается в Южную Европу. Начинается эра Древней Греции и пришедшей ей на смену Римской империи.

Трудно переоценить вклад этих великих цивилизаций в сокровищницу мысли. Это был период, когда человечество «училось мыслить», пыталось осознанно воздействовать на окружающий мир.

Стремление постичь причины явлений привело к открытию некоторых общих закономерностей, к рождению абстрактных понятий. Оказалось, что мир природы управляется с помощью некоторых законов. Тесня наивные представления о неумолимом и иррациональном роке, стройные законы природы неизбежно занимали место в картине мира, созданной человеком. Это была громадная революция в человеческом сознании, выдвинувшая своих героев, дерзнувших поставить вопросы перед самой природой и попытавшихся получить на них ответы.

Греков с самого начала занимало устройство мира в целом. Все реже прибегая к фантастическим домыслам, они увидели в окружающем мире всеобщую связь явлений, непрерывное развитие и изменение.

Уже у мыслителей древнейшей ионийской школы Фалеса, Анаксимандра, Анаксимена идеи развития приро-

ды и единства мира выражены достаточно ясно. А Гераклит считал, что мир не создан никем из богов и никем из людей, а был, есть и будет вечно живым огнем, закономерно воспламеняющимся и закономерно угасающим. Демокрит, а затем Эпикур предложили гипотезу о строении материи из мельчайших неделимых частиц — атомов. Платон основал первую в истории человечества научную школу — Академию, а его ученик Аристотель предложил уже законченную научно-философскую систему, вобравшую в себя все важнейшие интеллектуальные достижения древнего мира.

Аристотель, сын Никомаха, придворного врача царя Македонии Аминтаса II, родился в Стагире — маленьком городке на Халкидском полуострове. Семнадцатилетним юношей он пришел в Афины, встретился с Платоном и поступил в Академию. После смерти Платона он покинул Афины, провел несколько отшельнических лет на берегу Геллеспонта, а затем принял почетное приглашение македонского царя Филиппа II стать воспитателем его сына Александра, будущего великого завоевателя. Через три года Аристотель снова в Афинах, он основывает и пестует собственную научную школу — Ликей. Однако после смерти Александра Македонского и развала созданной им империи Аристотель вынужден вновь покинуть Афины. Он бежал на остров Эвбею, где вскоре в возрасте 63 лет скончался.

Труды Аристотеля составляют целую энциклопедию знаний, образуют костяк науки его времени. Он впервые в истории дал определение физики как науки о природе; высказанная им концепция возможности превращения металлов в неметаллы стала теоретической базой средневековой алхимии. Авторитет Аристотеля был настолько высок, что даже очевидно неверные его утверждения, например о том, что скорость падения тел зависит от их веса (утверждение, которое очень просто можно было бы проверить), принимались за истину в течение многих столетий.

После смерти Аристотеля роль научного центра древнего мира перешла к городу, основанному Александром Македонским в дельте Нила, — Александрии Египетской. Здешний правитель, основатель египетской династии Птолемеяев, Птолемей I Сотер, обласкал ученика Аристотеля Деметрия Фалерского и поручил ему создать новый Ликей. Деметрий рьяно принялся за дело и прежде всего

собрал все труды Аристотеля. Постепенно возник круг учеников.

Так образовалась другая известная научная школа — александрийский Музей, две библиотеки которого насчитывали семьсот тысяч томов.

Александрийский Музей был, возможно, первым примером организации коллективных научных исследований. Исключительные условия для развития наук привлекли в Александрию лучших ученых со всех концов земли — жили они вместе за счет казны. В течение всего античного периода александрийский Музей вносил существенный вклад в развитие естественных наук, и в первую очередь — астрономии, физики. Именно в этот период благодаря трудам знаменитого Евклида большое развитие получила математика и прежде всего геометрия, превратившаяся из прикладной науки об измерении земли в логически завершенную и строгую дисциплину.

Ученым александрийских традиций был великий Архимед, формально не принадлежавший к александрийской школе. Он родился в 287 году до нашей эры в Сиракузах и происходил из знатной семьи. Отец его, известный астроном и математик Фидий, был родственником сиракузского правителя Гиерона. Уже в ранней молодости отец познакомил его с научной астрономией, и юный Архимед не только проводил астрономические наблюдения, но и изготовил искусный планетарий, который приводился в движение водой. Архимед изучил труды Евклида, посетил Александрию и потом поддерживал постоянную связь с александрийскими астрономами и математиками.

Человек разносторонне одаренный и на редкость эрудированный, он был одним из первых инженеров в самом широком понимании этого слова. Так, Архимед построил мосты собственной конструкции, под его руководством были воздвигнуты дамбы для регулирования разливов Нила, он изобрел «архимедов винт» для подъема воды. Но он сумел проявить свой здравый смысл и инженерный подход к проблеме и совсем в другой области.

Препятствием для астрономических вычислений было небольшое количество чисел, которыми располагала греческая цифровая система. Тогда он придумал и изложил в своем «Псаммите» («Исчисление песчинок») совершенно новый способ точно обозначать и классифицировать большие числа.

Интенсивные занятия механикой побудили его в сочинении «Способ изучения механических теорий», посвященном Эратосфену, разрешать сложные математические задачи с помощью механики. В этой работе он почти по-современному обращается с понятием бесконечного, перед которым боязливо отступала античная математика. Правда, метод доказательства математических истин с помощью механических аналогий Архимед рассматривал как предварительный и в своих поздних сочинениях он дал точные доказательства важнейших теорем.

Архимед разработал основы статики и гидростатики. Условие равновесия рычага дано у него уже не в том смутном виде, что у Аристотеля, но в четкой математической интерпретации: «Соизмеримые величины уравновешиваются, если длины, на которых они подвешены, находятся в обратном отношении к тяжестим».

Архимед разработал теорию центра тяжести и дал понятие механического момента силы. Закон Архимеда, открытый им при обстоятельствах, ставших широко известными, и изложенный в его трактате «О плавающих телах», лег в основу научного конструирования судов. Занимаясь разгадкой почти детективной истории с поддельной короной царя Гиерона, Архимед ввел в науку понятие «удельный вес».

На склоне лет Архимед вернулся к тому, что он так любил в молодости, и теперь неустанно занимался механикой, сооружая грозные машины для защиты родных Сиракуз от нападения римлян. Он организует оборону города, строит метательные орудия, которые увесистой балкой пробивают дно неприятельского корабля или крючковатым краном поднимают его вверх и разбивают об острые утесы. Дело, наконец, дошло до того, что стоило показаться над городской стеной веревке или шесту, как римлян охватывал панический ужас. Командующий осаждавшими Сиракузы войсками Марцелл дошел почти до отчаяния, он говорил, что, наверное, придется прекратить войну против геометра. Когда предательство открыло перед врагом ворота Сиракуз, Архимед погиб от меча римского легионера, произнеся вошедшие в историю слова: «Не трогай моих чертежей». Цицерон сказал об Архимеде: «Я полагаю, что в этом сицилийце было больше гения, чем может вместить человеческая природа».

Рядом с Архимедом трудились и другие выдающиеся механики и изобретатели. Немного старше его был

Ктесибий — он изобрел двухцилиндровый водяной насос, водяной орган, управление которым производилось сжатым воздухом, водяные часы, отличавшиеся от древней клепсидры указателем времени, многочисленные военные метательные машины, где использовалась сила сжатого воздуха.

Ученик Ктесибия Филон в своем девяти томном сочинении «Механика» описывает множество интереснейших устройств, придуманных им или другими механиками: хитроумные боевые машины, автоматический кукольный театр, волшебные кубки, лейки, из которых могли литься различные жидкости, фонтаны с пьющими животными и поющими птицами, устройство для подачи святой воды к храму, автомат для омовения перед входом в храм. Филон прекрасно знает принцип сифона, он осведомлен о том, что воздух при охлаждении сжимается, а при нагревании расширяется.

Но еще более, чем Ктесибий и Филон, известен Герон Александрийский — автор многочисленных трактатов, дошедших до нас в арабских и греческих переводах. В основном из них — «Механике» — Герон рассматривает и теоретические вопросы — сложение скоростей по правилу параллелограмма, определение центра тяжести — и описывает ряд простых машин: рычаг, ворот, клин, винт и блок, — словом, практически все механизмы, которыми располагала античная техника.

Комбинируя эти примитивные механизмы, Герон добивается весьма впечатляющих результатов — им был построен «театр автоматов», где вращающиеся под действием опускающегося груза валы и зубчатые колеса вызывали появление греческих богов и героев, причем зажигался огонь, раздавался звук барабанов, изображался морской бой. В трудах Герона встречается описание прибора для измерения пройденного пути, или, как мы его теперь называем, таксометра. Но особый интерес для нас представляет знаменитый «эолипил» — шар, вращающийся под действием пара, выходящего из двух изогнутых трубок. Многие ученые называют это изобретение прототипом современной паровой турбины. Поражал воображение современников фокус — открывание дверей храма, когда загорался огонь на жертвенном очаге.

Даже очень беглый взгляд на науку Древней Греции и Рима показывает, что достижения античных ученых были весьма впечатляющими. С дерзостью неопитов уче-

ные брались за решение самых сложных вопросов, пытались доискаться до глубинной сути вещей и явлений. Они часто заблуждались, но некоторые их высказывания и идеи поистине гениальны.

Огромны достижения той далекой эпохи в строительном деле и архитектуре. Гениальными творениями античных зодчих — Парфеноном, Акрополем, Колизеем, многими другими — до сих пор восхищаются миллионы людей.

Величайшим в мире произведением строительного искусства называл Геродот храм Геры на острове Самос, воздвигнутый при правлении тирана Поликрата и разрушенный после его свержения. Другим замечательным сооружением Геродот считает дамбу, которая защищала вход в гавань на Самосе. О мастерстве древних строителей свидетельствует описанный тем же Геродотом водопровод, проходивший по туннелю километровой длины и созданный по проекту Эвпалина.

Долгое время историки относились к этому сообщению Геродота с недоверием — ведь и в наше время постройка такого туннеля не очень простая задача. Но в конце прошлого века, когда на туннель наткнулась немецкая археологическая экспедиция, все сомнения отпали. Самым интересным было то, что в целях ускорения туннель строили сразу с обеих склонов горы. Герон описал то сложное математическое построение, которое нужно было произвести, чтобы рабочие, прорывавшие туннель, встретились в определенной точке на середине горы.

А вот в области техники, облегчающей труд человека и делающей его более производительным, достижения древних были практически нулевыми. Ручная зерновая мельница, несложные подъемные машины — вот и весь небогатый арсенал орудий. Почему же столь невелики в этой области достижения эпохи, давшей миру гениальных ученых и зодчих, поэтов и скульпторов?

Видимо, дело в том, что тогда не существовало причин, которые заставляли бы придумывать специальные машины для замены ручного труда. Ведь весь физический труд выполнялся руками рабов. Рабы использовались повсюду. Они пекли хлеб, ткали, пряли, вышивали. Их использовали в ремесленных мастерских, на строительстве, в рудниках и каменоломнях. Рабы служили писцами, секретарями, вели храмовые и государственные архивы, иногда даже управляли большими имениями. В эпоху «живой энергетики» рабы, по выражению

Энгельса, перестают быть простыми помощниками, их целыми толпами гонят или в поле, или в мастерскую.

Вот как, например, описывает Гомер изнурительную работу на ручной зерновой мельнице, возлагавшуюся исключительно на рабынь:

...На мельнице этой двенадцать
Было рабынь, и вседневно от раннего утра до поздней
Ночи ячмень и пшено там они для домашних мололи.

В другом месте «Одиссеи» описывается поразивший воображение богоравного Одиссея роскошный дворец царя Алкиноя, где

Жило в просторном дворце пятьдесят рукодельных невольниц:
Рожь золотую мололи они жерновами ручными,
Нити сучили другие и ткали, сидя за станками...

Свободное ремесло видоизменялось за счет использования рабского труда. В древности ремесла вообще не принадлежали к числу уважаемых профессий. Даже такие гениальные мастера, как Фидий, Поликлет, Пракситель, чьи имена ныне известны каждому просвещенному человеку как имена величайших скульпторов, считались лишь ремесленниками, их общественное положение мало отличалось от положения гончара или ювелира.

Блестящие достижения эллинских ученых не находят никакого выхода в практику, потому что рабский труд не нуждался в облегчении. Великолепные изобретения в области механики и инженерного искусства не связаны с наукой, стоят особняком, они не имеют общественного признания. И техника, запертая в узком кругу любителей, сводится к конструированию игрушек, что заметно и у Ктесибия, и у Филона, и у Герона,— все они изобретали в основном технические фокусы.

С другой стороны, и крупное рабовладельческое предприятие не могло вносить какие-нибудь усовершенствования в технику, потому что раб, «говорящее орудие», как называл его Аристотель, никак не мог быть заинтересован в развитии техники. Еще Гомер писал:

Раб не радив: не принудь господин повелением строгим
К делу его, за работу сам не возьмется охотой:
Тягостный жребий печального рабства избрав человеку,
Лучшую доблестей в нем половину Зевес истребляет.

Но раб требует и заботы: ему нужно питание, одежда, жилье. Все время изыскивались пути, чтобы получить от

раба как можно больше работы, не увеличивая при этом расходов. И надо сказать, древние «экономисты» немало преуспели в этом. До нас дошло античное руководство по ведению сельского хозяйства, написанное знаменитым деятелем того времени Катон Цензором. В этом руководстве большое место занимают рассуждения о рациональном использовании рабов. По мнению автора, они никогда не должны отдыхать. В дождливую погоду, когда работа в поле невозможна, Катон предлагал заставлять рабов очищать семена, мыть бочки, возить навоз на поля. Даже в дни сельских праздников, когда работа в поле запрещалась, Катон советовал использовать рабов для строительства дорог.

Понятно, что производительность рабского труда была очень низкой. Рабы портили орудия, дурно обращались с принадлежавшими ненавистному хозяину животными. Многие понимали уже тогда, что именно в этом — первая причина низкого уровня производства. По поводу кризиса римского сельского хозяйства в I веке нашей эры писатель Колумелла заметил: «Я часто слышу, как выдающиеся люди нашего государства жалуются то на неплодородие полей, то на состояние атмосферы, уже с давних пор вредно отзывающиеся на произрастании плодов; в ответ на эти жалобы некоторые приводят как бы рациональное основание, утверждая, что почва, утомленная и обессиленная плодородием предшествующего периода, не в состоянии с былой щедростью доставлять пропитание смертным. Я думаю, однако, Публий Сильвий, что эти причины весьма далеки от истины. Невозможно допустить, чтобы природа почвы, которую первый создатель мира наделил вечной производительной силой, была поражена бесплодием, как некою болезнью... Я думаю, что указанные явления вызваны вовсе не недостатками климата, но скорее нашими собственными недостатками; в самом деле, обработку земли мы предоставили рабам, словно отдав ее в наказание палачу, тогда как лучшие из наших предков занимались ею сами с величайшим старанием...»

Но, даже понимая пороки рабства, обойтись без рабов древние не могли — никакой другой «энергетической базы» у них не существовало.

Своего рода энциклопедию античной техники представляет сочинение римского инженера времен Юлия Цезаря (I век до н. э.) Марка Витрувия Поллиона

«Архитектура». В десяти томах этой книги описаны практически все применявшиеся в то время механизмы (само название книги лишний раз говорит о том, что именно строительство было основным в античной «промышленности»). Однако речь идет в основном об устройствах, приводившихся в действие с помощью силы людей или животных. Правда, здесь же мы находим и первые упоминания об использовании других источников энергии, например текущей воды. Но напрасно пытались бы мы найти в ней описание каких-нибудь механизмов для производства энергии. Из книги ясно, что, хотя примитивные машины для производства изделий или для строительных работ существовали, энергетической техники в те времена практически не было.

Постепенно рабство как источник энергии изживало себя. Рабовладельческие государства постоянно сотрясались восстаниями рабов. На истощенные войнами и междоусобицами государства нападали варвары, жестоко расправлявшиеся с побежденными. Рабов и негде стало брать, и трудно удерживать в повиновении. Эпоха «живой энергетике», просуществовавшая тысячелетия, подходила к концу. Человечество должно было искать новые источники энергии.

Естественно, люди обратили свои поиски в первую очередь к тем источникам, которые всегда были перед глазами — к текущей воде и к ветру. Ведь уже давно существовали и паруса, и колеса.

Глава 2 **ПАРУСА И КОЛЕСА**

Под парусами — через века и тысячелетия

Неторопливо, на зависть горожанину XX века, текла жизнь древних. Медленно совершенствовалась и техника. Египетские пирамиды, рассыпавшиеся от старости уже во времена античности, и римские акведуки строились практически одними и теми же способами, строители использовали одни и те же приспособления, может быть слегка усовершенствованные за две тысячи лет. Да и источники энергии были теми же самыми — «живая энергетика» существовала тысячелетия.

...Древние греки относили изобретение паруса к тем же далеким временам, когда был освоен огонь и приручены дикие животные. В длинном ряду благодеяний, которыми Прометей осчастливил род человеческий, Эсхил упоминает и парус: «...льняными крыльями суда снабдил и смело по морям погнал».

Доподлинно известно и доказано старыми документами, что уже четыре тысячи лет назад отважные финикийцы, жившие на восточном берегу Средиземного моря, всюду пользовались парусом. Конечно, это было весьма примитивное и несовершенное устройство — попросту треугольный кусок тяжелой ткани, помогавший плаванию при попутном ветре. Но с его помощью финикийцы доплывали до устья Нила, где организовали бойкую торговлю с египтянами, а две с половиной тысячи лет назад даже совершили первое описанное в истории плавание вокруг Африки.

Для героев Гомера парус уже совершенно привычен, многие пользуются им (но не без помощи богов, конечно), как только возникает такая необходимость:

Тою порою Калипсо, богиня богинь, парусины
Крепкой ему принесла. И, устроивши парус (к нему же
Все, чтоб его развивать и свивать, прикрепивши веревки),
Он рычагами могучими сдвинул свой плот...

Сначала парусом оснащались только торговые суда — невыгодно было судовладельцам возить много бесполезного груза (самих гребцов да еще и запасы пищи и воды для них!). Только входя в гавань или покидая ее, экипажу торгового судна приходилось браться за весла, несовершенные паруса не могли обеспечить достаточной маневренности. По этой же причине на военных судах парус появился значительно позже, чем на торговых, — во время сражения маневренность еще более необходима. Долго военные моряки использовали парус только во время далеких плаваний: если предстоял бой — паруса сворачивали и оставляли на берегу.

...Неведомые земли, таившие несметные богатства, издавна манили людей, и путь к ним открывал старый, испытанный помощник — парус. Конечно, парусные суда тех времен, когда невиданными темпами стали осваиваться новые земли и новые континенты, совсем непохожи на суда гомеровских героев. В открытое море стали выходить многомачтовые, снабженные богатым парусным вооружением красавицы каравеллы, которые могли

легко маневрировать, используя для движения самый легкий ветер. Океан открылся перед людьми, овладевшими энергией ветра, и великие достижения не заставили себя ждать.

В 1492 году сын генуэзского ткача, поступивший на службу к испанскому королю, Кристобаль Колон, или Христофор Колумб, достиг берегов Кубы. В 1497 году другой генуэзец, Джон Кабот, открыл Северную Америку, а немного позднее Васко да Гама достиг берегов Южной Америки. Началось освоение новых земель, новых рынков. Энергия ветра способствовала развитию цивилизации.

Даже в эпоху пароходов люди не забывали о своем верном друге. Легендой стали быстроходные парусные суда — чайные клиперы, перевозившие чай из Индии в Европу. Самый знаменитый из этих кораблей — «Катти Сарк», названный по имени красавицы ведьмы из стихотворения Роберта Бернса, — восстановлен и находится на вечной стоянке в английском порту Фалмут. Именно на одном из чайных клиперов был установлен рекорд скорости под парусами. Клипер «Попутный ветер» развил скорость 39 километров в час — вполне современный показатель!

Парусные суда продолжали строиться вплоть до XX века. В 1911 году на воду был спущен самый большой парусник в истории судоходства. Огромный корабль водоизмещением более десяти тысяч тонн назывался «Франция-2».

Поразительно, но уже в наши дни строят парусные суда, и не только спортивные или учебные, но и транспортные! В начале 80-х годов со стапелей одной из верфей в Японии сошел на воду танкер, оснащенный парусами. Конечно, паруса на нем не традиционные полотняные, а стальные, особой конструкции. И поднимают их не бравые матросы под аккомпанемент команд боцмана, а электромоторы, управляемые электронной машиной, учитывающей силу и направление ветра, выдерживающей курс, осуществляющей связь с маяками и спутниками. На этом корабле экономится не только топливо, но и людской труд — при водоизмещении около 20 000 тонн корабль обслуживают всего несколько техников. Проектируются парусные суда и в США, и во Франции. Верный спутник человека на протяжении тысячелетий — парус — не собирается подавать в отставку,

Энергетика мельничного колеса

Но не только силу ветра использовали наши далекие предки — очень давно были известны и водяные колеса. Уже в древнейших земледельческих государствах, для которых одной из насущнейших задач был подъем воды на поля для орошения, на смену примитивному и малопродуктивному египетскому вороту — шадуфу — пришли простейшие, так называемые плавучие, водяные колеса. Еще за три тысячелетия до нашей эры на Ниле, Евфрате, Янцзы медленно вращались десятки водяных колес, с помощью которых рабы поднимали на поля воду.

В уже упоминавшемся многотомном труде Витрувия описано такое колесо: «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 кверху и на обратном пути выливают свое содержимое в водохранилище».

Эллины первыми догадались, что если течение реки достаточно сильное, то оно само может вращать колесо, и усилия раба или животного можно заменить силой самой текущей воды. Для этого нужно прикрепить к колесу лопасти, которые будут увлекаться водой и вращать его.

Все в той же технической энциклопедии древних — у Витрувия — описано и такое колесо: «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».

Более того, древние греки догадались, что вращающееся водяное колесо может не только поднимать воду, но и совершать иную полезную работу, если его ось соединить с каким-нибудь механизмом. От этой догадки оставался лишь один шаг до изобретения водяной мельницы. Этот шаг был сделан. Уже у древнегреческого

историка Страбона есть замечание о том, что он возле дворца царя Митридата в Кабирах видел водяную мельницу.

Это достаточно простое устройство представлялось очевидцам настоящим чудом, сродни «самостоятельно» открывавшимся дверям храмов и «беспричинному» появлению огня на жертвенном очаге. Но там эти действия, казалось, производили сами боги, а здесь, на водяной мельнице, самая простая и привычная земная работа — размол зерна — осуществлялась как бы сама собой, без монотонного и тяжелого труда рабынь, растирающих зерно между камнями. Один из многочисленных тогда поэтов, македонянин Антипатр Фессалоникский, посвятил водяной мельнице дошедшую до наших времен оду:

Дайте рукам отдохнуть, мукомолки; спокойно дремлите,
Хоть бы про близкий рассвет громко петух голосил:
Нимфам пучины речной ваш труд поручила Деметра;
Как зарезвились они, обод крутя колеса!
Видите? Ось завертелась, а оси крученые спицы
С рокотом движут глухим тяжесть двух пар жерновов.
Снова нам век наступил золотой: без труда и усилий
Начали снова вкушать дар мы Деметры святой.

Нужно сказать, что применение водяных мельниц в Элладе было довольно ограниченным — технические потребности того времени вполне обеспечивались энергетически мускульной силой рабов и домашних животных.

Древние римляне, наследовавшие достижения эллинов, создали первую цивилизацию, в которой техника действительно занимала достойное место. Уже во II веке водяные мельницы были распространены почти повсеместно, все больше и больше работ выполнялось с их помощью. Водяные колеса у римлян использовались и для выжимания масел, и для размягчения яблок, из которых приготавливался любимый римлянами напиток — сидр, с их помощью заполнялся водой знаменитый римский водопровод. А когда во время осады Рима остготами водопровод был разрушен и Вечный город остался без воды, император Велизарий устроил прямо на Тибре огромные плавучие водяные колеса, служившие для подачи воды в город.

Яркий и недолгий расцвет Римской империи сменился тем периодом истории человечества, который иногда не вполне справедливо называют «тьмой средневековья». Приток рабов прекратился, стал высоко цениться физи-

ческий труд, приходилось искать и находить новые методы ведения хозяйства в условиях, когда потребности в более производительных орудиях возросли, а основная энергетическая основа техники — мускульная сила — потеряла свою прежнюю роль.

Новый — феодальный — строй вызвал к жизни и новую технику. Водяные мельницы и колеса довольно быстро распространились по Европе.

Первое упоминание о водяной мельнице в Центральной Европе относится к 340 году — тогда одна из них была запущена на Мозеле. В VI веке водяная мельница появляется во Франции — она заработала в Дижоне. В Англии водяная мельница появилась примерно в VIII веке, а уже в 1086 году в Тренте и Северне были зарегистрированы 5624 мельницы!

Чуть позже водяной мельницы возникла ветряная. Первое упоминание о ветряной мельнице встречается в 644 году, когда в обвинительном акте против некоего Абу Лулуа, убившего Халифа Умара ибн ал-Каттаба, он назван «строителем ветряных мельниц». Немногим более чем через 200 лет ветряные мельницы появляются в городке Систеке на границе между Ираном и Афганистаном.

Первое упоминание о ветряной мельнице в Европе относится к 1105 году — в архивах сохранилось разрешение, выданное некоему монастырю на постройку мельницы. Французские хроники 1180 года и английские 1190 года уже прямо говорят о работающих ветряных мельницах. Но еще совсем не о тех мельницах, с которыми впоследствии сражался хитроумный идальго Дон Кихот Ламанчский! Это были неуклюжие сооружения с вращающимися в горизонтальной плоскости лопастями, укрепленными на деревянном корпусе. Чтобы лопасти всегда были подставлены ветру, постоянно меняющему свое направление, вся эта конструкция вручную поворачивалась с помощью примитивного рычага. В рукописи 1270 года, именуемой «Водно-мельничный Псалтырь», имеется изображение одной из первых ветряных мельниц.

Уже потом ветряная мельница трудами многих поколений была усовершенствована, приобрела более знакомый нам облик. Она оказалась существенно проще водяной, значительно дешевле. Основной ее недостаток заключался, конечно, в непостоянстве энергоносителя —

ветра. Поэтому лишь в тех районах, где не было достаточно быстрых потоков,— на равнинах Германии, Италии, России, Испании и, конечно, Голландии, классической стране ветряных мельниц,— мерно вращали свои лопасти деревянные великаны.

Тем временем совершенствовались и водяные колеса. Были придуманы довольно сложные устройства и передаточные механизмы, которые позволяли использовать силу воды не только для помола зерна, но и для производства самых различных работ. Водяные колеса вращают станки, приводят в движение кузнечные меха, помогают металлургам поднимать руду из шахт — словом, всюду, где руки человека не могут справиться с тяжелой работой, на помощь им приходит сила воды.

Вот не лишенная интереса выдержка из рукописи XIII века, где описывается использование энергии небольшой европейской реки: «Сначала река наталкивается на мельницу... потом ее зовут к себе сукновальни, находящиеся по соседству с мельницей... Опуская и поднимая тяжелые песты или — лучше сказать — молоты или деревянные ступы... река освобождает сукновалов от утомительной работы... Быстрое течение реки приводит в движение большое количество водяных колес. Затем покрытая пеной река медленно движется далее... Здесь ее принимает общежитие братии, и она принимает деятельное участие в выработке того, что необходимо для обуви братии... Затем, мало-помалу распадаясь на множество рукавов, река суетливо кружится, заглядывает в отдельные мастерские, тщательно отыскивая, где имеется надобность в ее службе: при варке, просеивании, вращении, растирании, орошении и мытье».

Для приведения в движение водяных колес, ставших такими необходимыми для всяческих ремесел, использовалась даже сила прилива! Приливные мельницы, предвосхитившие современные приливные электростанции, появились сперва на побережье Адриатического моря уже в 1044 году, а чуть позже — в Англии и Франции. (К более поздним временам относится сохранившаяся жалованная грамота Ивана Грозного, в которой упоминается о приливных мельницах, построенных Никитой Павловым на берегу Белого моря в Усть-Золотице, а также в других местах.)

Именно в средние века основными энергетическими источниками становятся силы воды и ветра, более про-

дуктивно используется сила животных. Известен проект удивительного военного судна, которое называлось «Либурна». Оно было оснащено парусами, но на случай безветрия имелся дополнительный двигатель — три гребных колеса, каждое из которых вращалось парой быков. Привычными стали машины, с помощью которых точили металлы и дерево, ткали полотно, пилили доски и волочили проволоку. Все это ставило задачи перед наукой, и именно в «тьме средневековья» видим мы первые ростки науки Нового времени.

Склонный к ереси францисканский монах Роджер Бэкон, более 20 лет проведенный в тюрьмах, писал в XIII веке: «Расскажу о дивных делах природы, в которых нет ничего волшебного. Мы увидим, что все могущество магии ниже этих дел и недостойно их. Можно сделать устройства, плывущие без гребцов, суда речные и морские, плывущие при управлении одним человеком скорее, чем если бы наполнены были людьми. Также могут быть сделаны колесницы без коней, движущиеся с необычайной скоростью... Можно сделать летательные аппараты: человек, сидящий в середине аппарата, с помощью некоторой машины двигает крыльями наподобие птичьих... Можно построить небольшую машину, поднимающую и опускающую чрезвычайно тяжелые грузы, машину огромной пользы... Можно построить еще и еще множество других вещей, например, навести мосты через реки без устоев или каких-либо других опор». Своего современника Пьера Перегринна Бэкон представлял как «человека, сведущего в литье металлов, в работе с золотом, серебром и другими металлами и всеми минералами». Пьер Перегрин писал: «Для изучения неизведанного нам крайне необходимо ручное производство, без которого невозможно завершить что-либо нужным образом. Вместе с тем есть множество вещей, поддающихся логике, которые невозможно до конца исследовать, используя лишь свои руки».

Бурно развивались ремесла. Крестonosцы, искавшие легендарный «гроб господень», нашли нечто действительно очень ценное. Они принесли с собой с развитого Востока много технических достижений — краски и технологию их изготовления, бумагу, порох и многое другое. В эти годы создавались города, возникала торговля между весьма отдаленными районами. Именно тогда был проложен великий путь «из варяг в греки», именно тогда

задуманы были великие путешествия, которые потом открыли человеку Землю.

Очень высоко ценились ремесла. Искусные мастера выделялись из сельских общин, переезжали в города, заселяли улицы и районы, образовывали цехи, в которые объединялись ремесленники одной и той же профессии. Каждый поступающий в цех мастер подвергался очень строгому экзамену, он должен был в совершенстве владеть своим ремеслом и уметь изготавливать предмет высокого качества.

В мастерских находят широкое применение самые разные механизмы — мощные токарные и ткацкие станки, сверлильные приспособления. Там, где это было возможно, использовалась и мускульная сила человека — многие станки имели ручной или ножной привод, но ясно было, что энергетическая база производства изменилась. Начиналось широкое использование водяных колес не только в мельницах, но и для приведения в движение самых разнообразных станков и механизмов.

Уже в конце XII века в Нюрнберге были широко распространены шерстобойни, в которых металлические пальцы для трепания шерсти приводились в движение водяным колесом. К 1351 году относится изобретение первого вододействующего стана для изготовления железной проволоки. В рукописи Виллара де Оннекура 1245 года описана первая лесопилка, приводимая в движение водяным колесом.

Колеса становятся все больше и больше

Ветряные мельницы также недолго оставались просто приспособлениями для перемалывания зерна. В 1582 году появляется первая маслобойка, в 1586 — бумагоделательная, а в 1592 году — лесопильная мельница, приводимая в движение ветром. Но лишь в Голландии, где преобладают реки с медленным течением, ветряные мельницы стали основой энергетической базы. Можно сказать, что Голландия своим существованием обязана ветряным мельницам: ведь большая часть территории Нидерландов («Низменной страны» в буквальном переводе) лежит ниже уровня моря. Именно ветряные двигатели дали возможность провести грандиозные работы по осушению болот и откачке воды. Сила ветра была

противопоставлена силе другой стихии — морской, постоянно угрожавшей затопить землю маленькой страны.

Наиболее удачную конструкцию ветряной мельницы еще в XVII веке предложил голландец Ян Андриаансзон, который использовал силу ветра для осушения залитых водой земель. С помощью этой ветряной мельницы (впоследствии во всем мире ее стали называть «голландской») он осушил 27 озер, заслужив у соотечественников почетное прозвание «Леегватер» — «опустошитель вод».

Великие географические открытия, успешно развивающаяся торговля потребовали увеличения производства товаров, невозможного без развития техники. А это вело к разделению труда, к появлению мануфактур, новых машин и двигателей. Накопление новых практических знаний в XVI—XVII веках привело к неслыханным взлетам человеческой мысли. В это время созданы основы современной науки.

Может быть, никто так ярко не воплотил в себе дух Возрождения, как великий художник и гениальный инженер Леонардо да Винчи.

«Мудрость — дочь опыта, — утверждал Леонардо, пристально изучая, внимательно исследуя окружающий мир, — опыт никогда не ошибается, ошибаются только суждения ваши, которые ждут от него вещей, не находящихся в его власти».

Он живо интересуется производством различных изделий, и в его записных книжках появляются эскизы и схемы изобретений, которые должны помочь зарождающейся промышленности: цепные силовые передачи, станок для насечки напильников, многочисленные ткацкие машины. Не обошел он своим вниманием и машины энергетические. В его записях находим мы эскизы тепловых двигателей, он предлагает новый тип мельничного колеса — с вертикальным валом и закругленными ложкообразными лопастями, его перу принадлежит чертеж так называемой голландской ветряной мельницы.

Возрождение вызвало к жизни неведомые ранее организации — научные академии. Начало этому движению было положено в Италии. В Неаполе еще в 1560 году была организована Академия тайн природы. В Риме действовала Академия Линчеи — Академия Рысьеглазых, членом которой был великий Галилей, во Флоренции семейство Медичи создало собственную Академию Чимен-

то — Академию опыта. В 1662 году было образовано Лондонское Королевское общество, которое, правда, давно уже существовало как некий «невидимый колледж». Еще в начале века в Лондоне возник кружок ученых, регулярно собиравшихся для обсуждения научных проблем. «Мы, — рассказывал один из членов этого кружка, — оставили в стороне вопросы богословские и политические и занимались рассмотрением и обсуждением исследований по естествознанию и смежным с ним наукам, как-то: физике, анатомии, геометрии, астрономии, мореплаванию, статике, магнетике, химии, механике и естественно-историческим опытам, знакомясь с состоянием этих наук дома и за границей». С 1666 года приобрела официальный статус Парижская Академия. По указу Петра I в России в 1724 году основывается Петербургская Академия наук.

Огромны были успехи, достигнутые объединенными усилиями ученых в познании мира, в создании основ всех современных знаний. Именно в те годы были заложены основы современной математики, физики, химии. И все же основные достижения техники того времени обязаны своим происхождением не столько ученым и науке, сколько кропотливому труду искусных изобретателей — самоучек.

Особенно велики были достижения в технике горного дела, в добыче разнообразных руд и полезных ископаемых. Но это были одновременно и самые энергоемкие, если использовать современную терминологию, производства. Нужно было поднять добытую руду или уголь из шахты, все время откачивать заливавшие разработку грунтовые воды, постоянно подавать в шахту воздух, и еще много самых разнообразных и очень трудоемких работ требовалось для того, чтобы не остановилась добыча. И прежде всего был необходим источник энергии. Водяное колесо для этого было незаменимо.

Ванноччо Бирингуччо, который руководил металлургическим заводом в Сиене, в своей книге «Пиротехника», вышедшей в XVI веке, описывает довольно большое водяное колесо: «Некоторые пользуются колесом с ковшами 6, 7, 8 локтей в диаметре, в зависимости от местонахождения и количества воды».

Но не только размеры колес увеличиваются, сами колеса принципиально изменяются. Это уже не просто плавающие колеса, использующие течение реки. Строятся спе-

циальные плотины, увеличивающие напор воды; вода с помощью каналов подается на колесо таким образом, чтобы полнее использовать ее энергию. Например, в широко известном мельничном колесе, поставленном в Тулузе во второй половине XVI века, лопасти были размещены винтообразно, так что поток «действовал и весом, и ударом» (то есть чтобы использовалась и кинетическая, и потенциальная энергия движущейся воды).

Именно в эти годы началась публикация трудов по технике, в которых описывались водяные колеса, воздуходувки, самые разнообразные мельницы. В 1556 году появилась книга Агриколы «О горном деле и металлургии». Этот труд посвящен описанию разнообразных колес различного назначения, приводимых в движение водой или лошадьми. Самое большое колесо, известное Агриколе, имело диаметр свыше 10 метров, причем оно могло вращаться в разные стороны в зависимости от того, в какой ряд лопастей направлялась вода.

В 1550 году в Аугсбурге существовала очень сложная система городского водоснабжения — водяные колеса подавали воду при помощи архимедовых винтов на городскую водокачку, откуда она по разветвленной системе трубопроводов попадала в дома. Водоснабжение Лондона осуществлялось приливной мельницей, сооруженной в 1582 году немецким инженером Питером Морисом. А когда Людовик XIV решил украсить сады Версаля роскошными фонтанами, на Сене, в Марли пришлось построить грандиозную установку, состоявшую из 14 водяных колес по 8 метров в диаметре каждое, с общей шириной в 34 метра, которые приводили в действие 235 насосов при помощи громадных балансиров, рычагов и зубчатых колес.

На Руси реки Москва и Яуза вертели колеса многочисленных водяных мельниц, приводивших в действие не только мукомольни, но и сафьянный и пушечный заводы, металлические и металлургические предприятия.

Еще в грамоте подольского князя Александра Карпатовича, в 1375 году, а затем в 1389 году, в завещании князя Дмитрия Донского, упоминаются водяные мельницы на реках Яузе и Ходынке. Видимо, мельницы весьма ценились, поскольку никогда не забывались в завещаниях: так, в завещании князя Владимира Андреевича, написанном в 1440 году, говорится о водяных мельницах на реках Яузе и Неглинной. Как свидетельствуют летописи,

на Неглинной реке в 1519 году работали три мельницы и одна толчея. Там же, на Неглинной, была насыпана и каменная плотина. Летопись сообщает: «Князь Великий Василий Иванович пруды копал и мельницу каменную доспел на Неглинке...»

В 1632 году вблизи Тулы под руководством голландского мастера Виниуса был построен первый в России «чугуноплавильный и железоделательный» завод, машины которого приводились в действие от водяного колеса.

Накануне энергетической революции

Появляются книги, специально посвященные водяным колесам. В 1737 году опубликована книга французского инженера и ученого Белидора «Гидравлическая архитектура», в которой рассматриваются уже не только примеры применения водяных колес, но и элементы их теории, методы конструирования и расчета.

Английский инженер Смитон проводит опыты с моделями водяных колес и предлагает много новых решений.

В первой половине XVIII века строятся уже огромные водяные колеса. В Шотландии, в Гриноке, на большой бумагопрядильне у устья реки Клайд работало железное водяное колесо диаметром более 21 м и шириной около 4 м. На острове Мэн в Англии было построено колесо еще большего диаметра.

На Алтае Козьма Дмитриевич Фролов соорудил уникальную двигательную установку для привода подъемных и транспортных устройств двух рудников. В нее входило несколько колес, самое большое из которых имело диаметр 17 м. Необходимый для приведения в действие этой машины напор воды создавался специально построенной плотиной длиной 128 м и высотой более 15 м. Но самым мощным по тем временам было колесо Кренгольмской мануфактуры в Нарве: диаметр его был около 10 м, а ширина — около восьми.

Словом, к середине XVIII века водяные колеса распространились повсюду. Наверное, не было в Европе ни одной мало-мальски пригодной для установки колеса реки, где оно бы не появилось. Это уже огромные, величественные сооружения, вокруг которых строятся фабрики и возникают города с организованным водоснабжением; энергия текущей воды позволяет людям почувствовать себя сильнее и увереннее.

Машины заменили руки многих рабочих, теперь они могли сами производить продукт, причем в десятки раз быстрее и качественнее, чем самые умелые мастеровые. Это было настоящей революцией в технике, начавшейся с текстильного производства, самого древнего и самого распространенного.

Попытки поручить машине однообразные процессы прядения и ткачества предпринимались давно. По свидетельству некоего венецианского писателя, еще в 1579 году в Данциге был изобретен лентоткацкий станок; но муниципальный совет, опасаясь появления среди ткачей безработицы, скрыл это изобретение, а изобретателя тайно задушили.

В Англии деревенский плотник Джон Уайетт также предложил конструкцию прядильной машины. Его сын пишет: «Около 1730 года у нашего отца, жившего тогда в деревне близ Личфильда, явилась первая идея этого изобретения, и он занялся осуществлением ее».

И вот в 1733 году в небольшом здании близ Сеттон-Колфильда без помощи пальцев была выпрядена первая хлопчатобумажная нить, причем сам изобретатель, выражаясь его собственными словами, стоял рядом, в ожидании, «волнуемый одновременно чувством радости и тревоги». Приводил эту машину в движение осел, так что за рабочим оставался только надзор за правильной работой станка.

Однако и это изобретение вскоре было забыто — видимо, его время также еще не пришло.

Малопроизводительные ткацкие станки вполне обходились тем количеством пряжи, которое получалось при медленном и монотонном ручном прядении.

Но в 1733 году английский механик и ткач Джон Кей внес коренное усовершенствование в ткацкий станок — он создал конструкцию, в которой ткач не должен был вручную продевать челнок между нитями основы, эта операция производилась механически и гораздо быстрее. Станки Кей широко распространились, и пряжи для ткачества стало не хватать — обнаружилась необходимость в гораздо более производительных прядильных станках.

В 1767 году плотник и ткач из Ланкашира Джеймс Харгривс построил прядильную машину, которую в честь своей дочери назвал «Дженни». Станок вызвал к себе уже довольно большой интерес. Прялка приводилась в движение вручную, но некоторые стали устанавливать

прялки в большом здании и приводить их в движение при помощи водяного колеса. Так начали зарождаться текстильные фабрики, первые по-настоящему промышленные предприятия.

Развитие прядильных станков связано и с именем Ричарда Аркрайта, цирюльника из города Кретона, в Северном Ланкашире. Это о нем Маркс писал, как о величайшем воре чужих изобретений. Действительно, в 1769 году он получил патент на так называемую «ватермашину», практически повторяющую станок Уайетта, но приводимую в движение силой воды. Аркрайт был на редкость предприимчив. Он сумел широко внедрить свою машину, создав сеть прядильных и ткацких фабрик.

Аркрайтовская ватермашина в процессе прядения давала крепкую, но толстую нить, прялка «Дженни» — значительно более тонкую, но непрочную. Соединить достоинства этих машин и одновременно избавиться от их недостатков удалось Самюэлю Кромптону, который изобрел так называемую «мюль-машину». С ее изобретением проблема прядения была практически решена, пряжу можно было производить в необходимых количествах, с вполне достаточной производительностью.

Когда в 1797 году вблизи Петербурга открывалась первая русская текстильная фабрика — Александровская мануфактура, оборудованная ватермашинами, специальная мануфактур-коллегия под председательством князя Николая Юсупова сделала такое заключение о производительности машин: «Опыты удостоверили коллегии, что чесальная машина, приводимая в действие руками, в 19 минут вычесывает хлопчатой бумаги для ровной пряжи один фунт, действующая водою может вычесать в 24 часа до 150 фунтов пряжи, занимая только двух человек, способствующих к механизму; напротив того, когда ческа производится руками человеческими, то не более трех с четвертью фунтов в сутки одним человеком вычесывается».

Приведем еще одну любопытную выдержку из документа того времени, свидетельствующую о весьма строгом подходе к вопросам, как сейчас принято говорить, «экономического эффекта внедрения новой техники». Это отрывок из «Мнения почетного опекуна князя Вяземского о гидравлической машине, устроенной на Неве господином Пуадебаром в 1801 году»: «Таким образом, мануфактура, употребив на устройство сей машины

2200 рублей, доставила себе силу движения, заменяющую 7200 рублей, из чего явствует, что она не только в ожидании своем не ошиблась, но и величайшую от машины сей пользу приобрела, тем более, что не надлежит также без уважения оставить, что ровное и регулярное движение водяного колеса выдает нам ныне гораздо превосходнее, тоньше и крепче нитки...» Вполне современное обоснование крупных по тому времени затрат!

Прядильные машины очень быстро распространились повсюду, а это имело и обратную сторону: появился избыток пряжи, которую невозможно было переработать на ручных ткацких станках. Многочисленные прядильщики разорялись, не в силах выдержать конкуренции с фабриками, а ткачи, наоборот, процветали. Сохранился памфлет того времени, в котором о ткачах говорится с нескрываемой завистью: «...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».

Такое «благоденствие» ткачей, как и следовало ожидать, длилось недолго. В 1786 году сельский священник Эдмунд Картрайт изобрел механический ткацкий станок. Станки эти очень быстро распространились — таким образом, перевод текстильной промышленности на механическую основу был завершен.

Чтобы читателю не показалось, что, повествуя о делах и заботах английских ткачей XVIII века, авторы несколько отклонились от проблем и истории энергетики, сделаем оговорку. Ведь цель нашей книги как раз в том и заключается, чтобы показать, как в обществе и в технике возникли проблемы, потребовавшие новых решений в энергетике.

Действительно, в древние времена примитивное производство необходимых изделий вполне обеспечивалось собственными силами мастера, а для производства трудоемких работ достаточно было рабов и домашних животных. В средние века водяные и ветряные мельницы создали, казалось бы, энергетическое изобилие, их работа заменила силы многих людей. Но когда начался переход от ручного производства к машинному, переход неизбежный, диктуемый самой логикой технического прогресса, ростом потребностей людей, стало ясно, что без новых энергетических машин, без новых двигателей дальней-

шее развитие техники невозможно. Вот почему мы столь подробно и остановились на развитии текстильного производства — первого по-настоящему механизированного производства в истории техники.

Ясно, конечно, что не только прядение и ткачество тормозилось отсутствием двигателей. Большие затруднения возникли в металлургии и горном деле да и в других отраслях — и тоже по причине кризиса в энергетике.

Причин этого кризиса было несколько. Прежде всего для изготовления станков, сельскохозяйственных орудий, оружия и многих других необходимых предметов требовалось все больше металла. Все известные в то время неглубокие залежи различных руд были уже почти полностью выработаны. В Англии, например, в 1700 году средняя глубина шахты составляла 120 метров, а уже через 50 лет — почти 200 метров. Все больше сил приходилось затрачивать на откачку грунтовых вод, на вентиляцию забоев, на подъем из шахты руды.

Такое же положение сложилось и на угольных шахтах, нагрузка на которые во второй половине XVIII века тоже резко возросла.

Дело в том, что до этого времени для выплавки железа из руды использовался только древесный уголь — каменный уголь содержит в своем составе серу и другие примеси, вредно отражающиеся на качестве железа. Но к началу XVIII столетия в Англии, некогда покрытой густыми лесами, стал ощущаться недостаток древесного угля — почти все леса были уже сведены.

Лишь в 1735 году промышленнику и экспериментатору Абрагаму Дерби удалось, наконец, получить высококачественный чугун, используя предварительно обработанный каменный уголь — кокс. Теперь резко увеличилась потребность в угле, который пришлось добывать с большей глубины.

Интересно, что даже в художественной литературе того времени, весьма далекой от «производственных» проблем, нашло отражение достижение Абрагама Дерби. В популярном в свое время романе «Путешествие Хамфри Клинкера», изданном в 1768 году, английский писатель Смоллет, описывая весьма сложные и запутанные любовные интриги героев, не преминул упомянуть и о «изрядном железоделательном заводе», где «вместо дров жгут каменный уголь; здесь научились очищать его

от серы, которая могла бы сделать железо слишком хрупким».

Развивающаяся промышленность властно требовала все больше и больше энергии, которую могло предоставить в те времена только водяное колесо. (Напомним: ветряные мельницы практически везде, кроме Нидерландов, из-за многочисленных неудобств использовались лишь для помола зерна.)

Водяные же колеса уже научились строить достаточно мощные; трудами Рамелли, Белидора, Смитона, Фролова да и многих других они были усовершенствованы: коэффициент полезного действия достиг 60—70 %. Возводились фабрики с центральным двигателем, обслуживающим все разнообразные нужды производства, — они, правда, были еще большой редкостью.

В одном из своих писем Даниэль Дефо, автор бессмертного «Робинзона Крузо», упоминает о такой фабрике: «Здесь имеется одна необыкновенная достопримечательная, единственная в своем роде в Англии: я имею в виду мельницу на Дервенте, приводящую в движение три большие итальянские машины для производства органиана... Все части приводятся в движение одним колесом, причем, однако, каждая из них может быть остановлена отдельно».

Однако гидравлические двигатели возможно было устанавливать лишь на реке, притом требовалось, чтобы река была достаточно быстрой и полноводной. И если текстильную или металлообрабатывающую фабрику еще можно было построить на берегу, хотя это не всегда было удобно, то залежи руды или угольные пласты уже никак нельзя приблизить к воде. А здесь тоже была необходима энергия — для откачки заливавших шахту подземных вод и для подъема на поверхность добытых минералов. На шахтах, удаленных от рек, приходилось использовать только силу животных. Это было страшно невыгодно. В 1702 году владелец одной английской шахты для приведения в действие насосов, откачивающих воду, вынужден был держать 500 лошадей. Именно нужда в насосах и подъемниках дала первый толчок к созданию новых двигателей, которые могли бы работать независимо от того, есть рядом река или нет.

Впрочем, эксплуатация водяных колес тоже была сопряжена с немалыми трудностями из-за сезонности это-

го источника энергии, особенно в местностях с суровой и продолжительной зимой.

Тульские железоделательные заводы, принадлежавшие Марселису и Акеме, работали силою воды. Гидравлические установки приводили в действие воздуходувные доменные мехи, огромные мехи у кузнечных горнов, большие молоты, сверлильные станки, токарные устройства — словом, использовались вовсю. Чтобы обеспечить их достаточным количеством воды, были построены многочисленные плотины. Довольно быстро выяснилось, что подавать воду прямо от плотины на водяное колесо нельзя из-за неравномерности течения реки в разное время года. Тогда пришлось построить промежуточные «лари» для воды и возле плотины, и непосредственно в мастерской для питания водой рабочего аппарата. Все это, однако, мало помогало. В документах, относящихся к работе завода, отмечается, что «в вешнее и в осеннее время за большою, а в летнее и зимнее время за малою водою бывают на заводе прогульные многие дни».

Очень сложными оказались и конструкторские задачи, возникавшие при попытках регулировки водяных колес и приводимых ими в движение механизмов. Водяные колеса, как правило, тихоходны, и, чтобы заставить станок быстро вращаться, нужны были сложные и капризные механизмы, которые часто ломались, и производство останавливалось.

Словом, начинала явственно ощущаться необходимость двигателя, независимого от наличия реки, который мог бы быть установлен в любом месте, легко бы регулировался и был бы в то же время достаточно мощным. Поиски многочисленных изобретателей, стимулируемые настойчивыми требованиями производства, обратились к созданию энергетических машин нового типа.

В поисках вечного двигателя

Задумываясь над возможными источниками энергии, люди неизбежно пришли к попыткам создания машин, которые могли бы работать сами по себе, — вечных двигателей. Действительно, в мире существует множество предметов и явлений, в которых движение, казалось бы, происходит само по себе — чередуются отливы и приливы в морях, не устают течь реки и дуть ветра. С неопостижимым постоянством восходит и садится солнце.

Попытки создать двигатель, который не требовал бы для работы никаких затрат, психологически были вполне оправданными, во всяком случае, не в меньшей степени, чем многовековые поиски алхимиками философского камня. И так же, как и алхимики, изобретатели вечных двигателей внесли огромный вклад в развитие науки, для которой отрицательные результаты — выводы о невозможности чего-либо — не менее важны, чем результаты позитивные.

Первое упоминание о вечном двигателе мы встречаем в древней санскритской рукописи «Сиддханта-сиромани», написанной около 1150 года великим индийским математиком Бхаскаром. В этом трактате рассказано о колесе, имеющем специальные полости, заполненные ртутью. Утверждалось, что если закрепить такое колесо на оси и придать ему начальное вращение, то в дальнейшем оно будет вращаться вечно. Примерно такое же колесо упоминается и в астрономическом кодексе короля Кастилии Альфонса Великого, относящемся к 1272 году. Три варианта вечного двигателя имеются в арабской рукописи 1200 года, принадлежащей перу Фахр ад дин Ридвана бен Мухаммеда.

Изобретатели вечных двигателей ревностно берегли свои секреты. Следующее описание вечного двигателя появилось лишь много лет спустя. В книге с необычным названием «Пещера медицинской магии», опубликованной в начале XVI века, итальянский врач, философ и алхимик Марко Антонио Зимара описывает «вечную ветряную мельницу». Он предложил поставить напротив лопастей мельницы кузнечные мехи, приводимые в действие самой мельницей. Зимара, видимо, был уверен, что воздух, выходящий из мехов, будет в состоянии вращать то же самое мельничное колесо, которое приводит мехи в движение.

Этот, так сказать, «пневматический» вечный двигатель уникален по своей конструкции, хотя аналогичные двигатели, основанные на использовании энергии воды, предлагались многократно. В их основе был спиральный водяной подъемник — архимедов винт. Получение с его помощью вечного движения казалось чрезвычайно простым: архимедов винт поднимает воду из резервуара, вода вращает водяное колесо, которое в свою очередь приводит в движение архимедов винт — и так до бесконечности.

Английский врач, алхимик и философ Роберт Флудд в сочинении, опубликованном в 1618 году, приводит рисунок и описание такой мельницы замкнутого цикла. В Германии Георг Андреас Беклер в 1685 году опубликовал книгу «Театр новых машин», в которой тщательно и любовно изобразил и описал множество самодвижущихся мельниц на основе винта Архимеда, причем он был совершенно уверен, что эта идея принадлежит именно ему. Но еще за сорок лет до этого преподобный Джон Уилкинс, епископ Честерский, не только подробно проанализировал работу такой мельницы и доказал, что работать она не будет, но и подтвердил свои соображения опытом, построив модель такого механизма.

Не менее популярной среди изобретателей вечных двигателей была идея колеса, самостоятельно вращающегося с помощью неуравновешенных грузов. Впервые проект такого самовращающегося колеса приведен в набросках Виллара де Оннекура, парижского архитектора. Он пишет: «Много раз искусные умельцы безуспешно пытались изобрести колесо, которое вращалось бы само по себе. Здесь описан способ создать таксе колесо с помощью нечетного числа деревянных молоточков или посредством ртути».

Различные модификации самовращающегося колеса изображены в трактатах и заметках Леонардо да Винчи, хранящихся в Британском музее. Есть подобные наброски и в «Атлантическом кодексе». Это неоспоримо свидетельствует о том, что Леонардо был хорошо знаком с попытками построить вечный двигатель, хотя сам был уверен в невозможности его создания: «О, искатели вечного движения! Сколько пустых проектов создали вы в подобных поисках! Прочь идите с искателями золота».

Передовые мыслители Возрождения были убеждены в бесплодности попыток построить вечный двигатель и имели этому свое объяснение.

Механик и математик Джироламо Кардано в 1551 году писал: «Для того, чтобы имело место вечное движение, нужно, чтобы передвигавшиеся тяжелые тела, достигнув конца своего пути, могли вернуться в свое начальное положение, а это невозможно без наличия перекоса, как невозможно, чтобы в часах опустившаяся гиря поднималась сама». Великий математик Симон Стевин, выводя свой закон равновесия тел на наклонной плоскости, исходил из постулата о невозможности вечно-

го движения. Отрицали возможность вечного движения Галилей, Гюйгенс и другие ученые.

Это, впрочем, не мешало изобретателям вечных двигателей множить свои неосуществимые проекты. Часть из них искренне считали, что им удалось бы создать вечный двигатель, если бы не мешали нехватка средств или времени. Были среди них и откровенные шарлатаны, весьма хитроумные и изобретательные механики, которые спекулировали на интересе к проблеме: зная наперед, что вечное движение невозможно, они придумывали очень сложные машины с тщательно спрятанными истинными «двигателями», которыми зачастую оказывались родственники или слуги обманщиков.

Обилие предложений о создании вечных двигателей, которые не работали и работать не могли, в конце концов, как известно, вынудило Парижскую Академию принять в 1775 году решение не рассматривать больше подобных проектов. Но даже и это решение не остановило желающих осчастливить человечество даровым источником энергии. Навязчивая идея не умерла и до настоящего времени. К сожалению, мы не имеем возможности более подробно остановиться на столь интересном и увлекательном предмете. Нам необходимо теперь вернуться к тем изобретениям и достижениям, которые действительно изменили облик промышленности и более того — фактически создали современное производство.

Попытка универсального решения энергетической проблемы с помощью «перпетуум мобиле» была развенчана наукой. Но сама наука не могла еще ничего предложить взамен...

Глава 3 **ЕГО ВЕЛИЧЕСТВО ПАР**

Чудеса на пару

Из трактатов, книг и статей, написанных в разное время, на различных языках и посвященных истории попыток использования силы пара для получения полезной работы, можно было бы составить огромную библиотеку. Интерес исследователей к этой проблеме понятен — ведь именно изобретение паровой машины, предоставившей человечеству необходимую ему энергию, многократно

ускорило движение по пути прогресса и привело, в конечном счете, к эпохе промышленных, научно-технических и социальных революций.

Начало этой истории уходит в глубокую древность — в античные времена. Древние греки умели использовать силу пара — именно с ее помощью осуществлялся поражающий воображение современников фокус с дверями храмов — они будто бы сами по себе открывались, когда на жертвенном очаге загорался огонь.

Мы упоминали и об изобретении Герона Александрийского — знаменитом эолипиле. Многие ученые считают этот прибор прообразом современной паровой турбины. Герон изобрел еще одну игрушку — фонтанчик, в котором вода, закипающая в закрытом сосуде, сама себя заставляла вытекать через впаянную в сосуд трубку. Широкое хождение имела легенда о том, будто бы Герон изобрел даже какое-то подобие паровой машины, которая была установлена на Фаросском маяке. Эту легенду использовал в своей пьесе «Цезарь и Клеопатра» Бернард Шоу. Когда Цезарь прибыл на Фаросский маяк, он никак не мог поверить, что всего два человека — старик и мальчишка — поднимают на верхушку маяка необходимое топливо. Приблизженный Цезаря объясняет: «У них там противовесы и какая-то машина с кипящей водой — не знаю, в чем там дело... Они поднимают бочонки с маслом и хворост для костра на вышке». Но даже авторитет выдающегося драматурга не делает легенду более достоверной — никаких более конкретных свидетельств об этой машине не имеется. Неизвестно даже, построил ли Герон изобретенный им эолипил или только выдвинул такую идею.

Леонардо да Винчи описывает изобретенную якобы Архимедом паровую пушку — архитронито. По его словам, «архитронито есть машина из тонкой меди, изобретение Архимеда, которая 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, завинчивают винт, который находится под водяным резервуаром. Когда винт ввинчен, он открывает проход вниз, и после того, как вода вытекла, она течет в нагретую часть инструмента и внезапно превращается в пар, так что, по-видимому, происходит чу-

до — такая видна сила и слышен шум. Она бросает ядра, весящие один талант, на шесть стадий расстояния».

Кстати, не так давно греческий инженер И. Сакас решил проверить истинность этого рассказа Леонардо и сделать маленькое подобие архитронито. Модель, изготовленная Сакасом, состояла из трубы длиной тридцать сантиметров, сделанной из тутового дерева, в нижней части сообщающейся с металлической колбой, нагретой до температуры 400 градусов. Снаряд представлял собой теннисный мячик, наполненный цементом, и весил триста граммов. Во время испытаний, на которых присутствовали многочисленные зрители, в момент, когда в колбу через специальный клапан попадала вода, «снаряд» вылетал из ствола на расстояние почти в сорок метров. Это, конечно, не снаряд массой около сорока килограммов, летящий на расстояние больше километра, как писал Леонардо, но принципиальная возможность создания орудия такого типа в эксперименте подтверждается. Зная изобретательность великого Архимеда, можно по-новому трактовать античные исторические источники, в которых указывается, что во время осады Сиракуз римский флот был обстрелян из неизвестных ранее орудий.

Греки эллинистического периода знали о движущей силе пара, были знакомы с применением различных металлов, употребляли рычаги, колеса, шестерни; даже цилиндр и поршень были использованы в противопожарном насосе Ктезибия! Зададимся же вопросом, который много раз ставили перед собой историки науки: почему же не была построена тогда паровая машина?

Некоторые ответы очевидны. Зачем было, например, утруждать себя размышлениями о новых двигателях, когда вокруг было сколько угодно «живых двигателей» — рабов, вполне справлявшихся с немудреной работой. Другая объективная причина, которую приводят историки, — отсутствие в одном месте железа и топлива.

Но есть и еще одно не менее существенное обстоятельство — неправильное понимание тогдашними мудрецами сущности происходящих физических процессов. Идея о существовании водяного пара даже не приходила им в голову.

Скованные учением Аристотеля о незыблемых четырех стихиях, древние считали, что вода при нагревании переходит в воздух. Герон, например, писал так: «Вода, превращенная теплом, 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». Даже назван был эолипил в честь бога ветров — Эола, и рассматривался он не как возможный двигатель, а как некий метеорологический прибор.

Витрувий именно в таком качестве и рассматривает эолипил в своем трактате. Он пишет: «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 вода нагреется, 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».

Больше пятнадцати веков после Герона никто не делал попыток использования водяного пара. Правда, в некоторых рукописях встречаются туманные места, которые при желании можно истолковать как намеки на применение пара, но никаких документов или заслуживающих доверия свидетельств на этот счет не известно.

Один из историков техники XIX века Роберт Стюарт указывает на собрание проповедей приходского священника из Иохимсталя в Богемии достопочтенного Матезия, которое было издано в 1562 году. В одной из проповедей есть такое загадочное изречение: «С помощью воды, воздуха и огня и при пособии отличных снарядов вода и руда поднимаются вверх из самой большой глубины, с небольшими издержками, и эти сокровища чрез то гораздо скорее могут быть извлечены и обработаны... Рудокопы! Славьте песнями великого человека, который теперь поднимает руду на Платтен ветром, а воду на земную поверхность огнем».

Какие механизмы поразили воображение преподобного Матезия? Одно можно сказать определенно: если бы на руднике имелась паровая машина, современники, среди которых были уже и настоящие инженеры, не прошли бы мимо такого события!

Вот еще одна загадочная история, относящаяся к самому началу работ над использованием силы пара.

17 июня 1543 года в Барселонском порту собралось много весьма знатной публики. Поводом для этого послужило изобретение морского капитана Бласко де Гарая, предложенное им королю Карлу V. Изобретение было столь необычно, что в комиссию, которая должна была его оценить, вошли самые высокопоставленные арбитры — губернатор Барселоны Энрико де Толедо, вице-канцлер Каталонии Педро де Кардоне, казначей Раваго и другие. Капитан де Гарай предложил продемонстрировать машину, «посредством которой суда могли двигаться, даже во время безветрия, без помощи весел и парусов».

Легко представить себе интерес к ней испанского правительства, то и дело снаряжавшего многочисленные экспедиции в недавно открытые заморские владения.

Изобретатель не открывал секрета своего достижения. Он сам установил машину на корабль «Санта Тринитас», сам демонстрировал ее действие. Членам комиссии было показано только, что на борту корабля установлен большой котел кипящей воды и движущиеся колеса, укрепленные по обоим бокам судна. Все присутствовавшие отмечали, что судно быстро поворачивалось, скорость его движения составляла около двух километров в час. Противник проекта казначей Раваго хотя и признал некоторые положительные качества машины, все же утверждал, что машина слишком сложна и дорога и, кроме того, может взорваться. После окончания опыта Бласко де Гарай, тщательно оберегавший тайну своего изобретения, снял с судна весь механизм, деревянные части сдал на хранение в арсенал Барселоны, а прочие детали, в которых и заключался секрет, увез с собой.

Сведений о повторном эксперименте де Гарая либо о каком-то использовании его изобретения нет. Известно лишь, что он был повышен в чине и щедро вознагражден.

Можно ли предположить, что в середине XVI века в Барселонской гавани плавал первый пароход? Сомнительно.

Три века спустя английский ученый Макгрегор с разрешения королевы Испании ознакомился с архивными материалами, в том числе с письмами самого Бласко де Гарая. Он установил, что речь идет совсем не о паре, а

лишь о судне с гребными колесами, которые приводились в движение гребцами. Что же касается котла с кипящей водой, то, по-видимому, он использовался для приведения в действие устройства, похожего на эолипил. Так может быть, де Гарай обогнал свое время так сильно, что пытался использовать на море принцип реактивного движения? Видимо, мы никогда не узнаем ответа на этот вопрос.

Научная революция XVI — XVII веков, связанная с именами Коперника, Галилея, Фрэнсиса Бэкона, Гильберта и многих других, разорвала оковы средневековой схоластики. В науку пришел эксперимент, только его результатами стала поверяться истинность умозаключений. Создаются новые приборы, с помощью которых человеческий разум познает законы природы.

Естественно, что ученые и инженеры не могли пройти мимо исследования свойств давно всем известного водяного пара. Уже в 1601 году итальянский физик Джамбаттиста делла Порта изобрел специальное приспособление, чтобы попытаться установить, во сколько частей пара, который он, правда, называет еще воздухом, может превратиться одна часть воды. Наверное, опыты его часто приводили к взрывам — в своем сочинении он не раз упоминает «страшную силу».

В 1615 году во Франкфурте вышла книга «Причины движущих сил с различными полезными и забавными историями», принадлежавшая перу французского инженера и архитектора Соломона де Ко, который занимался устройством фонтанов в поместьях знатных особ. В этой книге под номером пять описано следующее изобретение автора: «Способ поднимать воду помощью огня. Может служить основой для различных машин, из которых я опишу здесь одну». Далее следует описание фонтана, который изобрел еще Герон Александрийский. Вода в этом устройстве действительно поднималась силой огня, но это была далеко еще не паровая машина.

Соломон де Ко даже не видел разницы между паром и нагретым воздухом, но он, уже оценив могучую силу пара, экспериментировал с паровыми устройствами. В книге описан такой эксперимент: «...сила эта 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 один фут и толщиной (стенок) в один 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 грохотом разорвет его, как петарду».

В 1629 году появилась книга под заглавием «Различные машины», принадлежащая перу синьора Джованни Бранка, жившего в Риме, архитектора Лореттской церкви и автора нескольких сочинений по архитектуре и механике. В этой книге Бранка описал все известные ему машины, не скрывая, впрочем, что изобретены они не им, — кроме одной, составлявшей, видимо, его гордость. Эта машина представляла собой (на рисунке, конечно) тщательно выполненную из меди человеческую голову, наполненную водой. Когда под этой головой разводили огонь, из рта статуи вытекала струя пара, которая направлялась на колесо, оснащенное лопастями. Под давлением пара колесо должно было вращаться и через сложную систему передач приводить в действие тяжелые песты для размельчения различных руд.

В некотором смысле это была идея паровой турбины, реализовать которую в то время было абсолютно невозможно из-за многочисленных технических сложностей — преодолеть их удалось только через 250 (!) лет.

Идею использования пара для подъема воды развил Эдуард Сомерсет, второй маркиз Вустерский, живший во времена войны между Карлом I и его парламентом. Удивительно колоритную личность представляет собой этот претендент на звание изобретателя паровой машины.

Жизнь его была богата самыми различными приключениями. С юношеских лет маркиз проявлял интерес к машинам и хитроумным механизмам, опытам с ними он посвятил свою юность, прошедшую в родовом замке Реглан. Позже он увлекся политикой и принимал деятельное участие в сложных дворцовых интригах. После поражения Карла I Вустер уехал в Ирландию, где его заключили в тюрьму. Через некоторое время ему удалось бежать во Францию. Там он был принят при дворе, но тихая жизнь быстро наскучила темпераментному маркизу. Он решил вернуться на родину в качестве секретного агента короля. В Англии его опознали и заключили в Тауэр, в котором ему пришлось провести много лет. По утверждению маркиза, именно во время

заклучения он пришел к выводу о возможности применения силы пара для подъема воды.

После освобождения Вустер опубликовал книгу «Век тех имен и образы тех изобретений, которые приходят мне на память...», вышедшую в свет в 1663 году. В том же году парламент специальным актом закрепил за маркизом и его потомками право в течение 99 лет «извлекать выгоду из установки и использования управляющей водой машины». Последние годы своей беспокойной жизни маркиз провел в своем имении близ Лондона, в Воксхолле, где с помощью механика Калтхоффа продолжал трудиться над усовершенствованием своей машины.

Достоверных сведений об изобретении маркиза не сохранилось, неизвестно даже, была ли машина в конце концов построена. Правда, имеются свидетельства Сэмюэла де Сорбье, французского историка, и Козимо Третьего Медичи, которые будто бы видели водоподъемную установку в Воксхолле в 60-х годах XVII века. Эта установка якобы поднимала воду на высоту около 15 метров. Никто, однако, не упоминает о том, что вода поднималась силой пара.

В книге Вустера использованию силы пара посвящено изобретение № 68, которое изложено столь туманно и неполно, что понять принцип действия совершенно невозможно. Вот что написал маркиз: «Я изобрел способ, столь же удивительный, как и могущественный, для поднятия воды помощью огня и без насосов... при моем способе действие не имеет границ, если только сосуд достаточно крепок. Для опыта я взял пушку, у которой конец был отбит, налил ее до трех четвертей водой, закрыл с помощью кранов затравку и отломленный конец дула и положил в огонь, где по прошествии суток пушка разорвалась с сильным треском. Найдя потом средство выделять сосуды так, что они укрепляются внутренней силой, и наполняя их один после другого, я увидел, что вода выбрасывалась как из фонтана, постоянною струей, на высоту 40 футов. Один сосуд воды, разрезанной огнем, поднимал сорок сосудов холодной воды. Работник, наблюдающий за ходом действия, обязан только повертывать два крана так, что, когда один из двух сосудов освободится и вновь наполняется холодной водой, другой начинает действовать, и так далее. Огонь поддерживается в постоянной степени действия тем же самым работ-

ником, который имеет на то достаточно времени в промежутках между поворотами кранов».

Вот и все, что написал маркиз о своей машине. На основании этого загадочного описания восторженный биограф Вустера — Генри Диркс — воссоздал предположительную конструкцию машины, которая впоследствии вошла во многие исторические трактаты и дала основание английским историкам техники считать Вустера изобретателем паровой машины. Это вызывает неизменный протест французов, полагающих, что паровую машину изобрел Соломон де Ко, Вустер же во время своего пребывания во Франции ознакомился с ней, а потом и воспроизвел ее в Англии. В доказательство этого известный французский ученый и историк науки Араго приводит следующий документ, интересный прежде всего в качестве иллюстрации нравов той далекой эпохи. Речь идет о письме известной красавицы при дворе короля Франции Людовика XIII, Марион Делорм, к одному из участников заговора против кардинала Ришелье.

«Париж, 3 февраля 1641 года.

В то время, как Вы совсем забыли обо мне в Нарбонне, где предаетесь развлечениям двора и дразните моего кардинала, я в соответствии с Вашим пожеланием оказываю почести Вашему великому английскому лорду, маркизу Вустеру, и сопровождаю его или, вернее, он сопровождает меня при осмотре различных достопримечательностей. К примеру, мы недавно посетили Бисетр, где он, как ему показалось, обнаружил гения в каком-то сумасшедшем! Пересекая двор больницы, мы увидели, как за решеткой появился некто, полуживой от страха, и, цепляясь за моего компаньона, громко закричал: «Я не сумасшедший! Я сделал открытие, которое даст процветание любой стране, применившей его!» — «Ну и в чем состоит его изобретение?» — спросила я у сопровождавшего нас больничного сторожа. «А! — ответил он, пожимая плечами, — что-то очень простое, но Вы сами никогда не догадаетесь. Это применение кипящей воды». Я рассмеялась. «Этот человек называет себя Соломон де Ко, — продолжал сторож, — он прибыл из Нормандии четыре года назад, чтобы вручить королю трактат о чудесных свойствах пара. Кардинал отослал его, не выслушав. Этот сумасшедший вместо того, чтобы уняться, стал преследовать моего господина кардинала повсюду, и тогда кардинал, раздраженный тем, что де Ко постоянно меша-

ет ему со своей чепухой, приказал посадить его в сумасшедший дом, где он сидит уже три с половиной года. Он орет каждому прохожему, что он не сумасшедший и сделал замечательное открытие». — «Проводите меня к нему, — сказал лорд Вустер, — я хочу поговорить с ним». Его провели, и он вернулся печальный и задумчивый. «Теперь он действительно сумасшедший, — воскликнул лорд, — неудачи и заключение навсегда помutilи его разум. Это вы сделали его сумасшедшим, потому что, когда вы бросили его в эту темницу, вы заточили величайшего гения нашего времени. В моей стране его не только бы не посадили, а еще засыпали бы богатством».

Любопытно, что точно так же, как английский историк снабдил описание изобретения Вустера придуманным им чертежом, Араго сопровождал эту историю рисунком, изображающим встречу Вустера с Соломоном де Ко в сумасшедшем доме. Нечего и говорить о том, что английские историки техники дружно считают письмо, цитированное Араго, подделкой и мистификацией.

Еще претендент на звание изобретателя

Примерно тем же путем, что и Вустер, шел еще один претендент на звание изобретателя паровой машины — Сэмюэль Морленд. Так же, как и маркиз, Морленд прожил богатую приключениями жизнь, становясь то роялистом, то с тем же рвением служа парламенту, занимаясь то иностранными делами, то перлюстрацией писем, то организацией английской разведывательной службы Интеллидженс сервис. Интерес к изобретательской деятельности привел его к некоторым весьма ценным находкам. В частности, он придумал рупор для усиления голоса (мегафон), пробовал создать некое подобие арифмометра. В 1683 году он преподнес королю Франции Людовику XIV богато украшенную рукопись, называвшуюся весьма претенциозно: «Начало новой силы огня, открытой кавалером Морлендом в 1682 году и представленной его Христианнейшему Величеству».

Работа Морленда совпала по времени с постройкой гиганта гидроэнергетики XVII века — уже упоминавшейся нами водоподъемной установки в Марли, предназначенной для обеспечения водой фонтанов Версаля. Возможно, что, видя непомерность усилий и относительно малые результаты работ при использовании водяных ко-

лес, Морленд пришел к мысли о необходимости замены гидроэнергетики энергетикой более универсальной, основанной на энергии, заключенной в топливе. Морленд знал работы Вустера (они упоминаются в его книге), но считал только себя первооткрывателем идеи использования силы огня.

В чем-то Морленд действительно пошел дальше своих предшественников. Он первым понял необходимость определения количественных соотношений в вопросе использования тепловой энергии. Отсюда и подзаголовок названия его работы: «Подъем воды всякого рода машинами, приведенный к мере тяжести и весам». Он уже правильно пишет о превращении воды в пар и знает довольно точные цифры: «Когда вода действием огня превратится в пар, то последний мгновенно занимает пространство, гораздо большее (почти в 2000 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...»

Однако, как и у всех предшественников Морленда, кроме утверждений о возможности постройки «огневой машины», труд его никаких практических сведений не содержит. Во всяком случае, никаких свидетельств о том, что машина была построена, не сохранилось.

Описанные нами попытки использовать силу пара для практических целей, в сущности, основывались лишь на свойстве пара создавать избыточное давление в закрытом сосуде, то есть на использовании идеи, восходящей еще к Герону Александрийскому. Создать на основе этого принципа что-либо, кроме парового насоса, было практически невозможно, да и насос должен был получиться весьма громоздкий, неудобный и неэкономичный. Однако нужда в каком-то устройстве, способном откачивать воду из шахт, была настолько велика, что такой насос неизбежно должен был быть создан.

Помочь пытаются физики...

В 1698 году Томас Севери, бывший рудокоп, а затем капитан торгового флота, получил патент на паровую машину. Уже в следующем году, он демонстрировал ее членам Королевского общества. Патент, полученный

Севери, гласил: «Это новое изобретение для подъема воды и для получения движения для всех видов производства при помощи движущей силы огня имеет большое значение для осушки рудников, для водоснабжения городов и для производства движущей силы для фабрик всех видов, которые не могут использовать водяную силу или постоянную работу ветра».

По своему устройству это была фактически та же машина, которую предлагали Вустер и Морленд, однако с одним существенным отличием — в ней впервые была использована конденсация пара за счет его охлаждения. Сам Севери утверждал, что эта идея пришла ему в голову, когда он готовил себе столь любимый англичанами глинтвейн. Пока колба с вином стояла на огне, капитан решил помыть руки в тазике с холодной водой. Вдруг вино в колбе начало кипеть, что грозило непоправимой порчей вкуса деликатного напитка. Чтобы спасти глинтвейн, Севери решил охладить вино до нужной температуры, благо под рукой был тазик с холодной водой, куда он и опустил горлышко колбы. Хотя случившееся — вода из тазика мгновенно втянулась в колбу — оказалось для глинтвейна роковым, именно это обстоятельство натолкнуло Севери на важную идею.

Он решил, что если заполнить какой-либо закрытый объем паром, а затем сконденсировать его быстрым охлаждением, то вода, которую нужно откачать, втянется в этот объем, откуда ее потом можно будет удалить избыточным давлением пара. Хотя такой принцип работы паровой машины крайне неэффективен, машина Севери получила некоторое распространение. В 1702 году он издал книгу, само название которой — «Друг рудокопа» — указывает на основное предназначение его машины.

Улучшением конструкции парового насоса занялись многие, в том числе и французский ученый Деагюлье, обвинивший Севери в плагиате — он утверждал, что Севери позаимствовал свою идею у Вустера, а чтобы скрыть это, скупал и уничтожал сочинение маркиза. Деагюлье был признанным авторитетом в постройке паровых насосов, он ввел в машину Севери существенное усовершенствование — предложил производить конденсацию пара, не обливая сосуд с паром холодной водой, а впрыскивая воду внутрь сосуда. Машины Деагюлье работали во Франции, в Голландии, и именно ему Петр I заказал машину для снабжения водой фонтанов Летнего сада.

Она была построена и установлена в Петербурге в 1717 году к огромному удовольствию отдыхающей публики.

Хотя паровые машины типа насоса и получили некоторое распространение, сам этот принцип был малоперспективен. Насосы нельзя было приспособить для приведения в действие станков, кроме как в комбинации все с тем же водяным колесом, на которое вода подавалась паровой машиной. Они были крайне неэкономичны и неудобны в эксплуатации. Для откачки воды насосы приходилось опускать внутрь шахты, а они были взрывоопасны. Если шахта была глубокая, то для удаления воды необходимо было устраивать целый каскад из таких машин — ведь атмосферное давление могло поднять воду только на ограниченную высоту. Нет, не на этом пути лежало решение энергетической проблемы, связанной с промышленной революцией.

Научные основы нового подхода были созданы в середине XVII века работами Торричелли, Паскаля, Герике.

В 1630 году в Риме обучался математическим наукам скромный молодой человек по имени Эванджелеста Торричелли. Учителем его был Бенедетто Кастелли, профессор математики Римского университета и в прошлом один из любимейших учеников Галилея. Пораженный способностями молодого Торричелли, Кастелли отправился к Галилею, жившему тогда в Арчетри, и показал ему рукопись своего подопечного о движении свободно падающих тел. Он попросил великого ученого взять Торричелли к себе в дом в качестве ученика и помощника в подготовке исследований по механике. Галилей охотно согласился, но совместная работа продолжалась всего три месяца — до смерти Галилея. Великий герцог Тосканский, приехавший на похороны, назначил Торричелли на ставшую вакантной должность придворного математика.

Примерно в это время, незадолго до смерти Галилея, к нему обратился с просьбой о помощи фонтанных дел мастер другого вельможи — великого герцога Флорентийского. Дело в том, что ему никак не удавалось заставить заработать задуманный им грандиозный фонтан, вода в котором должна была подниматься на высоту более пятнадцати метров, а затем изливаться каскадом струй. Упрямая вода не хотела подчиняться замыслу мастера — как сильно ни качал ее насос, она никак не

поднималась на высоту, большую десяти метров, хотя, согласно аристотелевой формуле «природа боится пустоты», она должна была это сделать.

Галилей не смог объяснить происходящего, но остроумно заметил, что, по-видимому, страх природы перед пустотой не превосходит десяти метров.

Торричелли, размышляя об этом явлении, заподозрил здесь влияние атмосферного воздуха. Физики считали тогда, что воздух не имеет веса. Торричелли предположил, что это не так и именно вес воздуха, давление его столба, простирающегося на всю высоту атмосферы, уравнивает воду в трубе и не дает ей подняться больше, чем на 10 с небольшим метров.

Для проверки гипотезы Торричелли придумал классический по простоте и наглядности опыт, обессмертивший его имя. Он предположил, что если вода поднимается в трубе только на определенную высоту, то если в трубу поместить жидкость, более тяжелую, чем вода, она поднимется на высоту меньшую, чем поднималась вода. Это уменьшение должно соответствовать отношению удельных весов воды и выбранной жидкости. Для опыта ученый избрал самую тяжелую известную ему жидкость — ртуть, «живое серебро». Легко представить восторг Торричелли и ассистировавшего ему Вивиани, когда ртуть в трубке, немного поколебавшись, остановилась на уровне, точно предсказанном новой теорией!

Открытие вызвало всеобщий интерес. Сразу же разгорелась яростная дискуссия между сторонниками нового учения и приверженцами «боязни пустоты». Блез Паскаль, великий французский физик, решил проделать опыт, который бы убедил сомневающихся в правоте аристотелевской концепции. Паскаль рассуждал, что если теория Торричелли верна, то на высокой горе, где высота и вес слоя атмосферы меньше, чем на поверхности Земли, ртуть в трубке должна остановиться на более низком уровне, а если действительно «природа боится пустоты», то высота подъема должна быть одной и той же.

Опыт, который был проведен 19 декабря 1648 года родственником Паскаля Перье на горе Пюи-де-Дом, полностью подтвердил правоту Торричелли. С тех пор Паскаль стал ярким сторонником теории атмосферного давления и внес в нее большой вклад, о признании которого можно косвенно судить хотя бы по «гектопаскальной эпопее» 1979—1980 годов, в процессе которой наша гид-

рометеорологическая служба пыталась отучить нас от привычных миллиметров торричеллиева ртутного столба, не вошедших в международную систему единиц.

Через несколько лет об опыте Торричелли узнал магдебургский бургомистр Отто фон Герике, способный и изобретательный экспериментатор, обожающий театральные эффекты. Он рассказывал, как у него в один прекрасный момент появилось огромное желание лично убедиться в возможности образования пустоты. После многочисленных экспериментов Герике изобрел воздушный насос, с помощью которого он проделывал опыты, изумлявшие его современников. Самым любопытным из них был хрестоматийный опыт с магдебургскими полушариями. Из медного шара, состоящего из двух полушарий, Отто фон Герике при помощи своего воздушного насоса выкачивал воздух; атмосферное давление с такой силой сжимало половинки шара, что их не могли разъединить 24 лошади.

Стремясь к новым эффектам, Герике разнообразил форму своих экспериментов. В 1654 году он продемонстрировал в Регенсбурге императорскому посланнику такой весьма впечатляющий опыт. Прикрепив к насосу большой шар, из которого был выкачан воздух, Герике запер кран, через который воздух мог попадать внутрь шара. Поршень в насосе был поднят, а к концу поршня была привязана веревка, перекинутая через блок. За конец веревки ухватились двадцать дюжих мужчин и натянули ее. Неожиданно Герике открыл кран, в шар ворвался воздух, поршень под давлением воздуха мгновенно опустился, приподняв на полметра от земли тех, кто пытался удержать веревку.

В этом опыте впервые использовалось атмосферное давление в системе «поршень — цилиндр». Именно на этом пути находилось решение задачи о создании нового универсального двигателя. Действительно, проблема получения движения приобретала теперь вполне конкретный образ — нужно было каким-то способом поднять поршень, затем создать под ним вакуум, и тогда атмосферное давление, воздействуя на поршень, опустит его. При этом можно получить полезную работу.

Уже в 1678 году парижский аббат Жан Готфейль предложил создать машину, в которой под поршнем сгорали небольшие порции пороха. Нагревшийся при этом воздух, расширяясь, поднимал бы поршень, а после охлаж-

дения нагретых газов атмосферное давление вернуло бы поршень вниз. Другими словами, просвещенный аббат предложил создать двигатель внутреннего сгорания — прообраз современных автомобильных и других моторов. Но время их тогда еще не пришло, слишком сложной была задача.

Не по плечу она оказалась и несравненно более знаменитому современнику аббата — великому Христиану Гюйгенсу, изобретателю маятниковых часов и автору многочисленных открытий в физике. Пороховая машина, описание которой было помещено Гюйгенсом в меморандуме Парижской Академии наук, состояла из цилиндра, в верхней части которого находились два кожаных клапана для выпуска горячих газов, образующихся при сгорании пороха. При охлаждении газа в цилиндре создавалось разрежение, поршень опускался и поднимал при этом тяжелый груз. Машина была весьма несовершенна. Уже при ее изготовлении Гюйгенс столкнулся с проблемой, которая и впоследствии была одной из сложнейших, — как изготовить цилиндр, в котором поршень плотно прилегал бы к стенкам.

Технология расточки внутренних поверхностей тогда была еще не разработана. Гюйгенс, чтобы избежать утечек, покрыл внутреннюю поверхность цилиндра гипсом, который, конечно, совершенно не подходил для этой цели. При испытании устройства в Королевской библиотеке выяснилось, что гипс крошился, клапаны действовали плохо, — словом, испытание было неудачным, и Гюйгенс отказался от дальнейшей работы над изобретением.

Наверное, в истории науки эта неудачная попытка Гюйгенса была бы совсем забыта, если бы не одно обстоятельство: в работе над пороховой машиной Гюйгенсу помогал его молодой ассистент — Дени Папен.

Дени Папен — „мученик науки“

Дени Папена можно было бы назвать и «вечным скитальцем» — столь сложна, богата переменами и драматическими событиями была его жизнь. Он родился 22 августа 1647 года во Франции, в городе Блуа. Уже в детстве проявились его математические способности, педагоги иезуитской школы, в которой обучался Папен, настоятельно рекомендовали ему совершенствоваться в математике и механике. Хотя по настоянию отца, медика по

профессии, Дени отправляется в Париж, чтобы обучаться медицине, совсем не болезни и не лекарства занимали ум молодого Папена. С значительно большей охотой изучал он опытную физику и прикладную механику. Именно в эти годы он встретился с Гюйгенсом. Знаменитый физик заметил дарование юноши и пригласил его помогать в лаборатории при постановке опытов. Одно время Папен даже жил в доме Гюйгенса.

В 1674 году появился труд Папена «Новые эксперименты с вакуумом и описание машин для его производства». Академия весьма благосклонно отозвалась об этом сочинении, и имя Папена приобрело известность во французском ученом мире. В этом сочинении нет еще упоминаний об энергетических машинах, но разнообразие предлагаемых применений пневматических машин поражает и наводит на мысль об универсальном двигателе. Молодой ученый пишет о возможности консервации скоропортящихся продуктов и пропитке древесины — и все с помощью одного устройства. Удивляла современников и его изобретательность при конструировании установок.

В это время Гюйгенс изобрел часы со спиральной пружиной, которые можно было бы носить с собой. Это было большим достижением, и президент Королевского общества попросил Гюйгенса прислать его замечательные часы для ознакомления. Папену, которым уже овладела «охота к перемене мест», страстно хотелось поехать в Лондон, и он уговорил Гюйгенса не только послать его туда, но и попросил дать рекомендацию. Гюйгенс согласился, и 17 июня 1675 года Папен отправился в Лондон, имея при себе рекомендательное письмо Гюйгенса, в котором тот писал: «Он был при мне два года, помогая в экспериментах. Как Вы, вероятно, видели, он опубликовал небольшую работу по экспериментам с вакуумом, в которой содержится также описание его метода сборки машин, весьма хитроумного и практичного. Он хотел бы ознакомиться с достижениями в Вашей стране и даже хочет при возможности осесть там».

Рекомендация Гюйгенса значила очень много, и Дени Папен был весьма радушно встречен знаменитым Робертом Бойлем, основателем Королевского общества, который предложил молодому французцу стать его помощником.

Папен с Бойлем занялись изучением свойств водяного пара. Уже в это время Папен, открыв свойство воды

кипеть при высоком давлении при температуре, значительно превышающей обычные 100° , изобрел свой знаменитый котел — автоклав. Ему удалось довести температуру кипения воды до точки плавления олова (примерно 210° градусов). Естественно, что для достижения таких высоких температур потребовались и большие давления, чреватые взрывом аппарата. Папену пришлось изобрести чрезвычайно простой и достаточно надежный предохранительный клапан, который не только уберегал установку от взрыва, но и позволял с большой точностью регулировать температуру кипения воды. Это достижение принесло Папену громкую известность, уважение и авторитет. Он был избран членом Королевского общества.

Но здесь вновь проявился его неусидчивый нрав. Папену наскучила жизнь в Англии, и он с радостью принял предложение переехать в Венецию, где была учреждена академия. В Венеции Папен пробыл два года, однако, хотя сделался за это время известным всей Италии, денег не накопил и сильно нуждался. Папен решил вернуться в Англию.

Там его встретили уже далеко не с прежним радушием: англичане не любят непостоянства, но из уважения к его заслугам все-таки приняли Папена на службу в Королевское общество, правда со значительно меньшим, чем прежде, жалованием. В те годы им овладела мысль об универсальном механическом двигателе: в 1687 году он представил на рассмотрение проект машины, предназначенной «для переноса силы рек на далекие расстояния», — проект абсолютно нереальный, основанный на «передаче вакуума» от насосов, приводимых в действие водяным колесом, по системе длинных труб к тому месту, где была потребность в «силе». Неудача проекта разочаровала Папена. Нищенское жалование, определенное ему в Англии, не устраивало изобретателя, и он вновь стремится в дорогу.

Казалось бы, наиболее естественным для известного уже ученого было возвращение на родину, где его ожидало академическое звание и высокие заработки. Но к этому времени Франция стала католической, а Папен был протестант.

Он принял предложение гессенского ландграфа Карла занять кафедру математики в университете Марбурга. Преподавание математики не увлекало Папена, и он занялся тем, чем еще в молодости занимался у Гюйген-

са,— попытками усовершенствовать пороховую машину. Неудачи этих опытов привели Папена к по-настоящему продуктивной идее — использовать для движения поршня не взрывы пороха в цилиндре, а явление конденсации водяного пара, со свойствами которого он уже достаточно хорошо ознакомился, работая над своим котлом.

В 1690 году появилась статья Папена «Новый способ получать дешевой ценой большие движущие силы», в которой изложена идея паровой машины. Вот как описал Папен свое изобретение: «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 давление на поршень и поднимает его, преодолевая давление атмосферы; в это время упорка, входящая в выемку, сделанную на стержне, задерживает поршень вверху, после чего убирается 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 преодолевать данное сопротивление с помощью веревки и блоков».

Практической ценности этот проект иметь не мог, он был подвергнут критике, в том числе и Робертом Гуком, который отмечал, что медленный ход поршня и необходимость перемещать огонь под цилиндром делали машину совершенно неосуществимой.

Удивительно, что Папен, известный своей конструкторской находчивостью, не предпринял никаких попыток усовершенствовать изобретение. Более того, когда Лейбниц, находясь в Лондоне, ознакомился с машиной Севери и послал ее описание Папену, тот с легкостью отказался от своей идеи и занялся усовершенствованием малоперспективной машины Севери. Машина, работающая по принципу применения избыточного давления пара, была построена Папеном на деньги курфюрста. Она работала, привлекая множество любопытных, но никакого практического применения не нашла. В 1707 году ландграф прекратил финансирование работ Папена, и изобретатель попал в безвыходное положение из-за полного отсутствия каких-либо средств к существованию.

В начале 1708 года он вновь поехал в Лондон, чтобы предложить Королевскому обществу свой вариант машины Севери, приспособленной для движения судов. В записке Папена говорилось: «Я предлагаю... построить машину, аналогичную существовавшей в Касселе и приспособленной для движения судов, и одновременно построить машину по принципу Севери... Если я выиграю соревнование, и только в этом случае, я покорно прошу возместить мои расходы, затраты времени и труда...» Предложенная записка была прочитана, как это было положено для каждого сообщения члена Королевского общества, но, по-видимому, даже не обсуждалась. Друзья и покровители Папена к тому времени уже умерли, новое поколение ученых знало его как неудачника, а Севери к тому времени сам уже был членом Королевского общества, пользующимся большим авторитетом.

С тех пор Папен исчез из виду. Обреченный влачить жалкое существование, он, видимо, доживал свои дни в крайней бедности. Неизвестны ни точная дата его смерти, ни место, где он похоронен.

Паровая машина начинает работать

История жизни и изобретения Папена привела нас к началу XVIII века — века, когда восторжествовали многие идеи Папена, и паровые машины, обеспечивавшие энергией бурно развивавшуюся промышленность, заняли самое почетное место в ряду величайших достижений человеческих рук и разума. XVII век завершился созданием машины Севери, хотя и малоперспективной, но все-таки работающей на «нормальном» топливе.

Машина Севери представляла собой, по существу, паровой насос. Герметичный сосуд, в котором укреплены две трубы: одна для всасывания воды, которую нужно было откачать, другая — для ее удаления, соединялся с паровым котлом. Пар вытеснял воду из сосуда, затем сосуд обливали холодной водой, из-за чего пар конденсировался, в сосуде образовывалось разрежение, и в него засасывалась новая вода. Затем цикл повторялся. Необходимо было лишь вовремя открывать и закрывать соответствующие краны.

Машина была пригодна только для одной цели — подъема воды. Она потребляла огромное количество топлива — коэффициент полезного действия ее был не выше

0,3 %. Однако потребность в откачке воды из шахт была настолько велика, что даже и эти громоздкие и неэффективные устройства получили распространение. В основном они устанавливались в районах Ньюкасла, Девоншира и Дартмута. Именно знакомство с одной из машин Севери, установленной вблизи Дартмута на оловянных рудниках, привело кузнеца Томаса Ньюкомена к принципиальному усовершенствованию парового насоса.

Томас Ньюкомен, поставлявший на шахты инструмент, безусловно, представлял себе важность проблемы откачки воды. Знаком он был и с машиной Севери. Возможно, что его знаменитый земляк Роберт Гук познакомил его и с работами Папена. Во всяком случае, в своей машине, построенной им совместно со стекольщиком Коули, он попытался объединить идеи Севери и Папена. Изобретателям пришла в голову счастливая мысль применить предложенный Папеном цилиндр с поршнем, но конденсацию пара производить не за счет удаления огня из-под цилиндра, как предлагал Папен, а за счет конденсации пара при охлаждении, как это имело место в машине Севери.

Модель была построена очень быстро, и успех испытаний превзошел все ожидания. Следовало начинать изготовление настоящей, промышленной машины, и тут оказалось, что патент, выданный Севери, был составлен очень хитро — он предусматривал все возможные методы использования пара. Поэтому Ньюкомен, Коули и Севери объединились и в 1711 году создали «Компанию обладателей правами на изобретение установки для подъема воды посредством огня». В 1712 году была изготовлена первая пароатмосферная машина Ньюкомена, запущенная в работу на коях в Вулвергемптоне. Наблюдение за работой этой машины вскоре помогло внести в конструкцию существенное усовершенствование.

Вот как описывает происшедшее швед Тривальд, который занимался наладкой машин Ньюкомена: «...неожиданно был получен более чем желательный эффект, вызванный следующим странным случаем. Холодная вода, протекавшая через свинцовый сосуд, охватывающий цилиндр, просочилась через отверстие, запаянное оловом. Теплота пара расплавила олово, и, таким образом, холодной воде был открыт путь, через который она попала в цилиндр и немедленно сконденсировала пар, создав такой вакуум... что атмосферный воздух, надавивший с

ужасной силой на поршень, порвал цепь груза, и поршень разрушил дно цилиндра и крышку небольшого парового котла».

По другим источникам, вода попала в цилиндр совершенно иным способом. Как бы там ни было, конденсация пара впрыскиванием воды внутрь цилиндра была осуществлена.

С другой историей, в которой действует легендарный мальчик Гемфри Поттер, связано еще одно усовершенствование ньюкоменовской машины. Дело в том, что работа машины Ньюкомена требовала, чтобы какой-то работник попеременно открывал и закрывал краны, с помощью которых в цилиндр поступали то пар, то холодная вода для его конденсации. От скорости и точности действий этого работника зависело не только действие машины, но и ее безопасность — ведь при неправильном переключении котел мог взорваться. Гемфри Поттер, как гласит легенда, занимался именно переключением кранов, но, к сожалению (или с счастьем?), был недостаточно усерден, зато весьма изобретателен. Наблюдая за работой машины, он заметил, что краны должны открываться и закрываться в строго определенные моменты — один, регулирующий подачу пара в цилиндр, открывался, когда поршень начинал подниматься, и закрывался, когда поршень достигал верхней точки, второй кран действовал в обратной последовательности. Напрашивалась мысль, что порученную Поттеру работу мог бы с успехом выполнять и сам поршень. Чтобы заставить его это делать, догадливый мальчик привязал к кранам веревочки, а другие концы укрепил на рычаге, идущем от машины к насосу, предварительно найдя на этом рычаге ту точку прикрепления, которая обеспечивала правильную работу кранов.

Эта назидательная история, фигурирующая едва ли не во всех английских хрестоматиях, не оставила тем не менее следа в истории техники, в которой сухо отмечается, что такой регулятор действительно был создан, но патент на него получил весьма квалифицированный инженер Генри Бейтон, много работавший над усовершенствованием ньюкоменовских машин.

Паровая машина Ньюкомена, несравненно более совершенная, чем машина Севери, и значительно более простая в эксплуатации, более экономичная и производительная, очень быстро получила широкое распростра-

нение. Уже в 20-е годы XVIII века машины Ньюкомена работали не только на родине изобретателя, но и во многих странах Европы — в Австрии, Бельгии, Франции, Венгрии, Швеции. Но конечно, самое большое распространение они получили в Англии. Только на оловянных рудниках к 1770 году работали 70 машин.

Применялись машины Ньюкомена и для водоснабжения, например, одна из них была установлена в Париже, чтобы качать воду из Сены. В 1726 году водяное колесо было заменено паровой машиной и в лондонском водопроводе.

О распространенности и удачной конструкции машины Ньюкомена свидетельствует и то, что последняя в Англии машина такого типа была демонтирована лишь в 1934 году! Завидный пример долголетия техники в столь быстро изменяющемся мире!

Пока Севери, Ньюкомен и Коули являлись обладателями патента на «использование силы огня», вся их работа по изготовлению паровых машин проводилась в строжайшем секрете. Уже упоминавшийся нами Тривальд писал: «...изобретатели Ньюкомен и Коули были весьма подозрительны и осторожны в том, чтобы сохранить за собой и своими детьми тайну постройки и применения своего изобретения. Испанский посланник при английском дворе, который приехал из Лондона с большой свитой иностранцев посмотреть на новое изобретение, не был даже допущен в помещение, в котором находились машины».

Но в 20-е годы XVIII века действие патента окончилось. Изготовлением водоподъемных установок занялись многие инженеры. Появилась и литература, в которой описывались установки Ньюкомена — Коули. Первой из таких книг стала книга ученого механика из Германии Леупольда «Театр машин», в которой, кстати, был описан проект двухцилиндровой пароатмосферной машины.

В 1729 году вблизи Кенигсберга была построена большая паровая машина для откачки воды из рудника, известная под названием «венгерская машина». Она приобрела особое значение в истории паровых машин, потому что ее описание вошло в книгу Бернарда Белидора «Гидравлическая архитектура», переведенную на русский язык президентом Берг-коллегии И. А. Шлаттером. Именно этот перевод и книга самого Шлаттера «Наставление рудному делу», в которой тоже описывались паровые

машины, изучались Ползуновым, когда он занялся разработкой совершенно новой в то время идеи использования паровой машины не в качестве водоподъемника, а для приведения в действие заводских установок.

Машина Ньюкомена, прекрасно работавшая в качестве водоподъемного устройства, никак не могла удовлетворить возникшую настоящую потребность в универсальном двигателе. Много было попыток приспособить эту машину для приведения в действие станков: предлагались различные маховики, сложные зубчатые передачи — ничего не получалось. Насос, хотя и использовавший силу пара, оставался только насосом.

Крайняя нужда в двигателе (ведь даже на тех же самых шахтах, кроме откачки воды, нужно было, например, поднимать уголь или руду на поверхность) привела даже к созданию чудовищной комбинации паровой машины с традиционным водяным колесом. В 1742 году чугунолитейная фирма «Дерби», известная в Англии своим пристрастием к новым техническим решениям, установила двигатель Ньюкомена для подачи воды на 10 водяных колес, которые приводили в действие различные механизмы. Позже на некоторых шахтах таким способом поднимали уголь — паровая машина откачивала из глубины воду, которая затем подавалась на водяное колесо, в свою очередь приводившее в действие угледъемник. Такой «двигатель» был, естественно, крайне неэкономичным, он не мог служить энергетической основой развивавшейся промышленной революции. Нужны были принципиально новые решения.

„Муж, делающий истинную честь своему отечеству“

Первым по пути создания работоспособного парового двигателя пошел великий изобретатель Иван Иванович Ползунов, «муж, делающий истинную честь своему отечеству», как писал современник Ползунова барнаульский пастор, а потом профессор Эрик Лаксман.

Крайне скудны сведения о детстве великого изобретателя. Достоверно известно лишь то, что родился он в 1728 году в семье солдата Ивана Ползунова, служившего на Урале. В десять лет он закончил так называемую «словесную школу» и был переведен для дальнейшего обучения в школу «арифметическую». Но пройти полный курс обучения в этой школе ему не удалось — в 1742 го-

ду механику Екатеринбургского завода Никите Бахареву потребовались сметливые ученики. Выбор пал на Ивана Ползунова и Семена Черемисинова, еще учившихся в арифметической школе. Четырнадцатилетний Иван Ползунов начал работать на заводе, и работать, по-видимому, успешно — за пять последующих лет он дважды получал прибавку к жалованью, что для того времени было весьма необычно.

Много дел поручалось юному «механическому ученику». Вот что входило в обязанности механика и оговаривалось в уставе уральских заводов: постройка и наблюдение за действием на рудниках водоподъемных, рудоподъемных машин, пильных мельниц, заведование пожарными машинами и трубами и даже постройка и содержание жилых зданий. Теоретическое обучение в школе уступило место практическому ознакомлению с работой самых современных тогда в России машин и установок Екатеринбургского завода. На этом заводе из всей техники того времени отсутствовала только огнедействующая водоподъемная машина, да и во всей России тогда ее не было. Основной установкой, приводящей в действие заводские механизмы, было все то же водяное колесо.

Может быть, именно в те годы молодой Ползунов впервые задумался над ограниченностью такого привода, зависимостью его от неустойчивой уральской погоды, громоздкостью и неуклюжестью водяных колес. На всю жизнь, видимо, запечатлелись в его памяти огромное гидросиловое хозяйство завода, двухсотметровая плотина почти семиметровой высоты, большущие лари для воды, которая приводила во вращение более пятидесяти водяных колес, некоторые из них достигали почти шести метров в диаметре. Все эти сооружения часто ломались и доставили, наверное, немало забот Ивану Ползунову. Но был на Екатеринбургском заводе и настоящий пример оригинального применения энергии воды — выделение водяного колеса в «силовую станцию», находящуюся за стенами цеха и передававшую энергию многочисленным станкам при помощи трансмиссии. Так было устроено энергоснабжение «кузнечной мелочного дела фабрики», где одно колесо приводило в действие целых 24 воздуходувных меха.

В 1748 году Ползунова переводят на Алтай — на принадлежавшие непосредственно царской семье Колывано-

Воскресенские заводы. Начинается новый период жизни великого изобретателя, завершившийся постройкой первой в России, да и во всем мире, паровой машины, предназначенной для приведения в действие заводских агрегатов.

Много испытаний пришлось перенести Ползунову на Алтае — бытовое неустройство, материальные затруднения и самое главное — невозможность заниматься любимым горнозаводским делом. Используя его незаурядные организаторские способности, впоследствии в полной мере проявившиеся при постройке «огнедействующих машин», руководство заводов поручает ему самые разные дела — от учета количества руды до заготовки дров.

Многочисленные рапорты Ползунова с просьбами дать ему возможность заниматься механикой не приносят никакого результата. Его изредка повышали в чине, понемногу прибавляли жалованье, но продолжали использовать в основном на хозяйственных работах.

Лишь в 1762 году по указанию начальства Ползунову и другим специалистам было поручено изучить книгу Шлаттера, в которой были описаны огнедействующие машины. По некоторым данным, Ползунов изучил также упоминавшиеся нами книги Белидора и Леупольда. Эти источники давали, разумеется, лишь самые общие сведения об устройстве паровых машин и не сообщали абсолютно ничего об их производстве и эксплуатации. Описываемые в книгах машины применялись только для подъема воды, о каких-то других возможных применениях паровых машин в них не было и речи. Изучение этих источников тем не менее стимулировало, по-видимому, поиск изобретателя.

В апреле 1763 года Ползунов подал начальнику Кольвано-Воскресенских заводов А. И. Порошину докладную записку, в которой была изложена идея «всеобщего применения» огнедействующих машин и предлагался проект совершенно оригинальной паровой машины.

Знакомясь с материалами, поражаешься глубине мысли и смелости изобретателя. Никто и никогда до Ползунова с такой прямотой и ясностью не ставил вопроса о повсеместном использовании новой энергетики, энергетики, основанной на применении паровых машин: «Способом огня действующею механикою с промысла сей недостаток отвести и сложением огненной машины водяное руководство пресечь и его для всех заводов вовсе унич-

тожить». С предельной четкостью излагал Ползунов в своей записке совершенно необычные мысли: «За движимое основание завода ее (огнедействующую машину) учредить так, чтобы она была в состоянии все наложенные на себя тягости, каковы к раздуванию огня обычно к заводам бывают потребны, носить, и, по воле нашей, что будет потребно, исправлять».

К записке был приложен подробный проект паровой машины, которая отличалась от всех известных в то время прежде всего тем, что предназначалась для приведения в действие конкретного механизма — воздуходувных мехов — и, кроме того, в отличие от машины Ньюкомена, была агрегатом непрерывного действия. Непрерывность достигалась применением двух цилиндров, поршни которых поднимались и опускались поочередно, приводя в движение один вал, без каких-либо перерывов.

В стране, где не было даже водоподъемной паровой машины, родился проект, намного опередивший все, что было достигнуто в области использования пара! Ползунов писал: «К тому первую заступить смелость, дабы сей славы (если силы допустят) Отечеству достигнуть, и чтоб то во всенародную пользу, по причине большого познания об употреблении вещей, поныне не весьма знакомых, в обычай ввести и тем самым, облегчая труд по нас грядущим, славу и благодарность дойтить».

Проект машины Ползунова, приложенный им к записке, был детально разработан. Изобретатель, самостоятельно овладев современной ему теорией теплоты, сумел сконструировать сложные устройства и правильно подобрать материалы, из которых должна была быть сделана машина.

Руководство Колывано-Воскресенской горной канцелярии во главе с А. И. Порошиным 25 апреля 1763 года рассмотрело предложенный Ползуновым проект. Нужно отдать должное знатокам горного дела, стоявшим во главе заводов императрицы, — они сумели оценить великую пользу, которую могла принести паровая машина российской промышленности. Конечно, были у канцелярии некоторые «сомнительства» — дело-то совсем новое, — но в постановлении все же записано: «...ежели сверх упомянутого сомнительства, будет удача и произойдет в надлежащее прямое действие, то не столько при одних здешних, но и при многих в России заводах, фабриках и мануфактурах руководить может с немалою пользою и

можно избежать против нынешнего знатных расходов, а именно строения чрез великую сумму на реках плотин и хранения их от прорыву и других немалых опасностей...»

Проект Ползунова вместе с решением канцелярии направили на рассмотрение в Петербург, самому Шлаттеру, крупнейшему специалисту по огнедействующим машинам в России. С нетерпением ждал решения своей судьбы изобретатель, продолжая в то же время работу над проектом машины.

Только через девять месяцев, 18 января 1764 года, получили в Барнауле указ и заключение Шлаттера. Не до конца понял руководитель всей горной науки новизну предложений Ползунова. Что касается конструкции машины, состоящей из двух цилиндров, то заключение Шлаттера было правильным: «Вместо того, что все в свете находящиеся такие машины одинакии и из одного цилиндра состоят, то он, оную на две разделил, и из двух цилиндров делать предлагает, следовательно, он и другие члены к движению всей его машины вымыслить был должен, нежели при обыкновенных имеются, в чем он презрядный успех имел». Только из-за этого, считал Шлаттер, «сей его вымысел за новое изобретение почесть должно». Но самое главное в изобретении — непосредственный привод от машины к заводским агрегатам — рецензент оценить не сумел, не поверил в то, что Ползунов мог придумать нечто, не имеющее нигде аналогий. Шлаттер предложил машину построить, но ...использовать ее для подачи воды на водяные колеса, как это делалось уже ранее в Англии.

Какая ирония истории! Почти теми же словами через 20 лет критики Уатта утверждали, что прямая передача от паровой машины к механизмам невозможна и единственный вариант использования «огнедействующей машины» — это подъем воды. Так что можно понять ошибки Шлаттера — слишком несвым, революционным было предложение Ползунова, как впоследствии и предложение Уатта.

Главный шаг все-таки был сделан — Ползунову поручили построить машину по его проекту. Наконец-то изобретатель был освобожден от «лесного распоряжения, руководства и порядочного производства угольного дела», ему разрешили подобрать себе помощников и приступить к строительству машины. К этому времени был

готов второй проект Ползунова — проект паровой машины, по мощности почти в 20 раз превосходящей первую — для приведения в действие целой группы воздухоудных мехов. К постройке этой машины и приступил в 1764 году великий изобретатель.

К Ползунову прикомандировали четырех учеников — Левзина, Овчинникова, Черницына и Вятченина, которых он должен был не только обучать теории, но и научить столярному, токарному и другим ремеслам.

Трудно даже вообразить себе препятствия, которые пришлось преодолеть Ползунову при постройке машины. Прежде всего в его распоряжении не было искусных мастеров — кроме упомянутых учеников, руководство завода выделило еще лишь двух отставных рабочих. Барнаулский завод, на котором строилась машина, был заводом металлургическим и металлообрабатывающего оборудования практически не имел, тем более такого, которое требовалось для постройки столь сложного агрегата.

И все же к 20 мая 1765 года, по заявлению самого Ползунова, многие необходимые части были уже изготовлены: «Однако ж, поныне, к разным оных машины членам не менее, как до ста десяти частей, кроме котла и его прибору литейною и токарною работою почти приведено в готовность, но токмо остается уже немногие токарною и шлифовальною работою докончить».

По-видимому, Ползунову пришлось изобрести и построить необходимые для обработки основных узлов небывалой машины специальные станки. В донесении своем он пишет: «Всякая та вещь из оных, после своего отлива, требовала для пропорционального сбору машинную на водяных колесах по обстоятельствам токарную работу». Видимо, цилиндры паровой машины Ползунов обрабатывал на точных токарных станках, ведь еще в проекте он писал о необходимости тщательной подготовки поверхностей цилиндров: «...внутри же как стекло полированы гладко».

К середине декабря 1765 года постройка машины закончена. Казалось, уже не оставалось никаких препятствий к тому, чтобы машина была пущена в эксплуатацию.

Но не суждено было великому изобретателю увидеть, как машина приводит в действие огромные воздухоудные меха. 18 апреля 1766 года, как свидетельствует ра-

порт лекаря Якова Кизинга, у Ползунова «сделалось... из гортани с жестоким стремлением кровотоечение, и продолжалось оно немалое время, которое было и унято, а после того великое колотье приключилось и от такого также получил свободу». Непосильный труд, неисчислимыя препятствия, которые пришлось преодолевать при постройке машины, подорвали здоровье изобретателя. 16 мая 1766 года Ползунов скончался от скоротечной чахотки.

А уже через неделю начались испытания. Руководили ими ученики Ползунова — Левзин и Черницын. Испытания прошли практически без каких-то осложнений — так тщательно был проработан каждый узел машины, так хорошо были изготовлены и собраны детали. Была отмечена единственная неполадка — и она не могла не произойти: слишком мало было известно о требованиях к машине, слишком примитивными средствами хотели изготовители добиться, чтобы пар и вода в цилиндре были надежно разделены, слишком неточно были обработаны внутренние поверхности цилиндров.

Вот что записано 23 мая в дневнике испытаний: «За несуптильною в циркумференции круглостию цилиндров, на краю эмволов (поршней) хотя и приверчена кожа и парусина с прижиманием пружинами, но оные скоро обтираются и сжимаются и сверху эмволов вниз пробирается вода, от чего пары уменьшаются и машина всей своей силы производить и желаемого движения мехам дать не может».

Недостатки постепенно устранялись, дефектные детали были заменены, и в августе началась нормальная эксплуатация машины. Но уже в ноябре обнаружилась течь в котле (сам Ползунов считал этот котел пригодным разве только для опробывания машины, а не для ее работы), и агрегат остановили. Никто не хотел с ним возиться, установку забросили, а в 1780 году совсем разобрали.

Дело, которому великий изобретатель посвятил свою жизнь, оказалось забытым — не готова была феодально-крепостническая Русь к машинному производству, не верила в творческие силы народа. Машина Ползунова приходила в негодность, а в Англии заказывалась машина Ньюкомена для обслуживания кронштадтских доков.

Больше чем через сто лет после работ Ползунова, в 1883 году, из Петербурга в Сибирь ушло предписание,

которое заслуживает того, чтобы его воспроизвести полностью: «Усматривая из сведений о разработке золотых промыслов в подведомственном округе, что расход на содержание конюшен составляет одну из главных издержек по добыче золота, так, например, по нынешней смете ассигнованные на этот предмет 223 тысячи рублей составляют почти четверть всех операционных расходов, Кабинет его величества признавал бы полезным заметить на промыслах, где представляются благонадежные запасы золота, конную силу паровою»,

Это писалось через 120 лет после того, как Ползунов представил проект паровой машины, через 120 лет после того, как паровая машина, хоть и недолго, работала на Алтае! Трудно найти более наглядный пример косности и консерватизма.

Иначе обстояло дело в Англии. Там уже в начале XVIII века повсюду применялись паровые машины Ньюкомена для водоподъема, там быстро развивалось фабричное производство, которое тормозилось только отсутствием энергетической базы — не было двигателя, способного приводить в действие многочисленные станки. Английский предприниматель Меттью Болтон, имя которого стало известным именно в связи с изготовлением паровых машин, писал: «В Лондоне, Манчестере, Бирмингеме люди сходят с ума по паровой мельнице».

В 1720 году в предместье Лондона был построен специально для изготовления деталей паровых машин хорошо оснащенный завод. В такой благоприятной обстановке работал один из самых блестящих изобретателей в истории техники — шотландец Джеймс Уатт. Русский историк техники Николай Божерянов писал: «Без преувеличения можно сказать, что все завоевания англичан в Индии меньше обогатили и усилили их, нежели открытия Уатта».

О пользе прогулок

19 января 1736 года в семье небогатого владельца мастерской по изготовлению инструментов в шотландском городке Гриноке родился четвертый сын, которого назвали в честь отца Джеймсом. Все его старшие братья умерли в раннем детстве. Джеймс тоже отличался весьма слабым здоровьем, страдал частыми головными болями. Из-за этого он пропускал занятия в бесплатной на-

чальной школе, куда родители отдали его в шесть лет — уже к этому времени мальчик умел читать и знал арифметику. Но, пропуская школу, Джеймс не отставал от своих сверстников — он много читал, решал задачи. Самое большое удовольствие мальчик получал, когда отец разрешал ему что-нибудь мастерить, руки у него были золотые, и даже игрушки Джеймс делал себе сам, по своему вкусу.

Как водится, потом, когда имя Уатта стало известно всему миру, родственники вспомнили семейные предания, из которых следовало, что еще тогда, в раннем детстве, было ясно великое предназначение мальчика. Из мемуаров в мемуары кочует легенда о том, как десятилетний Джеймс часами мог смотреть на пар, выходящий из носика кипящего чайника, как он, лежа на полу, решал геометрические задачи. Относясь к этим легендам с понятным скептицизмом, отметим все же, что все, знавшие молодого Уатта, говорили о его огромной любознательности, широте интересов, одаренности. Многочисленные болезни, порознь и вместе одолевавшие его, несколько не убавили у него интереса к минералогии и ботанике, физике и медицине.

Когда Уатту исполнилось восемнадцать, пришла пора задуматься о выборе профессии. На семейном совете было принято решение сделать из него механика. В 1754 году Уатт отправился в Глазго, где с помощью своего дяди, профессора университета, нашел себе место ученика в оптической мастерской. В 1755 году он перебрался в Лондон, где определился в заведение Джона Моргана, изготовлявшего морские инструменты. Год, прожитый в Лондоне, дался Уатту очень тяжело. Отец его к тому времени совсем разорился и не мог помогать сыну, Джеймс вынужден был искать себе дополнительные заработки. Здоровье его, и без того плохое, из-за лондонской сырости совсем расстроилось, он непрерывно хворал; врачи советовали Уатту вернуться на родину. Некоторое время пожив в Гриноке с родителями, Джеймс поправил здоровье и вскоре отправился в Глазго, чтобы открыть там небольшую мастерскую.

Тут его встретила неудача. Ремесленники, объединенные в цеха, неохотно пускали в свою среду посторонних, а об открытии мастерской без разрешения корпорации нечего было и мечтать. Безуспешные попытки найти работу приводили Уатта в отчаяние, но ему, наконец, по-

счастливилось получить место механика в университете, где, кроме того, он мог открыть небольшую мастерскую. В распоряжении молодого механика оказалось небольшое подвальное помещение, в котором он вскоре приступил к изготовлению инструментов и приборов для физических экспериментов.

Впервые Уатту по-настоящему повезло. Тогда в университете Глазго работали многие крупные ученые, среди которых был, в частности, физик и химик Джозеф Блек, в те годы занимавшийся изучением свойств водяного пара. Он открыл у воды так называемую скрытую теплоту парообразования — понятие, которое Уатт впоследствии использовал при работе над паровой машиной. В университете хорошо приняли молодого механика, высоко оценив его умение изготавливать самые сложные приборы; вскоре оценили и его образованность, и незаурядную одаренность. Многие студенты приходили в мастерскую, зная, что молодой механик может помочь им в их затруднениях при изучении наук.

Особенно близко сдружился с Уаттом Джон Робисон, тогда студент, а впоследствии профессор-физик.

«Когда я познакомился с Уаттом,— вспоминал Робисон,— я был еще студентом, но считал себя довольно продвинутым в изучении моих любимых наук — механики и физики. Поэтому я был даже до известной степени задет, увидев, как этот молодой рабочий превосходит меня в этом отношении. Когда мы встречались в университете с какой-либо трудностью, мы обращались к нему за содействием, и каждый раз наш вопрос являлся для Уатта поводом для серьезного изучения и открытий, причем он или обнаруживал несущественность предложенного вопроса, или прояснял его до конца. Так, например, однажды понадобилось познакомиться с сочинением Леупольда — для этого Уатт изучил немецкий язык. В другом случае он по аналогичному поводу выучил итальянский язык. Наивная простота обращения молодого механика привлекала к нему всех, кто только узнавал его. Хотя я долго жил на свете, но не могу привести другого примера такой искренней и общей привязанности к человеку, обладающему столь неоспоримым превосходством над окружающими. Это превосходство несколько не подчеркивалось Уаттом и смягчалось с его стороны признанием заслуг всякого другого человека, общавшегося с ним. Уатту нравилось даже приписывать своим друзьям

такие идеи и открытия, которые, в сущности, были только отголоском его собственных идей».

Уатт усиленно занимался самообразованием, охотно мастерил сложные приборы, даже построил превосходный орган. К тому же времени относятся первые эксперименты Уатта по свойствам водяного пара. С помощью котла Папена он определяет зависимость температуры насыщенного пара от давления, помогает Робисону в его работе над изобретением паровой повозки.

Зимой 1763 года к Уатту обратился профессор физики Андерсон с просьбой починить модель машины Ньюкомена, которая понадобилась для чтения лекций. (В этом же году Ползунов представил свой проект парового двигателя — поистине золотой год для истории энергетики!)

Принявшись за починку модели, Уатт быстро убедился, что ее механизм весьма несовершенен. Прежде всего он был поражен огромным расходом топлива, которое требовалось для приведения модели в действие. Уатт быстро понял причины этого. Вода, впрыскиваемая в цилиндр для конденсации пара, сильно охлаждала стенки, и когда в цилиндр попадала новая порция пара, значительная часть его терялась на восстановление температуры. Кроме того, впрыскиваемая вода сама частично превращалась в пар и ухудшала вакуум в цилиндре.

Вначале Уатт попробовал внести в конструкцию модели небольшие усовершенствования. Он сделал цилиндр деревянным, чтобы тот меньше охлаждался; однако и в этом случае модель отказывалась работать исправно.

Пришлось приступить к планомерным опытам. Сначала Уатт определил объем пара, в который превращается вода при кипении. Единственный известный тогда источник — книга Дезагюлье — давала для этого соотношения величину 14 000. С помощью приборов собственного изобретения и изготовления Уатт получил для этой величины значение 1800, очень близкое к истинному — 1670.

Все эти работы занимали у молодого изобретателя очень много времени, но не помешали ему в 1764 году жениться на своей двоюродной сестре. Невеста имела небольшое состояние, и Уатт смог закрыть заведение в университете и заняться только своими изысканиями; впрочем, он объявил, что принимает поручения по инженерным вопросам.

Спустя год Уатт сделал свое первое великое изобретение. Вот как он сам писал об этом: «Однажды в вос-

кресенье я гулял по полю возле Глазго; проходя туда через улицу Шарлотты, я миновал старую прачечную. Я думал о паровой машине и только что прошел мимо дома Герда, как вдруг пришла в голову мысль, что пар, как упругое тело, будет притекать в разреженное пространство, если установить сообщение между ним и цилиндром; в этом разреженном пространстве пар будет конденсироваться, не охлаждая цилиндра... Я не успел дойти в своей прогулке до дома Гольфа, как все предложение вполне уложилось у меня в голове».

Так замечательная идея — использовать отдельный конденсатор пара — пришла в голову Уатту. Наверное, очень долго и очень углубленно нужно думать об одном и том же, чтобы потом за несколько минут получить такой прекрасный результат.

Вся остальная конструкция машины следовала из этого изобретения совершенно очевидным образом, и уже через несколько дней Уатт приступил к изготовлению модели новой машины. Испытания модели показали ее огромные преимущества перед ньюкоменовской — прежде всего с точки зрения расхода топлива; он снизился во много раз.

Уатту было, однако же, легче сделать свое замечательное изобретение, чем убедить кого-нибудь финансировать изготовление промышленного образца. Но друзья свели его с доктором медицины Ребуком. Широко образованный человек, Ребук был к тому же владельцем знаменитых Карронских заводов, самых современных в то время в Шотландии; здесь производились пушки «карронады», а также узлы и детали паровых машин. Кроме того, ему принадлежали и угольные копи, часто заливаемые водой, вследствие чего вопросы водоподъема были доктору Ребуку отнюдь не чужды.

Ученый предприниматель сразу понял значение изобретения Уатта и предложил финансировать постройку машины с отдельным конденсатором. Он взял на себя все расходы, связанные с изготовлением опытного образца машины и для получения патента, за что потребовал две трети будущих прибылей.

Первую машину удалось построить в 1769 году, но она оказалась не вполне удачной — пар протекал через неплотные соединения. Правда, патент Уатту удалось получить в том же году.

Тут в жизни Уатта началась полоса неудач. Умерла его жена, и он остался вдовцом с двумя детьми. Серьезный удар ожидал его и в делах — Ребук обанкротился. Работа над машиной была приостановлена. Уатту пришлось зарабатывать на жизнь, беря подряды на постройку мостов и зданий.

Так продолжалось до 1774 года, когда Уатт познакомился с одним из ведущих промышленников Англии Меттью Болтоном, которому принадлежал превосходно оснащенный завод в Сохо, вблизи Бирмингема. К тому времени Ребук совсем обанкротился, и машина Уатта вместе с правами на использование изобретения перешла к Болтону.

В 1774 году Уатт переехал в Бирмингем и стал главным механиком завода в Сохо. Начался самый плодотворный период в жизни великого изобретателя.

Машина, получившая название «Вельзевул», была построена довольно быстро — она заработала уже в 1777 году. Результаты были превосходными — топлива, по сравнению с машинами Ньюкомена, расходовалось вдвое меньше. Уатт писал отцу: «Дело, для которого я сюда приехал, идет довольно хорошо: огневая машина, которую я изобрел, пущена теперь в ход и дает гораздо лучшие результаты, чем все до сих пор построенные машины. Я надеюсь, что эта машина принесет мне еще много добра».

Началась постройка сразу нескольких машин, заказы на них сыпались со всех сторон, тем более что Уатт и Болтон придумали совершенно необычный способ привлечения шахтовладельцев. Они не продавали своих машин, а давали их даром любому, изъявившему желание установить на своем предприятии паровую машину конструкции Уатта. Больше того, они принимали на себя все расходы по установке машины, а установленные ранее машины Ньюкомена скупали. Единственной компенсацией этих затрат был пункт договора на установку машины, в котором оговаривалось, что одна треть суммы, ежегодно сэкономленной на топливе, передается Болтону и Уатту.

Трудно было устоять против столь заманчивого предложения, и машины Ньюкомена заменялись так быстро, как позволяли возможности завода в Сохо. Например, в 1790 году 70 машин Ньюкомена на рудниках Корнуэлла были заменены машинами Уатта.

Вскоре, однако, потребители раскусили, что «льготные» условия установки машин очень напоминают известную историю о награде для изобретателя шахмат: они должны были выплачивать своим «благодетелям» огромные суммы за сбереженное топливо. Начались бесконечные судебные тяжбы с шахтовладельцами, отказывавшимися выполнять свои обязательства. Тяжбами занимался Болтон, а Уатт принялся за решение новой задачи.

Мы не раз уже говорили о настоятельной потребности в универсальном двигателе, говорили и о том, что машины всех предшественников Уатта не были пригодны для использования в этом качестве. Не приспособлена для этой цели была и первая машина Уатта — для привода станков необходимо вращательное и непрерывное движение, которое она не могла обеспечить: ведь у нее только один ход цилиндра — вниз под действием атмосферного давления — был рабочим, второй ход был холостым — поршень поднимался противовесом-балансиром.

В 1782 году Уатт получил патент на машину, в которой оба хода поршня были рабочими. Вот как описывал это изобретение сам Уатт: «Мое второе улучшение паровых, или огневых, машин состоит в использовании упругой силы пара для того, чтобы двигать поршень вверх, а также прижимать его вниз попеременно, создавая вакуум над или под поршнем и одновременно используя действие пара на поршень в том конце или части цилиндра, из которой не происходит выхлопа пара; машина, сконструированная таким образом, может дать двойное количество работы или развить двойную мощность в одно и то же время... по сравнению с машиной, в которой активная сила пара действует на поршень только в одном направлении — либо вверх, либо вниз». Эта машина, которую называли машиной двойного действия, была уже непрерывно действующим паровым двигателем.

Значительно более сложную задачу пришлось решать Уатту, чтобы преобразовать прямолинейное возвратно-поступательное движение поршня во вращательное движение вала. Для этой цели можно было, конечно, применить давно известный кривошип, широко использовавшийся и в токарных станках, и в гончарных кругах, и в многочисленных конструкциях самопрялок. Уатт писал: «Применить кривошип к паровой машине было так же легко, как воспользоваться ножом, предназначенным для резки хлеба, для разрезания сыра».

Но оказалось, что патенты на применение кривошипа в огневой машине были уже получены некими Васбру и Пикаром! Уатту пришлось искать другие пути. Он создает так называемый планетарный механизм для соединения поршня с балансиром. Другой конец балансира он соединил с валом двигателя при помощи удивительного механизма — так называемого параллелограмма Уатта. Это был плоский шарнирный механизм, часть рычагов которого образовывала параллелограммы. Простое на вид устройство потребовало от изобретателя необыкновенной геометрической интуиции — ведь теоретическое решение задачи о движении звеньев параллелограмма было найдено только спустя семьдесят лет великим математиком П. Л. Чебышевым.

Сам Уатт, вообще очень скромно отзывавшийся о своих изобретениях, был в восторге от параллелограмма: «Хотя я не особенно забочусь о своей славе, однако горжусь изобретением параллелограмма более, чем каким-либо из изобретений, которые я сделал». Правда, параллелограмм был не более чем патентной уловкой: как только истек срок патента Васбру и Пикара, в паровых машинах Уатта сразу начал применяться кривошипно-шатунный механизм.

Итак, все необходимые для постройки паровой машины с непрерывным вращением изобретения были сделаны, и первый образец такого энергетического агрегата не замедлил появиться на свет. Уже в 1782 году паровой машиной приводилась во вращение зерновая мельница в небольшом английском городке Кетли. Машина была построена по проекту Уатта на заводе в Сохо. Через год или два были изготовлены машины для лондонских пивоваренных и винокуренных заводов. Популярность новых машин была столь велика, что паровые мельницы неожиданно стали модным местом развлечения людей высшего общества — «герцогов, дам и господ», как с иронией писал сам Уатт. А в 1787 году Уатт объяснял, как устроена и как работает паровая машина, королю Георгу III и королеве Шарлотте.

Число паровых машин, установленных на английских заводах, начало стремительно увеличиваться. Предприниматели сразу же осознали все выгоды использования силы пара, поняли, что в их руках оказалось средство резкого повышения производительности труда.

Развивающаяся промышленность освободилась от не-

обходимости располагаться вблизи рек, теперь можно было приблизить источник энергии к производству, а не наоборот, как в эпоху господства водяных колес. Уже за первое десятилетие после изобретения Уатта — с 1775 по 1785 год — на различных предприятиях было установлено 66 машин, в следующее десятилетие — 144 машины, причем 47 из них — на текстильных фабриках. Через четверть века в одной только Англии насчитывалось 1500 паровых машин, заменявших работу 180 000 лошадей. Шведский путешественник Сведеншерн, побывавший в Англии в 1802 году, с удивлением писал в путевых заметках: «Не будет преувеличением сказать, что эти машины в Англии так же и даже более распространены, как у нас водяные и ветряные мельницы».

Действительно, в описываемые времена Англия была наиболее промышленно развитой страной мира — две трети трудоспособного населения работали в промышленности.

Тысячи фабрик, оснащенных самыми совершенными для того времени станками, вырабатывали отличного качества товары; на десятках заводов плавился металл, из которого изготавливались всевозможные изделия; сотни непрерывно действующих шахт обеспечивали топливом и промышленность, и население. Для сообщения с многочисленными колониями требовались быстроходные корабли и усовершенствованное оружие — строились новые заводы, новые верфи.

Промышленности нужны были машины все более и более производительные. Не случайно именно в Англии появились и быстро распространились паровые машины. Все указывало на то, что Англия переживала величественный, хотя и жестокий период своей истории — период знаменитого промышленного переворота.

Континентальная Европа не захотела отставать от «мастерской мира», как англичане с гордостью именовали свою страну. Паровые машины стали изготавливать во Франции и Германии, в Бельгии и Швеции. Вскоре началось производство машин в США. В 1799 году была установлена первая после двигателя Ползунова паровая машина на Урале, в России.

Паровая машина оказалась тем изобретением, которое было слишком эффективным, чтобы иметь противников, она быстро находила применение в самых различных областях. Всемирной славы был удостоен и ее изо-

бретатель — Джеймс Уатт. В 1784 году он был избран членом Эдинбургского Королевского общества, в 1785 — членом Лондонского Королевского общества. В 1806 году университет Глазго, в котором начиналась деятельность Уатта, присвоил ему почетное звание доктора юридических наук. В 1814 году Парижская Академия наук избрала Уатта одним из своих восьми иностранных членов.

В 1800 году Уатт отошел от дел, связанных с производством паровых машин, но его научная активность ничуть не снизилась. Он пытается ввести в Англии метрическую систему мер, изучает состав воды. Вместе с друзьями, среди которых был дед великого Дарвина Эразм, Уатт создает научное общество, шутливо названное «Лунной академией» (члены общества собирались обычно в полнолуние), где обсуждались самые животрепещущие научные и технические проблемы.

Широта взглядов, образованность и эрудиция Уатта поражали всех, кто с ним общался. Вальтер Скотт, прославленный автор исторических романов, так описывает в предисловии к роману «Монастырь» свое впечатление от встречи с Уаттом, уже глубоким стариком: «Я и теперь еще как будто вижу и слышу все происшедшее в тот невозвратный вечер: старик Уатт с благосклонным вниманием выслушивал все вопросы и спешил ответить каждому. Его обширный ум и воображение обнимали все предметы. Один из присутствующих ученых был весьма сведущий филолог: Уатт разговаривал с ним о происхождении письмен, как будто жил во времена Кадма. Другой гость был знаменитый критик: слушая разговор с ним Уатта, вы бы подумали, что последний всю жизнь изучал политическую экономию и изящную словесность. О точных науках и говорить нечего: они составляли его специальность. Наконец, когда он разговаривал с нашим соотечественником Джедедаией Клейшботаамом, вы поклялись бы, что он жил во времена Клевергауза и Бурля с гонителями и с гочимыми и что он в состоянии исчислить все пули, посланные драгунами вдогонку бежавшим пуританам».

Окруженный любовью и уважением сограждан, но почти совсем одинокий — лишь старший из шести его сыновей пережил отца — коротал великий изобретатель свои дни в небольшом поместье. 19 августа 1819 года Джеймс Уатт умер. На его памятнике в Вестминстерском аббатстве — усыпальнице великих англичан — вы-

сечена надпись: «...применив к усовершенствованию паровой машины силу творческого гения, расширил производительность своей страны, увеличил власть человека над природой и занял выдающееся место среди наиболее прославившихся людей науки и истинных благодетелей человечества».

Но лучшим памятником Уатту были его паровые машины, вращавшие станки и насосы, поднимавшие тяжелые грузы в разных городах и странах.

Огонь, пар и колеса

С изобретением паровой машины человек научился превращать в движение, в работу теплоту, запасенную в угле, дереве, торфе. Он фактически поставил себе на службу само Солнце, энергия которого, непрерывным потоком изливающаяся на Землю, сконцентрирована в топливе. Человечество, казалось, могло ставить теперь перед собой любые задачи, почти не задумываясь о том, где взять достаточно сил, чтобы осуществлять самые смелые проекты. Паровая машина — одно из очень немногих в истории изобретений, которое резко изменило картину мира, революционизировало промышленность, транспорт, дало возможность строить каналы и огромные сооружения, дало импульс новому взлету научного знания. Это изобретение изменило и само общество и общественные отношения в нем, оно знаменовало собой промышленную революцию — предвестник революций социальных.

Изобретение Уатта как бы венчало собой многовековую работу инженеров и механиков разных стран, пытавшихся обуздать и поставить на службу человеку могучую силу пара.

По-разному пытались изобретатели освоить новый вид энергии, несоизмерим их вклад в окончательное решение задач, но каждый из них стимулировал поиски решения, призывал последователей, воспитывал учеников, которые продолжали дело учителей. Испанец Бласко де Гарай, итальянец Бранка, француз Соломон де Ко, русский Ползунов, англичане Вустер, Севери, Ньюкомен — даже этот далеко не полный список изобретателей свидетельствует о том, что повсюду совершались попытки использовать силу пара. Не случайно Энгельс писал о том, что «паровая машина была первым действительно интернациональным изобретением...».

Но не только в самом поступательном процессе изобретательства виден его интернациональный характер. В еще большей степени заключался он в повсеместном признании изобретения, стремительном его распространении по земному шару, в том общественном интересе, который проявлялся повсюду. Не мог пройти мимо появления паровых машин один из самых выдающихся мыслителей своего времени — А. С. Пушкин. Сравнительно мало известно, что в издаваемом им журнале «Современник» Пушкин предполагал отвести достойное место популяризации науки. Уже в третьем томе журнала (всего их вышло пять, последний — вскоре после смерти поэта) появилась статья «О надежде», популярно излагавшая теорию вероятностей. Автором статьи был один из сотрудников «Современника» князь Петр Борисович Козловский, блестящий популяризатор, о котором Пушкин в письме к П. Я. Чаадаеву писал: «Козловский стал бы моим провидением, если бы решительно захотел сделаться литератором». Именно ему заказал Пушкин статью о паровых машинах, которая появилась в пятом томе «Современника» под названием «Краткое начертание теории паровых машин». В предисловии к этой статье, увидевшей свет уже после смерти великого поэта, автор писал: «...одно из последних желаний покойника было исполнение моего обещания: доставить в «Современник» статью о теории паровых машин, изложенную по моей собственной методе. Можно еще противиться воле живых; но загробный голос имеет что-то повелительное, чему сетующее сердце не может не повиноваться».

Колоссальные изменения принесла паровая машина в самые разные области техники.

Прежде всего, конечно, огромные перемены произошли в самом машиностроении. Эта отрасль промышленности фактически возникла заново в связи с необходимостью изготовления паровых машин. Машины этих нужно было все больше и больше, пришлось придумывать новые, более производительные станки, и станков этих тоже все время не хватало. Требовалось увеличивать точность изготовления деталей паровых машин — и станки становились совершеннее. Намного увеличилась добыча металла, который полностью вытеснил дерево из конструкций машин, возросла добыча угля, необходимого для выплавки металла. И повсюду на помощь человеку приходила сила пара.

Возникли, конечно, и новые проблемы. Огромные массы металла, угля, машин нужно было теперь доставлять к месту дальнейшей переработки. Тормозом для развивающейся промышленности стал транспорт. И опять взгляды изобретателей обратились к пару. Паровые машины конструкции Уатта для транспорта не годились. Они были громоздкими, потребляли очень много воды для охлаждения конденсатора, требовали для работы больших объемов пара. Это были так называемые машины низкого давления, в которых пар поступал в цилиндр при давлении, лишь на несколько процентов выше атмосферного и использовался фактически только для образования вакуума в цилиндре.

Для транспорта нужны были машины, в которых поршень перемещался бы не за счет давления атмосферы, а силой пара. К производству именно таких машин приступили в Соединенных Штатах Америки под руководством изобретателя Оливера Эванса в 1802 году.

Эванс родился в 1775 году в Филадельфии. Как и большинство других изобретателей, в детстве он не смог получить систематического образования, хотя и проявил незаурядные способности. В 1797 году он изобрел две машины для изготовления щеток, которые в большом количестве употреблялись в текстильном производстве.

Когда в руки ему попала книга, в которой описывались атмосферные машины, он, по его собственным словам, был крайне удивлен тем, что изобретатели паровой машины использовали пар только для получения вакуума, игнорируя огромную силу пара. Он вспоминал: «Вечером, в канун нового 1792 года, когда я был еще в учении, один из моих младших братьев рассказывал мне, что он целый день забавлялся с детьми соседского слесаря производением пальбы в честь нового года. Для этого они взяли старое ружейное дуло, наливали в него немного воды, заклепывали и держали на огне, от чего ружье палило с треском, подобным выстрелу из орудия, заряженного порохом. «Вот,— воскликнул я в ту же минуту,— движущая сила, которой столь долго доискиваюсь! Теперь стоит только придумать способ ее приложения».

«Способ ее приложения» Эванс отыскивал еще много лет, пока в 1801 году не построил первый действующий образец паровой машины высокого давления. Патент на нее был получен в 1802 году, и вскоре на огромных по

тем временам заводах Эванса в Филадельфии, Питсбурге и Пенсильвании началось производство таких машин. Примерно в то же время паровые машины высокого давления были изобретены и в Англии — Тревитиком.

Машины высокого давления, намного меньшие и более легкие, чем машины Уатта, уже могли быть использованы для решения транспортных проблем. Правда, для машин высокого давления требовались значительно более прочные и точно изготовленные котлы и цилиндры. Но это было бы проблемой раньше: машиностроение в начале XIX века уже достаточно развилось и способно было удовлетворить новым требованиям.

...Попытки использовать силу пара для транспортных целей делались уже давно. Упомянем здесь, например, предложение Ньютона построить реактивную паровую тележку. Через сто лет, в 1763 году, француз Н. Ж. Кюньо построил паровую повозку для транспортировки артиллерийских снарядов. Машина Кюньо могла двигаться всего 12—15 минут, а потом на такое же время останавливалась для пополнения запасов воды и угля. Шестью годами позже французский инженер построил более совершенную, казалось бы, повозку; но вскоре выяснилось, что она тоже не лишена недостатков — ею было практически невозможно управлять. Когда повозку пустили по улицам Парижа, она двинулась совсем не в ту сторону, которую имел в виду изобретатель, налетела на стену и разрушила дом. Результатом этого эксперимента было естественное недовольство пострадавших (которые потребовали возмещения убытков) и запрещение властей проводить дальнейшие усовершенствования опасного экипажа.

Нужда в новых транспортных средствах, однако, была столь велика, что попытки сконструировать паровой экипаж продолжили другие изобретатели. Уже упоминавшийся нами Эванс построил в Америке нечто вроде парового локомотива. Он был столь несовершенен, что не мог сдвинуться с места. Ученик Уатта Уильям Мердок в 1784 году приступил к опытам с паровой повозкой и через два года построил действующую трехколесную модель. Сделать практически пригодный образец ему не удалось.

Все эти изобретатели стремились построить повозку, в которой паровая машина заменила бы лошадь, то есть

попросту паровую телегу. Сегодня ясно — это была бесперспективная затея: новое качество требовало и новых технических решений. Попытки просто втиснуть паровую машину в старую, известную уже тысячи лет «лошадно-тележную» схему ни к чему не приводили. Некоторые изобретатели были настолько в плену прежней схемы, что пытались применить механизм, имитирующий движение ног лошади! Такую машину построил в 1813 году англичанин Брунтон. В 1824 году Давид Гордон создал трехколесный паровой экипаж; колеса просто катились по дороге, от которой экипаж отталкивался механическими ногами.

Словом, практическая потребность в паровых повозках была огромна, и к 30-м годам прошлого века только в Англии работали около ста «паромобилей» конструкции Гурни, Хенкока и других. Возможно, многолетний труд изобретателей и привел бы в конце концов к созданию практически пригодных паровых повозок, если бы на пути их развития и совершенствования не имелось еще одного существенного препятствия — ужасающего состояния дорог, по которым им предстояло передвигаться!

Сухопутные дороги, доставшиеся новому времени в наследство от средневековья, были практически непроезжими. В той же Англии, например, положение было таково, что нагруженные телеги спряжкой не могли проехать из Манчестера в Ливерпуль, приходилось доставлять товары на вьючных лошадях. Из-за трудностей транспортирования уголь, добывавшийся вдали от рек или морских берегов, не имел никакой цены. В Австрии транспортные наценки превышали цену самого перевозимого товара. В Германии кареты сопровождались слугами с кирками и лопатами: иначе проехать по тогдашним дорогам было невозможно.

Лучшей из грунтовых дорог того времени в России был Петербургский тракт. Но вот в каких выражениях описывает его состояние А. С. Пушкин, проехавший из Москвы в Петербург: «...Путешествие наше было неблагополучно. Проклятая коляска требовала поминутно починки. Кузнецы меня притесняли, рытвины и местами деревянная мостовая совершенно измучили. Целые шесть дней тащился я по несносной дороге и приехал в Петербург полумертвый».

Конечно, дороги со временем совершенствовались, строились новые с лучшими покрытиями, и все же они

были непригодны для необычного вида транспорта, гораздо более тяжелого и скоростного. Вот тогда-то изобретатели паровых экипажей и обратились к другому виду путей — рельсовым, которые уже довольно давно использовались на горных предприятиях. Такие дороги — сперва с деревянными, а потом, с начала XIX века, — с железными рельсами имелись в разных странах: в Англии, в Германии, в России. Сначала по ним на повозках с конной тягой перевозили только грузы внутри предприятий, потом стали строить известные всем «конки», первая из которых использовалась для перевозки пассажиров между Кройдоном и Уондсвортом на расстояние около сорока километров. В России Петр Козьмич Фролов, сын строителя знаменитых гидросиловых установок на Урале, разработал проект конной рельсовой дороги протяженностью 150 километров; этому проекту не суждено было осуществиться.

Приспособить паровую машину к движению экипажа по рельсам оказалось несравненно проще. Не возникало проблем, связанных с неровностями пути, ухабами и выбоинами, снизились потери на трение.

Первый удачный опыт по постройке паровоза принадлежал англичанину Р. Тревитуку. Он тоже начинал с паромобилей и даже создал три более или менее работоспособные модели. Однако быстро оценил преимущества железного пути и приступил к проектированию паровозов. Большой заслугой Тревитика было то, что он смело пустил свою машину с гладкими колесами по гладким же рельсам, что считалось до него невозможным из-за недостаточного будто бы трения. Большинство изобретателей замыкалось на паре: зубчатое колесо — зубчатый рельс.

Публичные испытания паровоза Тревитика проводились в 1803 году. Машина везла десять тонн железа или 70 пассажиров со скоростью около десяти километров в час. Это был большой успех. Газеты того времени, не часто уделявшие внимание техническим вопросам, публиковали восторженные отклики на это событие. А уже в 1808 году, когда для популяризации своего изобретения Тревитик построил в Лондоне настоящий аттракцион — кольцевую дорогу, все желающие могли прокатиться на паровозе уже со скоростью около 30 километров в час. Этот аттракцион, правда, ввиду поломки паровоза оказался для Тревитика убыточным: он вынужден был пре-

кратить работу над усовершенствованием своего изобретения и занялся конструированием парового двигателя высокого давления, который можно было применять для обмолота, косьбы, помола зерна.

Как раз в то время в вечерней платной школе на одной из шахт вблизи Ньюкастла учился читать и писать молодой кочегар по имени Джордж Стефенсон. Жизнь его начиналась крайне трудно. Отец служил на шахте кочегаром при помпе, мать умерла, когда Джорджу было всего три года. Образования он никакого не получил и сразу, как только немного подрос, стал помогать отцу.

Потом он работал на шахтах, осваивая разные механизмы и пытаясь разобраться в них до тонкостей. Вскоре он стал признанным специалистом-механиком и заинтересовался паровым транспортом. В 1814 году, когда ему было 33 года, Джордж испытал свой первый паровоз, который перевозил груз в 30 тонн со скоростью около шести километров в час. Конструкция паровоза оказалась неудачной, но средств для продолжения опытов у Стефенсона не было.

Помог случай. Как раз в это время в Англии проводился конкурс на лучшую конструкцию безопасной шахтерской лампы, которая не вызывала бы взрыва газа в шахте. Стефенсон принял участие в конкурсе. Свою конструкцию безопасной лампы представил и известный ученый Гемфри Деви. Обе конструкции, одна из которых была плодом теоретических размышлений, а другая — результатом нескольких недель опытов, оказались практически равноценными, и беспристрастное жюри решило отметить обе лампы первой премией. Правда, Деви была вручена премия в две тысячи фунтов стерлингов, а неизвестному механику — в сто. Такое решение жюри земляки Стефенсона сочли несправедливым. Они собрали по подписке тысячу фунтов стерлингов и на публичном обеде вручили их изобретателю.

Теперь у Стефенсона оказались, наконец, средства для продолжения работ по улучшению конструкции паровоза. К 1825 году им было построено уже 16 паровозов, и он стал признанным авторитетом в этой области. В том же году он возглавил строительство Стоктон-Дарлингтонской железной дороги, для которой им был построен паровоз новой конструкции,

В то время главным помощником Джорджа Стефенсона стал его сын Роберт, причем разделить вклад отца и сына в конструирование паровозов, по сути дела, невозможно: практическая сметка отца удачно дополнялась прекрасной образованностью сына.

Следующим крупным контрактом, выполненным отцом и сыном Стефенсонами, было строительство самой в то время протяженной железной дороги Манчестер—Ливерпуль длиной 45 километров. В процессе строительства Стефенсону вновь пришлось доказывать преимущества паровозной тяги, ибо появилось конкурирующее предложение — использовать 21 стационарную паровую машину, которые должны были тащить составы канатами. Паровоз восторжествовал, но для выбора конструкции локомотива был назначен конкурс, настоящий инженерный чемпионат. Условия конкурса были весьма жесткими — оговаривались стоимость паровоза, давление пара в котле, число колес, вес груза и множество других параметров.

В октябре 1829 года в местечке Рейнхилл под Ливерпулем состоялись необычные состязания. Для участия в них были заявлены пять паровозов, но один бдительные судьи сразу же дисквалифицировали, потому что обнаружили спрятанную внутри обшивки... лошадь, которая с помощью своеобразных педалей приводила в движение колеса. Осталось четыре паровоза, имевшие, кстати, как корабли, собственные имена — «Новинка» конструкторов Брайтвайта и Эриксона из Лондона, «Бесподобный» Гаксворта из Дарлингтона, «Упорство» Бурштеля из Эдинбурга и «Ракета» Стефенсонов из Ньюкасла. Паровоз с гордым именем «Бесподобный» подвела трещина в паровом котле (кстати, изготовленном на заводе Стефенсонов), и поэтому реально конкурировали только три конструкции. Победу одержала «Ракета» Стефенсонов, благополучно преодолевшая всю дистанцию гонки протяженностью около трех километров со скоростью, достигшей сорока четырех километров в час.

Уже через 11 месяцев «Ракета» провела по расписанию первый пассажирский состав по новой дороге между Ливерпулем и Манчестером.

Россия оказалась одной из первых стран, в которых появились паровозы. Уже в 1834 году отец и сын Ефим Алексеевич и Мирон Ефимович Черепановы построили

на нижнетагильских заводах рельсовую дорогу с паровой тягой. Постройке этой дороги предшествовало изготовление Черепановым паровых машин для демидовских заводов. «Стараниями и усердием природного механика Ефима Черепанова» уже в 1820 году в Нижнем Тагиле была построена действующая модель паровой машины. Когда об этом сообщили Демидову, он немедленно распорядился направить механика в Англию. Там Черепанов провел около полугода, ознакомившись с действием уаттовских паровых машин. Комиссионер Демидова в Англии Эдуард Спенс отмечал в письме патрону: «Черепанов — человек редких способностей в механике, которые, несомненно, значительно усовершенствовались и созрели благодаря наблюдениям, сделанным им в нашей стране».

После возвращения на Урал Черепанов с сыном немедленно приступают к постройке паровых машин. К началу 30-х годов они изготовили уже четыре машины. Как отмечалось в деле «О награждении медалью заводского служителя Черепанова», «все оне имеют самую удобнейшую конструкцию, не многосложны, превосходной наружной отделки и действуют легко, с полным успехом, потребляя в определенное время несравненно менее горючего материала против устроенных прежде на Урале ученым механиком Меджером».

Накопленный при постройке паровых машин опыт сослужил Черепановым добрую службу — уже их первый паровоз, который перевозил руду на территорию завода по специальной «чугунной дороге», развивал скорость 15 километров в час, перемещая при этом три с половиной тонны полезного груза. Еще мощнее был второй их паровоз — он перевозил уже 17 тонн.

Железные дороги с паровозной тягой начали распространяться по всему миру. Но удивительное дело: если паровые машины распространялись очень быстро, практически не встречая противодействия, то прокладка железных дорог встретила отпор со стороны весьма могущественных соперников. Владельцы каналов, кораблей, других транспортных средств всячески препятствовали развитию конкурента. Строительство железной дороги Ливерпуль — Манчестер, например, сначала запретил парламент, и только через год, когда владельцам

Бриджуотерского канала выделили тысячу акций будущей железной дороги, разрешение было получено.

Авторы газетных статей запугивали читателей ужасами, в которых были будто бы повинны железные дороги. Вот что, например, писалось: «Железные дороги помешают коровам пастись, а курам нести яйца, отравленный локомотивом воздух будет убивать пролетающих над ним птиц, сохранение фазанов и лисиц будет невозможно. Дома по окраинам дороги погорят из-за искр, вылетающих из топки паровоза. Лошади потеряют всякое значение, овес и сено не будут иметь никакой цены. Путешествие по железной дороге крайне опасно, паровозы могут взрываться, и пассажиры будут разорваны на части». А когда открылась первая в России пассажирская железная дорога Петербург — Царское Село — Павловск, один из ее противников, министр финансов Канкрин, писал: «Железные дороги — часто более предмет роскоши и представляют собой, по существу, скорее зло, чем благодеяние».

Передовые мыслители того времени поддержали идею строительства железных дорог. В России инициатива разоблачения врагов прогресса исходила от сотрудника редакции «Современника», давнего друга А. С. Пушкина, писателя В. Ф. Одоевского. Его старинный знакомец инженер М. С. Волков написал осенью 1836 года статью в поддержку нового способа сообщения. Одоевский сразу же послал статью Пушкину для опубликования в «Современнике».

«Статья Волкова в самом деле очень замечательна, дельно и умно написана и занимательна для всякого», — отвечал Пушкин Одоевскому.

Но Пушкин, в отличие от Волкова и Одоевского, видел и другую сторону вопроса — дополнительные тяготы, которые лягут на плечи трудового народа при постройке нового средства сообщения. Одоевский все-таки убедил Пушкина в целесообразности опубликования статьи Волкова, и она должна была появиться в первом номере «Современника» за 1837 год. Однако трагическая гибель поэта помешала напечатанию статьи.

Вспомним и замечательную «Железную дорогу» Н. А. Некрасова, свидетельствующую также о понимании поэтом глубинных социальных процессов, связанных с прогрессом:

Прямо дороженька: насыпи узкие,
Столбики, рельсы, мосты.
А по бокам-то все косточки русские...
Сколько их, Ванечка, знаешь ли ты?..

Однако прогресс — явление неодолимое; все больше железных дорог сооружалось в мире, все больше паровозов перевозили грузы и людей. Сила пара, в принципе, полностью удовлетворяла потребность человечества в сухопутных перевозках.

Пришел пар и на водный транспорт. Здесь он был особенно необходим, потому что бурно развивающаяся мировая торговля не могла примириться с рабской зависимостью от капризов погоды. Красавцы-парусники, перевозившие грузы через океаны, часто становились жертвами разбушевавшейся стихии. На реках парус вообще почти не применялся, и суда против течения тащили лошади, а иногда и люди — бурлаки (только в России их было около шестисот тысяч).

Изобретатели давно пытались заменить мускульную силу людей, приводившую в движение речные суда, более мощным источником. Мы упоминали уже о быкоходе «Либурна», не прижившемся, правда, на водных путях. Совершались попытки создать машинные суда и в России, где реки издавна служили одним из основных путей сообщения. Часто при движении против течения могучих российских рек применялся ход «подачами», при котором тяжелый якорь сбрасывался впереди судна на длинном пеньковом канате — «подаче». Бурлаки, вытягивая тяжелый набухший канат, медленно перемещались от носа к корме, продвигая судно вперед. Тяжелую баржу тянули таким способом иногда девяносто — сто человек, но пройти больше десяти—двенадцати километров за сутки непрерывного тяжелого труда не удавалось.

8 ноября 1782 года в Петербурге на Неве прошло испытание первого машинного судна в России — «водохода» Ивана Петровича Кулибина.

«Водоход» сохранял принцип движения «подачей», но полностью исключал тяжелый бурлацкий труд. Судно перемещалось с помощью «водою действующих колес...», которые «поднимаются с рамами и опускаются чрез стойки с перекладами помощью шкивов». На носу и корме «водохода» были установлены четыре гребных колеса. Они вращались силой течения реки и передавали

движение вала, на который наматывалась та же «подача». Скорость судна оставалась прежней, но его продвигала против течения уже не сила мускулов, а сила воды.

При испытании «водохода» присутствовала высокая комиссия, в которую входили члены Адмиралтейств-коллегии. Возглавлял комиссию сам генерал-прокурор князь А. А. Вяземский. Испытания прошли успешно, изобретателю было выдано вознаграждение, но на этом история «водохода» завершилась. Сгубила кулибинское изобретение бюрократическая косность чиновников и привычка к бурлацкому труду, недостатка в котором не ощущалось. Тем не менее идея судна, приводимого в движение машиной, обрела реальные черты и во многом облегчила появление на российских реках паровых судов.

Механики издавна пытались применить для движения судов силу пара. Мы упоминали уже о неподтвержденной попытке Бласко де Гарая построить пароход; о применении пара для движения гребных судов писал Соломон де Ко. В 1708 году Дени Папен представил свой проект паровой лодки на рассмотрение Лондонского Королевского общества, однако поддержки не получил. Действительно, в то время никакой проект парового судна осуществлен быть не мог — не было изобретено еще подходящего двигателя. Только когда на суше заработали сперва несовершенные, а потом все более и более удачные конструкции паровых машин, стало возможным всерьез заняться созданием паровых кораблей.

Первые практические попытки построить паровое судно были осуществлены во Франции. В 1753 году Парижская Академия наук объявила конкурс предложений механизмов, приводящих в движение суда. В конкурсе приняли участие крупнейшие ученые — Даниил Бернулли, Леонард Эйлер и другие. Первого приза был удостоен Бернулли, который показал в своем трактате как дважды два, что никакие современные ему машины, в том числе и машина Ньюкомена, не в состоянии обеспечить движение судна лучше, чем самые обыкновенные весла. Несмотря на пессимистическое заключение авторитетного победителя, попытки построить судно, обходящееся без весел и парусов, оставлены не были.

Среди любителей, занявшихся этим модным в то время вопросом, был и молодой офицер маркиз Клод де Жоффруа д'Аббан, сосланный в Прованс за дуэль со своим командиром. Занимаясь на досуге составлением истории галер и других весельных судов, он решил, что пришло время заменить гребцов паровой машиной. Но во Франции паровых машин тогда не было, а в Англию опальный маркиз отправиться не мог. На помощь, как это часто бывает, пришел случай.

В 1775 году братья Перье приступили к постройке первого во Франции «огненного насоса», то есть той же машины Уатта. Молодой офицер тотчас же отправился в Париж, познакомился с братьями Перье и подробно изучил их машину. Это еще больше укрепило его в мысли о возможности постройки парового судна. Начались опыты. После нескольких неудач удалось соорудить судно «Пироскаф», публично испытанное вблизи Лиона в 1783 году. Это судно, приводимое в движение гребными колесами, которые вращала паровая машина, могло больше часа двигаться против течения.

К сожалению, Жоффруа вскоре прекратил свою изобретательскую деятельность — во Франции началась революция, маркиз как роялист эмигрировал и, принимая участие во всех попытках реставрации, оставил свои научные опыты.

В это время Уаттом была создана эффективная паровая машина двойного действия. Казалось бы, в Англии вот-вот отправится в плавание судно с новым двигателем. Англичане, однако, не слишком торопились с решением этой проблемы, хотя с гордостью именовали себя «нацией мореплавателей».

Наиболее серьезные опыты постройки пароходов проводились тогда в Америке. Уже в 1784 году к президенту Вашингтону почти одновременно явились два изобретателя — Д. Фитч и Д. Рамси — и предложили свои проекты применения паровой машины Уатта к движению судов. Пароход Фитча приводился в движение гребными колесами, а Рамси придумал нечто вроде водометного двигателя — вода засасывалась насосом, установленным в передней части судна, и выбрасывалась под кормой. Оба опытных парохода двигались очень медленно, часто ломались. Изобретателям не удалось заинтересовать предпринимателей. Опыты приносили сплошные убытки.

В поисках средств для продолжения опытов Фитч отправился во Францию, но и там никого не заинтересовал своим проектом. Рамси, уехавшему с той же целью в Англию, больше повезло — он нашел там людей, снабдивших его необходимыми для проведения опытов деньгами. Но паровая лодка, построенная им, не сдвинулась с места. Здесь, в Лондоне, изобретатель умер. И хотя его опыты оказались неудачными, вклад Рамси в историю изобретения парохода оказался неожиданно велик.

Дело в том, что в Лондоне Рамси подружился с молодым американцем, который живо заинтересовался его деятельностью и принял участие в попытках построить пароход. Звали этого юношу Роберт Фултон.

Ошибка Наполеона Бонапарта

Ирландец по национальности, Роберт Фултон родился в американском штате Пенсильвания. Он очень рано остался сиротой и был отвезен в Филадельфию, где поступил для учения в мастерскую известного ювелира. Уже в раннем детстве у мальчика обнаружили большие способности к живописи, и в 1782 году, семнадцати лет от роду, Фултон открыл в Филадельфии портретную мастерскую. Известный меценат Скорбитт принял живое участие в судьбе одаренного портретиста и в 1786 году помог ему поехать в Лондон для совершенствования в своем мастерстве. Однако теперь больше, чем живопись, привлекали Фултона занятия механикой. С живописью было покончено после встречи Фултона с Рамси (но не раз еще в течение своей жизни Фултон при помощи кисти добывал себе средства для продолжения опытов по постройке парохода).

После смерти Рамси у Фултона остались все его чертежи и расчеты. Устранив в проекте Рамси, который в последние годы отказался от идеи водометного движителя и применял в своих моделях гребные колеса, все очевидные ошибки и существенно усовершенствовав конструкцию парохода, Фултон принялся искать предпринимателя, который финансировал бы его опыты. Поиски эти окончились неудачей — в Англии были сильно разочарованы результатом попыток Саймингтона и Миллера построить паровую лодку. Изобретатели спустили на воду пароход «Шарлотта Дундас» (первые испытания

этого парохода наблюдали Роберт Бернс и Фултон), но устройство его было настолько неудачным, что пароход в конце концов затонул.

Не найдя денежной поддержки в Англии, Фултон в 1796 году пересек Ла-Манш.

Во Франции он начал с заманчивого предложения построить подводную лодку. Комиссия, в которую входили академик Монж, Лаплас и другие, благосклонно отнеслась к проекту Фултона, и по ее рекомендации правительство выделило необходимые средства. К сожалению, и первый, и второй образцы подводной лодки оказались неудачными. Наполеон, занятый войнами с соседними государствами, быстро разочаровался в идее Фултона, и финансирование его работ, поначалу суливших перелом в морской войне, было прекращено.

На помощь Фулtonу пришел случай. В Париже он подружился с богатым и предприимчивым американским посланником Робертом Ливингстоном, который и сам был не прочь построить пароход. Ливингстон обеспечил изобретателя необходимыми средствами, и в 1803 году первый пароход Фултона в присутствии многочисленных зрителей совершил пробное плавание по Сене. Пароход мог полтора часа плыть против течения со скоростью около четырех километров в час. Фултон вновь обратился за поддержкой к Бонапарту, но получил резкий отказ.

Потерпев неудачу в Европе, Фултон решил вернуться в Америку. В это время Ливингстон выхлопотал для него привилегию на организацию пароходства в штате Нью-Йорк сроком на 20 лет — при условии, что за два года Фултон построит пароход, который пройдет против течения Гудзона со скоростью, не меньшей чем шесть километров в час. В 1806 году Фултон вернулся на родину, привезя с собой изготовленную на заводе Болтона паровую машину Уатта мощностью 18 лошадиных сил.

К постройке парохода Фултон приступил незамедлительно. Уже через год, в 1807 году, судно «Клермонт» длиной 50 метров с установленной на нем паровой машиной было спущено на воду. По бортам его располагались два гребных колеса диаметром по пять метров. Это неуклюжее сооружение вызвало дружный смех зевак, столпившихся на берегу Гудзона. Но когда эта нелепая машина поплыла против течения, все более наращивая скорость, смех быстро сменился криками восторга.

Весть об успехе быстро облетела город, и тысячи жителей Нью-Йорка сбежались смотреть на невиданное зрелище. Триумф Фултона был полным.

Недостатки, выявившиеся во время первого испытания, были быстро устранены. Через несколько дней в газетах появилось объявление об открытии регулярного пароходного сообщения между Нью-Йорком и Олбани, расстояние между которыми около 300 километров. Однако палуба парохода, отправлявшегося в первый рейс, была пуста. Несмотря на очевидный успех первого плавания, во всем городе не нашлось смельчака, рискнувшего вверить свою жизнь страшной силе пара. На обратный путь из Олбани нашлась лишь одна отчаянная голова.

В газетах того времени писали, что Фултон, получив от своего пассажира шесть долларов за проезд, заплакал от счастья — ведь это был первый в истории пароходный билет. Изобретатель готов был распить с первым пассажиром бутылку шампанского, но у него не нашлось денег на ее покупку.

После этого события дела пароходства начали очень быстро поправляться. В течение 1811 года Фултон построил четыре новых парохода, предназначенных для плавания по Гудзону; вскоре пароходы появились на Миссисипи и Огайо.

В 1812 году стараниями Генри Белла в Англии появился пароход «Комета», который перевозил пассажиров по реке Клайд. В 1815 году начал совершать регулярные рейсы между Петербургом и Кронштадтом пароход «Елизавета», построенный на машиностроительном заводе К. Н. Берда.

Все пароходы того времени плавали по рекам или внутренним водоемам. Но не за горами был уже и выход в океан.

Первым пароходом, который пересек Атлантику, стало американское судно «Саванна» — это случилось в 1819 году. «Саванна», кроме паровой машины, имела и парусную оснастку, причем большую часть пути корабль проделал под парусами. Только в 1838 году два парохода, специально построенные для плавания через Атлантику, «Сириус» и «Великий восточный», совершили переход из Англии в Америку, не прибегая к помощи парусов (хотя они на всякий случай и на этих пароходах были).

К середине XIX века практически повсюду на смену естественным источникам энергии — воде и ветру — пришел пар, неизмеримо расширивший возможности человечества. На многочисленных заводах и фабриках пар приводил в движение станки, при помощи пара поднимали грузы, с его помощью двигались паровозы и пароходы — словом, паровые машины были повсюду. И повсюду требовались новые паровые машины, еще более мощные, еще более совершенные.

Вот тут-то неожиданным для механиков тормозом стало отсутствие теории паровых машин — и несовершенство теории теплоты вообще. Изобретатели паровых машин, паровозов, пароходов — а в большинстве своем это были самоучки, практики — пользовались, конечно, некоторыми эмпирическими закономерностями, но какой-либо системы расчета попросту не существовало. Более того, в те времена не были, по существу, известны даже свойства водяного пара.

Теория спешит за практикой

Лишь к началу XVII века некоторые ученые стали понимать, что пар — это не воздух, а особое состояние воды. Организуются планомерные опыты по определению свойств пара: это прежде всего работы Циглера, Бетанкура, Соутерна и других.

Очень важное открытие сделал друг Уатта, профессор университета в Глазго Джозеф Блэк, — он ввел понятие о скрытой теплоте плавления и испарения. Блэк пришел к этим понятиям на основании наблюдения самого обычного явления — таяния снега в конце зимы. Он размышлял таким образом: если бы снег и лед, скопившиеся за зиму, таяли сразу, как только температура воздуха стала больше нуля, то неизбежны были бы опустошительные наводнения. А раз этого не происходит, то на таяние льда должно быть затрачено некоторое количество теплоты, которую он и назвал скрытой.

С помощью аналогичных не лишенных остроумия рассуждений Блэк пришел к заключению, что и на испарение воды должна затрачиваться теплота. Он даже подсчитал, что для испарения некоторого количества воды нужно затратить в четыре раза больше тепла, чем для ее нагрева от точки замерзания до точки кипения.

Этот вывод был чрезвычайно важен для конструкторов паровых машин, и Уатт, например, весьма широко его использовал для своих расчетов. Интересные исследования свойств пара провел и сам Уатт.

Тем не менее в то время никто не смог бы дать, например, ответ на необычайно важный для практики вопрос, поставленный Уаттом: сколько угля потребуется, чтобы получить определенную работу, и какими способами при заданной величине работы можно свести расход угля к минимуму?

За исследование этой проблемы взялся молодой французский инженер Сади Карно — сын Лазара Карно, выдающегося ученого и политического деятеля, жизнь которого, несомненно, оказала большое влияние не только на характер сына, но и на подход молодого ученого к решению поставленных задач.

Сади Карно родился в 1796 году — в год, когда его отец был избран членом Парижской Академии наук. Мальчик получил прекрасное домашнее образование, отец развил в нем не только интерес к точным наукам, но и к искусству.

Почти сразу после окончания знаменитой Политехнической школы в Париже он вышел в отставку — его характер и «республиканская» репутация отца не давали ему возможности заняться инженерной или политической деятельностью.

Сади уехал к отцу в Магдебург, где, по-видимому, и написал свою знаменитую книгу «Размышления о движущей силе огня». Во всяком случае, эта книга вышла сразу же по возвращении Карно в Париж после смерти отца. Здесь он не занимал никаких должностей, но постоянно общался с виднейшими учеными, накапливая материал для продолжения своей работы.

Дальнейшая судьба и Сади Карно и его работ трагична — в расцвете сил он заболел холерой и в 1832 году умер. По санитарным правилам того времени все его вещи, в том числе и начатые им научные труды, были сожжены. После Сади осталось лишь несколько заметок, из которых видно, каких высот достигал он в поисках теории тепловых машин.

Появление небольшой книжки Карно означало, что в физике начинается новый этап. Важными были не только полученные результаты, но и метод, который использовался молодым ученым. Во главу угла своего

метода Карно положил постулат о невозможности осуществления вечного двигателя. Этот принцип, основанный на сформулированном позже законе сохранения энергии, во времена Карно был необычайно смелым новшеством.

Карно начинает книгу с восхваления паровых машин, которые тогда получали широкое распространение. Он тут же отмечает, что теория их не разработана, а для того, чтобы она появилась, нужно рассмотреть вопросы тепловых двигателей вообще. Карно рассматривает схему такого двигателя: «...сперва сжать воздух насосом, затем пропустить его через вполне замкнутую топку, вводя туда маленькими порциями топливо при помощи приспособления, легко осуществимого; затем заставить воздух выполнить работу в цилиндре с поршнем или в любом другом расширяющемся сосуде и, наконец, выбросить его в атмосферу...» Заметим, ведь это описание работы двигателя, изобретенного почти через 70 лет после Карно Рудольфом Дизелем! Каким воображением должен был обладать ученый, чтобы вести разговор о машинах, не только еще не построенных, но даже еще и не задуманных!

Правда, Карно были известны попытки братьев Клода и Жозефа Нисефора Ньепсов построить двигатель внутреннего сгорания. Им удалось получить патент на пирэолофор, как братья называли свое изобретение, но изготовить механизм они не смогли, в частности, им не удалось подобрать подходящее топливо. К тому же они были авторами первого фотографического процесса, на усовершенствовании которого братья Ньепсы и сосредоточились, прекратив заниматься своим двигателем.

Исходя из, казалось бы, весьма абстрактных рассуждений, Карно пришел тем не менее к вполне конкретным результатам. Он доказал, что для получения работы недостаточно иметь только горячий пар или другое рабочее тело, в машине обязательно должен быть еще и холодильник. Карно прямо указывал: «Чтобы получить движущую силу, недостаточно производить теплоту, нужно также иметь холод».

Одним из первых Карно смело применяет метод физических аналогий — он уподобляет работу тепловой машины работе водяного двигателя, сравнивая переход тепла от более нагретого тела к более холодному с падением воды с высокого уровня на низкий.

Нужно заметить, что конструкторы паровых машин мало что извлекли из работы Карно — она была недоступна им в силу сложного научного языка; но она стала той основой, на которой впоследствии возникла теплотехника — техническая наука, послужившая теоретической базой для создания всех тепловых устройств.

Чтобы получить окончательный ответ на вопрос, поставленный Уаттом, следовало установить связь между механической работой и теплотой, принять идею эквивалентности теплоты и механической работы. Но в физике в то время механическая природа теплоты отвергалась. Считалось, что теплота определяется наличием в теле некоего специального вещества — теплорода, которым тела, имеющие разную температуру, обмениваются в процессе теплопередачи. Кстати, теория теплорода весьма неплохо объясняла многие явления, такие, как теплоемкость и теплопередача. Этой теории придерживался и Карно, хотя в его заметках уже намечалось понимание механической теории теплоты. Камнем преткновения для теории теплорода был в то время только один факт — откуда берется тепло при трении? Конечно, приверженцы идеи теплорода находили хитроумнейшие объяснения опытам, в которых теплороду, казалось бы, неоткуда было взяться, но при этом свойства «вещества» должны были быть уж очень своеобразными.

Еще в конце XVIII века Бенджамин Румфорд, занимавшийся сверлением пушечных стволов в военной мастерской в Мюнхене, задумался над вопросом: почему при сверлении металла выделяется тепло, почему металл нагревается? Теплород здесь явно был не при чем, и Румфорд смело заявил: «Теплота есть движение».

Очень интересный опыт проделал в Лондоне Гемфри Дэви. Он сложил вместе два куска льда, поместил их в сосуд, из которого был выкачан воздух, и привел их во взаимное трение при помощи часовой пружины. Лед расплавился, хотя теплороду явно неоткуда было взяться.

Идеи эквивалентности теплоты и механической работы носились в воздухе, но слишком тяжел был груз традиций и авторитетов ученых-физиков — приверженцев теории теплорода. Вот почему эти идеи были опубликованы молодыми людьми, далекими от официальной науки — 28-летним военным врачом Робертом Майером и 25-летним владельцем лондонского пивоваренного завода Джеймсом Джоулем.

Впервые мысль об эквивалентности теплоты и движения пришла Майеру в голову во время его службы на военном корабле. Эта идея настолько овладела молодым врачом, что он посвятил ей всю жизнь, вкладывая в ее защиту и развитие все свои духовные и физические силы. В конце концов страсть перешла в манию и привела его в психиатрическую лечебницу.

В 1841 году Майер написал свою первую работу. Поггендорф, редактор известного физического журнала, печатать ее отказался (это послужило потом причиной многих саркастических замечаний в его адрес). Кстати говоря, отказ напечатать статью сыграл и положительную роль, поскольку первая работа Майера содержала столько мелких неточностей и ошибок, что ее опубликование могло подорвать доверие к самой великой идее. Через год исправленный вариант статьи был напечатан в химическом журнале.

Майер начинает свою работу, задаваясь вопросами, что следует понимать под словом «сила» и как различные силы относятся друг к другу? (Кстати, под словом «сила» Майер понимал именно то, что в современной терминологии обозначается словом «энергия». Хотя понятие «энергия» применяли еще Бернулли и Юнг, им не пользовались вплоть до работ лорда Кельвина, после которых оно уже навсегда стало общепринятым.)

Майер приходит к выводу, что движение всегда превращается в теплоту, а теплота — в движение, то есть практически к закону сохранения энергии. С поистине гениальной интуицией путем довольно абстрактных рассуждений он получает численную величину механического эквивалента теплоты — наиболее важную для теплоэнергетики константу. Более того, на основании своих умозрительных построений Майер делает практический вывод: даже в лучших паровых машинах «лишь очень малая часть подводящегося к котлу тепла действительно превращается в движение или поднятие груза».

В 1843 году Джеймс Джоуль, ничего не зная еще о работах Майера, экспериментально определил механический эквивалент теплоты в связи с исследованиями теплового действия тока. Принцип установки, которым пользовался Джоуль при проведении эксперимента, стал классическим и используется до сих пор.

После опубликования работ Майера и Джоуля прошло немало лет, прежде чем физики осознали всю важность сформулированного ими принципа эквивалентности теплоты и механического движения.

Человеком, чья энциклопедическая образованность дала возможность вывести закон сохранения энергии, был Герман Гельмгольц.

Как и Майер, он был врачом и тоже подошел к этому закону, начав с медицинских исследований. Ничего не зная о работах Майера, Гельмгольц опубликовал в 1847 году свою знаменитую статью «О сохранении силы», которую Поггендорф также отказался печатать в своем журнале. В этой статье Гельмгольц не ограничивается рассмотрением только механической и тепловой «сил» (то есть «энергии» в современных терминах). Он рассматривает и другие виды энергии и формулирует один из основных законов природы — закон сохранения энергии.

Идея сохранения энергии была довольно быстро и безболезненно воспринята инженерами. Они получили хорошую возможность сравнивать различные машины между собой, оценивая, какая часть подведенной энергии преобразуется в желаемую. Отныне теория паровых машин получила все научные основания. Появились новые отрасли науки — термодинамика и теплотехника.

Конструкторы паровых машин тоже не теряли времени даром — за счет все новых и новых усовершенствований паровые машины делались более мощными, производительными и экономичными. Казалось бы, вопрос обеспечения энергией промышленности, транспорта, других видов человеческой деятельности снят с повестки дня — строй паровые машины, которые уже умеют выполнять любую работу, спускай на воду громадные пароходы, выводи на железные дороги могучие паровозы! Но не все оказалось так просто, обнаружились серьезные недостатки и у паровых машин.

Не говоря уже о низком коэффициенте полезного действия паровых машин (тогда, правда, об этом особенно не заботились), у них выявились и чисто практические неудобства. Во-первых, машин становилось все больше, на каждом заводе действовала по крайней мере хотя бы одна паровая машина. А ведь к каждой из них нужно было подвезти топливо. Сами машины становились мощнее, топлива им требовалось много, и

проблема подвоза его к машинам становилась все острее. Во-вторых, передача движения от машины к станкам тоже была делом непростым — ведь к каждому станку паровую машину не пристроишь. Привод станков осуществлялся при помощи запутанной и ненадежной системы трансмиссий. В-третьих, вид городов, покрытых сажей, извергаемой тысячами заводских труб, уже тогда заставлял все чаще задумываться о том, что паровая машина — отнюдь не идеальное энергетическое орудие. Нужно было искать другие, новые источники энергии, новые способы ее получения и преобразования.

Глава 4 **ЗОЛОТОЙ ВЕК ЭЛЕКТРИЧЕСТВА**

Споры вокруг портрета, или Заря электротехники

Имя русского академика Василия Владимировича Петрова — первого в мире электротехника — только в наше время стало широко известно зарубежным историкам науки. Нужно сказать, что и в России академик В. В. Петров сразу же после смерти был забыт.

Этой исторической несправедливостью и был навеян известный рассказ Даниила Гранина «Размышления над портретом, которого нет», где высказаны горькие слова о долге, деле и славе ученого.

Слава В. В. Петрова началась с того, что в конце прошлого века один из профессоров Военно-медицинской академии, а именно приват-доцент Н. Г. Егоров стал читать лекции по физике также и в Петербургском университете. Среди его студентов был и А. Л. Гершун, впоследствии профессор, очень интересовавшийся лекциями Егорова.

С наступлением летних каникул студенты разъехались отдыхать. А Гершун решил провести лето, работая в публичной библиотеке города Вильно, где он изучал литературу по физике.

Просмотрев уже не одну сотню книг, он наткнулся на небольшой томик под названием «Известие о гальвани-вольтовых опытах, которые производил профессор физики Василий Петров посредством огромной наипаче батареи, состоявшей иногда из 4200 медных и

цинковых кружков, находящейся при Санкт-Петербургской медико-хирургической академии», отпечатанный «в Санкт-Петербурге, в типографии Государственной медицинской коллегии 1803 года».

Времени у Гершуна было немного, хотел он было отставить старинный томик в сторону, но подумал, что автор книги — некий Петров, видимо, предшественник их нынешнего профессора Егорова, поскольку Петров, так же как и Егоров, работал в Медико-хирургической, а ныне Военно-медицинской академии, как видно из названия.

Только это случайное обстоятельство и заставило Гершуна внимательно прочитать книгу. И чем дальше вчитывался студент, тем сильнее увлекался — перед ним раскрывался мир ученого, до сих пор абсолютно неизвестного. Неведомый дотоле Петров открыл электрическую дугу, сделал ряд других крупных открытий в электротехнике и вообще был первым в мире человеком, посмотревшим на электричество с позиций технических — с точки зрения пользы, которую электричество могло бы принести людям. Забытый ученый был первым электротехником.

В книге были удивительные вещи. «Если,— писал Петров,— на стеклянную плитку или на скамеечку со стеклянными ножками будут положены два или три древесных угля, способные для произведения светящихся явлений посредством гальвани-вольтовской жидкости, и если потом металлическими изолированными направителями, сообщенными с обоими полюсами огромной батареи, приближать оные один к другому на расстоянии от одной до трех линий, то является между ними весьма яркий белого цвета свет или пламя, от которого оные угли скорее или медлительнее загораются и от которого темный покой довольно ясно освещен быть может».

Гершун внимательно посмотрел на обложку книги. Год издания 1803, опыты проведены в 1802 году. Нет никакого сомнения, что «весьма яркий белого цвета свет», появляющийся между углями,— это электрическая дуга, причем полученная на несколько лет раньше Дэви, который удостоен великого звания первооткрывателя. Неведомый профессор указал: с помощью открытого им света «темный покой довольно ярко освещен быть может» — то есть недвусмысленно впервые выдвигал идею

электрического освещения. В V и VIII статьях, справедливо писал автор в предисловии, «все без изъятия опыты суть такие, о которых прежде производства оных не случилось мне читать нигде известия».

По возвращении к занятиям Гершун рассказал о поразившей его находке Н. Г. Егорову и своим товарищам. Немедленно были организованы поиски других трудов загадочного профессора. Большое число интереснейших работ Петрова обнаружилось в сборнике «Умозрительные исследования Санкт-Петербургской Академии наук» и в других многочисленных трудах, в том числе в книге «О фосфорах прозябаемого царства и об истинной причине свечения гнилых деревьев», где, в частности, высказываются интересные взгляды на природу люминесценции.

Обращало на себя внимание большое разнообразие научных направлений, которыми занимался В. В. Петров: здесь вопросы химии, механики, оптики, люминесценции, прочности, электролиза, метеорологии (в числе многочисленных работ есть и весьма частные: например, об очистке чернильниц).

О находке студента была напечатана заметка в журнале «Электричество». Труды Петрова стали внимательно изучаться, и тут выяснилось, что многие его идеи и исследования представляют не только исторический интерес.

Так благодаря случайному открытию стал известен первооткрыватель вольтовой дуги и первый в мире электротехник Василий Владимирович Петров. Сегодня ни в одном солидном учебнике физики не забыты его открытия. Практически во всем мире Петров признается первооткрывателем вольтовой дуги и электрического освещения. К сожалению, забвение Петрова в течение многих десятилетий было настолько глубоким, что не сохранилось сколько-нибудь достоверных и подробных сведений о его жизни. Все, из чего можно извлечь сведения о нем,—его труды и протоколы, бесчисленные академические протоколы...

Так вот, протоколы. В них — вся жизнь Петрова, по крайней мере та, которая относилась к науке, и даже отголоски жизни личной.

Он родился 19 июля 1761 года в небольшом городке Обояни в семье священника. Учился в церковной школе, затем в харьковском «коллегиуме» — высшем учебном

заведении, позже — в учительской семинарии в Санкт-Петербурге. Особый интерес был проявлен им к математике и физике, которые он преподавал на Алтае после окончания семинарии.

Протоколы свидетельствуют, что в 1795 году 34-летний Петров становится профессором в Санкт-Петербургской Медико-хирургической академии. Чтобы занять эту должность, ему пришлось прочесть специальную «пробную» лекцию, которая произвела, по-видимому, хорошее впечатление. Петров стал усиленно добиваться устройства в академии физического кабинета. «Рапорты», «представления», «донесения» Петрова начальству своими похухлыми листами свидетельствуют о неописуемо трудной борьбе. Порой кажется, что все эти документы — глас вопиющего в пустыне. Горячность иных строк — свидетельство отчаяния человека, который не в состоянии проломить крепостные стены косности.

К физике тогда вообще относились с большим недоверием. Считалось, что «физические науки... обращены на то, чтобы опровергнуть повествование о сотворении мира, потопе и о других достоверных событиях, о которых священные книги сохранили для нас память».

Вот в «рапортах» начинают изредка проступать мажорные нотки. Из анатомического кабинета добыто несколько первых приборов, затем — о, радость! — удается получить деньги на заказ приборов и даже на выписку их из-за границы. Петров покупает несколько физических приборов у петербургских аристократов, баловавшихся науками (это было модно со времен Екатерины, которая обожала, например, электрические опыты. Затем мода стала проходить, аристократы рады были продать свои недешевые игрушки).

Хлопоты Петрова по поводу создания физического кабинета были в самом разгаре, когда в Санкт-Петербурге стали известны опыты Вольты, приведшие к изобретению им нового, невиданного до тех пор источника электричества — вольтова столба. Петров интуитивно почувствовал важность исследований с вольтовым столбом. Свидетельство этому — пожелтевший рапорт Петрова конференции академии: в нем обоснование неременной необходимости иметь в академии вольтов столб, чтобы можно было проводить «опыты, которыми многие европейские физики начинают теперь заниматься гораздо с большим против прежнего радением».

Видимо, ходатайство прозвучало убедительно, потому что в решении конференции имеется пункт о выделении на нужды физического кабинета 300 рублей. 200 из них предназначались для заказа «гальванического прибора» из 200 цинковых и медных кружков, каждый диаметром около 25 сантиметров. Оставшиеся деньги были ассигнованы на «хрустальные с медной оправой приборы с пьедестальцем для поддержания их (кружков) и ящик из красного дерева с особенными листами для укладывания порознь всех приборов».

Этот относительно небольшой столб был повторением, по существу, столбов, уже построенных к тому времени в Европе. Исследования на нем не удовлетворили Петрова. Ученый понимал, что увеличение столба должно привести не только к количественному возрастанию эффекта, скажем, к увеличению длины искры, но и к принципиально новым открытиям. И поэтому Петров всеми возможными способами убеждает начальство отпустить средства на громадный, не виданный доселе нигде в мире столб. И... добивается.

«Огромной величины батарея», изготовленная по проекту Петрова, состоит из 4200 медных и цинковых кружков, то есть в 20 раз больше по количеству кружков, чем первый столб. Общая длина столба 12 метров. Выполнен он необычно — столб лежит в нескольких ящиках красного дерева, соединенных между собой изготовленным самим Петровым проводом и изолированным им же с помощью сургуча. Этот столб, вне всякого сомнения, самый крупный и совершенный в то время во всем мире. Благодаря «лежачей» конструкции тяжелые металлические кружки не выдавливали жидкости, которой пропитаны бумажные кружки, разделяющие цинковые и медные элементы. Именно выдавливание жидкости в применявшихся до тех пор «стоячих» столбах препятствовало созданию особо крупных батарей. Остроумное решение Петрова открыло ему путь к постройке элемента, которого не знал еще мир, — «огромной наипаче баттерей».

Кстати, о том, как можно было оценить в то время «мощность» столба. Никаких приборов для измерения электрического тока тогда не было — только через 30 лет Фарадей откроет принципы, на которых основано действие привычных нам вольтметров и амперметров. Так как же мог, например, Петров говорить о том, что у

него «огромная наипаче» батарея, способная производить «приметно сильнейшие действия»? Оказывается, он использовал в качестве чувствительного вольтметра свой собственный палец. На пальце срезалась кожа, и оголенные провода подносились прямо к открытой ране — чем больнее и неприятнее было, тем, значит, сильнее батарея.

Первые же опыты принесли успех. Батарея настолько мощна, что от внимательного глаза Петрова не могут укрыться искры, возникающие при разрыве цепи батареи. А если в месте разрыва — угольки, то между ними загоралось «больше или меньше яркое пламя».

Вот оно — первое в мире упоминание о возможности использовать электрический свет! Из этих опытов родились наши спокойные вечера при удобном и мягком освещении, наши светлые ночные улицы, видимые, как рассказывают космонавты, даже из кабины космического корабля, несущегося на двухсоткилометровой высоте в холодном и темном космосе.

Петров положил начало электрометаллургии в дуговых печах, причем металлургии, довольно изощренной даже по современным понятиям — действию электрической дуги Петров подвергал не просто окислы, а шихту из окислов металлов с углеродом.

Но наблюдения и открытия, которыми чаял Петров принести пользу людям, остались неизвестными и практически бесполезными — можно ли представить себе большую трагедию для человека-творца?

Причин множество. Одна из них та, что все свои труды Петров писал по-русски. Многие видные профессора, впоследствии размышлявшие на тему «феномен Петрова», считали, что будь труды Петрова написаны по-латыни, он сразу стал бы всемирно известным физиком. Другая причина — общий низкий уровень науки того времени в России. Еще одна — «немецкое засилье» в Санкт-Петербургской академии.

Документы академии свидетельствуют, что в 1802 году, как раз во время работ, приведших к открытию электрической дуги, группа русских академиков Санкт-Петербургской академии вошла с представлением об избрании профессора Медико-хирургической академии Василия Петрова членом-корреспондентом академии. Подписали представление академики Севергин, Захаров, Озерацковский и Гурьев. Академик по кафедре фи-

зика Крафт подписать представление отказался. Однако Петров был избран.

Академик Крафт и вообще вся немецкая группа не смирились и стали всячески препятствовать работе Петрова в академии. Первый удар был нанесен группой книге «О гальвани-вольтовых опытах». Когда книга вышла из печати, академик Крафт, сам физик посредственный, отказался представить Академии наук новую книгу Петрова, как того требовали правила.

В 1805 году в «Приложении к технологическому журналу Академии наук» Крафт публикует статью, в которой Петров представлен не как первооткрыватель электрической дуги, а всего лишь как механик академических мастерских Меджера. В статье ни словом не упоминается о книге Петрова, вышедшей за два года до этого, и о том, что там уже была описана вольтова дуга.

Крафт и его группа шли на любые уловки, чтобы не подпускать Петрова к академической деятельности. Лишь в 1807 году избранный пять лет назад член-корреспондент получил первую академическую должность — «смотрение за физическим кабинетом и поддержание оного в надлежащем порядке совместно с академиком Крафтом».

После смерти Крафта в 1815 году мытарства Петрова не прекратились. Непременный секретарь академии Фукс и вновь избранный академик Паррот (пользовавшийся особым покровительством Александра I), возглавлявшие «немецкую группу», не переставали атаковать Петрова, выставляя его нерадивым хранителем физического кабинета и обвиняя его в том, например, что в кабинете за время руководства им ослабли искусственные магниты!

Многочисленные «сообщения» Петрова, сохранившиеся в архивах академии, полны оправданий в связи с абсурдными обвинениями.

«1. Г. новый академик написал в своем донесении, что будто бы в физическом кабинете нет барометра, но я утверждаю, что сей академик видел три барометра...

2. Г. новый академик показал, что будто бы в физическом кабинете нет термометра, но я утверждаю, что он видел три термометра...»

И так — без конца. Мелкая травля, продолжавшаяся много лет, закончилась тем, что заведующим физиче-

ским кабинетом был назначен Паррот, а Петрову было предложено сдать ключи от кабинета непременно секретарю академии Фуксу.

Петров попробовал воспротивиться, но президент академии приказал «открыть физический кабинет посредством слесарного мастера».

Так была прервана академическая деятельность первого электротехника. Умер он в бедности. Лишь теперь мы оценили величие его достижений, открывающихся с годами все новыми и новыми гранями.

Представляет интерес широкая дискуссия, развернувшаяся в 50-х годах нашего столетия по поводу так называемого «портрета В. В. Петрова». По утверждению академика С. И. Вавилова, у потомков ученого долгое время хранился небольшой акварельный портрет В. В. Петрова.

Далее — в запасных фондах Государственного Эрмитажа был обнаружен акварельный рисунок размером 8×10 см, который многие исследователи были склонны рассматривать как тот самый «портрет В. В. Петрова».

В последнее время сторонники утверждения, что это и есть портрет В. В. Петрова, приводят в качестве аргументов, помимо связанных с этнографическими, антропологическими и биографическими соображениями, также и доказательства историко-научного характера.

Так, А. И. Леушин в своей статье, опубликованной в 1980 году в журнале «Вопросы истории естествознания и техники», пишет: «Какой физический опыт показан на рисунке? На портретах ученых того времени часто изображались предметы, связанные с наиболее существенным вкладом этого ученого в науку. Петров, как известно, изучал электрические явления, в частности электрическую дугу. Он определял электрическую дугу как «светоносные явления посредством гальвани-вольтовской жидкости»... он, по-видимому, предполагал, что в создании гальвани-вольтовской жидкости принимают участие элементы разного знака. Он вполне мог задаться целью «разделить» гальвани-вольтовскую жидкость. Для этого он, возможно, и использует ухватаобразный рычаг. Чтобы извлечь заряды из рычага, он применяет магнит (на рисунке он расположен неправильно — возможно, это прием художника, чтобы лучше показать магнит). Для обеспечения тока гальвани-вольтовской жидкости Петров нагревает один конец рычага с помо-

щью горелки. На рисунке не видно вольтова столба — источника тока. Это ошибка художника или новшество Петрова?.. Можно представить себе несколько вариантов гипотетического опыта В. В. Петрова: поиск электрических явлений, происходящих под действием температуры; попытка «разделения зарядов» с помощью магнита и т. п. Такой тонкий физический опыт мог подготовить только ученый, глубоко понимающий сущность физических процессов при электрических явлениях. Таким физиком в России рубежа XVIII—XIX столетий мог быть только Петров, он занимался подобного рода исследованиями многие годы. По-видимому, именно он и изображен на рисунке.»

Главный довод А. И. Леушина в пользу достоверности портрета — «тонкость физического эксперимента», который мог осуществить «только В. В. Петров». Действительно, если бы удалось доказать, что человек, изображенный на рисунке конца XVIII века, проводит эксперименты, направленные на поиск связей электричества, магнетизма и теплоты, это бы, несомненно, свидетельствовало по крайней мере о «заявке» портретируемого на крупные открытия, сделанные позднее Эрстедом, Фарадеем, Джоулем и Ленцем, что могло бы стать веским аргументом в пользу того, что художником изображен именно В. В. Петров.

Следовательно, прежде всего нужно уточнить, что же за предметы расположены на столике и в каком сочетании. Первым из этих предметов Леушин называет «магнит». Имелись ли в лаборатории Петрова магниты? В этой связи заслуживает внимания упоминаемый во «Всеобщем журнале врачебной науки» следующий факт.

В 1795 году В. В. Петров отбирает из анатомического кабинета при Государственной медицинской коллегии ряд физических установок и среди них — «знатное количество оптических приборов, медная паровая огненная машина, которая одна стоит не менее 1000 рублей, а также почти все магниты с несколькими приборами». Эти магниты (или магниты этого типа) хранятся в настоящее время в Государственном музее М. В. Ломоносова. «Магнит» на портрете и магниты из музея сильно отличаются друг от друга и прежде всего тем, что «вторые» магниты гораздо массивней. Форма тонкой скобы, которую имеет «магнит» на рисунке, в силу малой магнитной массы не является рациональной для естествен-

ных магнитов. Они должны быть как можно более массивными.

Сосредоточим теперь внимание на других атрибутах портрета, которые приводят автора к мысли об «уникальности» опыта. Это прежде всего «ухватаобразный рычаг», «спиртовая горелка-лампада», «кронштейн», «пьедестальчики». Чтобы дать свою трактовку этим предметам, пойдём «от противного» и предположим, что на рисунке изображен не академик В. В. Петров, проводящий «уникальный опыт», а некто иной — учёный, механик или, наконец, просто интересующийся наукой дилетант.

Нужно сказать, что увлечение физическими приборами в XVIII—XIX веках было прочно установившейся модой. Со времен открытий О. Герике и П. Мушенбрека электростатические машины и лейденские банки стали неизменным атрибутом светских развлечений. Этому способствовали успехи в изучении электричества второй половины XVIII века. Как указывал известный историк физики В. Розенбергер, «изумительные явления электрического света, электрического удара, объяснение молний, непосредственное извлечение электричества из атмосферы возбуждают всеобщий энтузиазм, даже больший, чем возбудили сто лет назад опыты Герике. В самые широкие круги проникает желание познакомиться с новыми электрическими явлениями и испытать их удивительное действие на себе. Кому не удастся побывать в физических лабораториях, тот даёт себя электризовать для улучшения своего здоровья, но во всяком случае за счёт собственного кошелька, хотя бы в ярмарочных балаганах на народных празднествах».

В этой цитате особенно важно указание на широкую популярность в те годы электрических опытов. Основными элементами их были открытая в 1745—1746 годах лейденская банка и электрическая машина с плоским диском, усовершенствованная в 1766 году английским механиком Джессе Рамсденом. Машина Рамсдена в силу простоты и эффективности быстро вытеснила машины с шарами, машину М. Пленке, Сино де ля Фона, Д. Ингенгоуза и других изобретателей и стала практически единственным популярным источником статического электричества в конце XVIII века. Эта машина, подробно описанная в книге М. Гюйо «Новейшие электрические развлечения» (1799 г.), состоит из стеклянного

диска, вращаемого с помощью рукоятки и направляемого кожаными подушечками. Заряд снимается с диска при помощи щеток, поддерживаемых вилкой-траверсой, стоящей на подставке и изолированной от нее. Кожаные подушки укреплены на v-образной скобе.

Сравним описание этой машины с атрибутами так называемого «портрета В. В. Петрова». Не подлежит сомнению, что на рисунке изображена именно электростатическая машина Д. Рамсдена. То, что А. И. Леушин принимает за «ухватобразный рычаг», видимо, представляет собой щеточную траверсу, «магнит» — это скоба, на которой укрепляются подушки, «кронштейны» и «пьедестальцы» — изоляционные втулки машины Рамсдена, «рукоятка» — ручка, с помощью которой вращается стеклянный диск. На рисунке не заметен сам стеклянный диск — по-видимому, сложная задача изображения плоского прозрачного предмета оказалась художнику не по силам. А может быть, акварельные краски того времени выцвели и живописные приметы стеклянного диска в рисунке потерялись? Стоит также вспомнить о том, что размер портрета невелик: 10,0 × 7,0 сантиметров.

Таким образом, физический опыт, изображенный на рисунке, вовсе не так уникален. Он состоит в зарядке лейденской банки с помощью машины Рамсдена. Такой опыт мог бы осуществить не только ученый, но и любой вельможа, имеющий соответствующее оборудование. В частности, богатой коллекцией физических приборов обладал граф Бутурлин, который продал ее именно В. В. Петрову. Может быть, это обстоятельство поможет нам раскрыть тайну портрета? Попробуем пойти и по этому пути.

В перечне аппаратов, купленных у Бутурлина для физического кабинета академии, есть и электрическая машина. Ее можно представить себе из следующего краткого описания:

«Сей академии и математики профессор господин Петров конференции представил, что между купленными у графа Бутурлина инструментами, принадлежащими СПб-кой Медико-хирургической академии, находится электрическая машина, коей стеклянный круг имеет в диаметре 40 английских дюймов, а медный кондуктор 5 футов длины и 5 дюймов в диаметре».

Размеры машины, купленной у Бутурлина, значительно превосходят размеры машины, изображенной на портрете. И если машина Бутурлина, по крайней мере по размерам, уникальна и может быть сравнительно легко идентифицирована, то на портрете, несомненно, изображена обычная машина «для широкого потребления», изготовлявшаяся большими партиями. Не напоминает эту стандартную машину и уникальная электростатическая машина крупных размеров, спроектированная Петровым и построенная для него в 1804 году. Таким образом, представляется, что «портрет академика В. В. Петрова» остается пока еще одной из интересных историко-научных загадок.

Попробуем ответить на вопрос: мог ли В. В. Петров с его взглядами, а также с помощью имеющегося у него оборудования найти взаимосвязь электричества и магнетизма, то есть осуществить эксперимент Эрстеда?

Как мы уже знаем, в распоряжении Петрова был уникальный по мощности вольтов столб. Были ли в лаборатории Петрова магнитные стрелки? Архивные данные свидетельствуют о том, что в 1818 году Петров занимался перепроверкой на шумевших опытов Моррикони, которому в 1812 году якобы удалось обнаружить намагничивание железных и стальных стрелок с помощью фиолетовых лучей. Петров повторил эти опыты, испытав большое количество железных и стальных стрелок и полюс, но не получил подтверждения связи магнетизма со светом. Это, вероятно, прибавило его скептицизма относительно единства сил природы. Тем не менее он счел этот предмет настолько важным, что вынес его в качестве конкурсной задачи, предлагавшейся Санкт-Петербургской академией.

Таким образом, у Петрова были все «технические» компоненты для открытия закона электромагнитной индукции: вольтовы столбы, провода, для которых он нашел свой способ изолировки (сургучом), магнитные иглы. Он верил в единство сил природы, хотя требовал от экспериментов в этом направлении большей доказательности. И все же открытие досталось Эрстеду, следовавшему заимствованным из философии Шеллинга принципам взаимосвязи и взаимозависимости. Датский ученый сознательно искал эти связи. К тому же на его стороне была молодость — в годы великих электриче-

ских открытий Петрову было уже шестьдесят, и он практически ослеп.

Из научного наследия В. В. Петрова общество использовало лишь то, что ему было необходимо; электричество в те времена не стало еще областью практических применений, и исследования по электричеству в России не были продолжены. Недоброжелательная научная среда, в которой не нашлось преемника и продолжателя экспериментов Петрова, тоже быстро забыла его. Этому способствовало, конечно, и то, что книги Петрова, в том числе знаменитое «Известие...», были отпечатаны в типографии Медико-хирургической академии ограниченным тиражом на русском языке.

Но осталось ли втуне то, что сделал Петров для России и науки? Хотя мы не можем найти в архивах отчетливых свидетельств использования трудов Петрова, научная работа и открытия такого масштаба не могли быть напрасными.

Касаясь роли В. В. Петрова в развитии русской науки, академик В. И. Вернадский писал: «...Петров опубликовал, между прочим, первое описание так называемой вольтовой дуги за 20 лет до ее настоящего признанного открытия. Его экспериментальная работа ждет еще оценки. Еще до сих пор справедливы его указания, которыми он определил свою деятельность, когда писал: «Я природный россиянин, не имевший случая пользоваться изустным изучением иностранных профессоров физики и доселе остающийся в совершенной неизвестности между современными нам любителями сей науки». Но уже для нас... ясно, что существование в среде русского общества такой работы было крупным культурным фактом, несомненно оказавшим влияние на рост и общий уклад его культурной жизни, хотя бы мы и не смогли это проследить по «историческим документам» и «случайным отрывкам прошлого». «Я надеюсь,— писал когда-то В. В. Петров,— что просвещенные и беспристрастные физики по крайней мере некогда согласятся отдать трудам моим ту справедливость, которую важность сих опытов заслуживает».

Теперь это время признания наступило.

Когда тайны не разгадывают, а дарят...

Когда 43-летний копенгагенский профессор Ганс Христиан Эрстед разослал коллегам свой ставший впоследствии знаменитым «памфлет» — четыре странички на латинском языке — и множество пораженных ученых во Франции, Швейцарии, Англии и России смогли с ним ознакомиться, перед ними, кроме научных проблем, встала и такая: как отнестись к автору этих страничек, как оценить его труд?

Вернемся на два столетия назад и представим себе далекий датский островок Лангеланн, маленький город под названием Рюдкобинг и семью бедного аптекаря, в которой родился Ганс Христиан. Нужда гналась за семьей по пятам, и начальное образование братьям Гансу Христиану и Андерсу пришлось получать где придется: городской парикмахер учил их немецкому, его жена — датскому, пастор маленькой церквушки открыл им правила грамматики, познакомил с историей и литературой, землемер посвятил их в тайны сложения и вычитания, а заезжий студент впервые рассказал удивительные вещи о свойствах минералов, пробудил любопытство и приучил любить аромат тайны.

В двенадцать лет Ганс вынужден стоять за стойкой отцовской аптеки. Здесь медицина надолго пленила его, потеснив химию, историю, литературу, и укрепила в нем уверенность в его научном предназначении. Он решает поступить в Копенгагенский университет, но не знает, какую науку предпочесть. Эрстед берется за все: за медицину, физику, астрономию, философию, поэзию. Юноша увлечен всем сразу и всем серьезно. Его брат, последовавший за ним в Копенгаген и изучавший юриспруденцию, стал там его постоянной, все понимающей и все чувствующей тенью. Сохранились воспоминания современников о том, как братья, держась за руки, долгими днями гуляли по зеленым лужайкам университетских дворов или сидели на ступенях старинных зданий, в гулких аудиториях, отрешенные от всего окружающего, поглощенные своими мечтами. Их начинающееся служение науке было сродни какому-то мистическому действию, столь подходящему для этих монастырских стен и холодных келий со стрельчатыми окнами.

Ганс был счастлив в университетских стенах; он

писал позднее, что для того чтобы юноша был абсолютно свободен, ему надлежит наслаждаться в великом царстве мысли и воображения, где есть борьба, где есть свобода высказаться, где побежденному дано право встать и бороться снова. Он жил, не пасуя перед трудностями и гордясь своими первыми небольшими победами, познанием новых истин и устранением предыдущих ошибок.

Разносторонность молодого Эрстеда поражает. Золотая медаль университета 1797 года была присуждена ему за эссе «Границы поэзии и прозы». Следующая его работа, также высоко оцененная, посвящена свойствам щелочей, а диссертация, за которую он получил звание доктора философии, касалась уже медицины.

Наступило новое столетие. В вихре французской революции, на полях сражений американской войны за независимость рождалось новое восприятие мира, очищение умов и душ от устоявшихся догм, ветер свободы манил молодых. Начавшийся промышленный переворот затопил традиционный мир техники нескончаемым потоком новых практических изобретений. XIX век заявил о себе новым образом жизни и мыслей, новыми социальными и политическими идеями, новой философией, новым восприятием искусства и литературы. Все это захватывает Ганса, он стремится попасть туда, где бурлит жизнь, где решаются главные научные и философские вопросы,— в Германию, Францию, другие европейские страны. Дания была в этом смысле провинцией Европы, и Эрстед не мог и не хотел там оставаться. Он искал понимания, он искал новых друзей.

Его талант, его упорство и, наконец, случай сплелись в счастливый клубок, и вот он, блестяще защитив диссертацию, направлен университетом на годичную стажировку во Францию, Германию, Голландию. Сейчас он скорее философ, чем физик. Его новые друзья — большей частью философы. Много времени он провел в Германии. Там он слушал лекции Фихте о возможностях исследований физических явлений с помощью поэзии, о связи физики с мифологией. Ему нравились лекции Шлегеля, но Эрстед не мог согласиться с утверждениями о необходимости отказа от непосредственного, экспериментального исследования физических явлений. Его поразил Шеллинг, как ранее поразил Гегель. Его увлекла идея всеобщей связи явлений, он увидел в ней оправдание и

смысл своей кажущейся разбросанности — все изучавшееся им оказывалось, по этой философии, взаимосвязанным и взаимообусловленным. Он стал одержим идеей всеобщей связи. Связи всего со всем.

Быстро нашелся и единомышленник, столь же разно-сторонний и романтичный. Это был физик Риттер, изобретатель аккумулятора, гениальный фантазер, автор сумасброднейших идей. В одном из писем Эрстеду Риттер, в частности, высказал такую мысль: годы максимальных наклонов эклиптики, по его мнению, соответствовали годам самых крупных открытий в области электричества. Так, 1745 год отмечен изобретением лейденской банки, в 1746 году Вильке изобрел электрофор, в 1782 году появился конденсатор Вольта, а в 1801 году — вольтов столб. «Вы можете теперь вычислить,— писал Риттер,— что эпоха новых открытий наступит в 1819 или 1820 году, и мы сможем стать ее свидетелями». Иногда такие предсказания сбываются, хотя и не в полной мере. Это предсказание сбылось, открытие произошло в 1820 году, сделал его Эрстед, но Риттеру не довелось быть его свидетелем. Он умер в 1810 году.

Идея всеобщей связи не давала Эрстеду покоя. Необычайная энергия, свойственная ему с детства, вела его к новым и новым поискам. В 1813 году во Франции выходит его труд «Исследования идентичности химических и электрических сил». В нем Эрстед впервые высказывает идею о связи вольтовского электричества и магнетизма. Он пишет: «Следует испробовать, не производит ли электричество... каких-либо действий на магнит...» Его соображения были простыми: электричество рождает свет — искру, звук — треск, наконец, оно может производить тепло — проволока, замыкающая зажимы лейденской банки, нагревается. Не может ли электричество производить магнитных действий? Говорят, Эрстед не расставался с магнитом. Маленький кусочек железа должен был непрерывно заставлять его думать в этом направлении.

Идея связи электричества и магнетизма носилась в воздухе, и многие лучшие умы Европы были ею увлечены. Еще Санкт-Петербургский академик Франц Ульрих Теодор Эпинус подмечал их сходство, а француз Франсуа Араго потратил множество лет для сбора таинственных на первый взгляд историй о кораблях, сокровищах и не-

обычных небесных явлениях, в которых он тоже видел эту ускользающую связь.

Однажды на рейде Пальмы, главного порта Майорки, появилось поврежденное французское военное судно «Ля-Ралейн». Корабль едва дошел своим ходом до причала. Когда команда оказалась на берегу, уступив палубу нескольким именитым французским ученым, в том числе 22-летнему Араго, выяснилось, что корабль был разрушен молнией. Пока комиссия осматривала судно, покачивая головами при виде обгоревших мачт и надстроек, Араго поспешил к компасам и там увидел примерно то, чего ожидал: стрелки компасов указывали в разные стороны...

Через год, копаясь в том, что еще несколько дней назад было генуэзским судном (корабль разбился, наскочив на скалы вблизи берегов Алжира), Араго снова обнаружил: стрелки компасов размагничены. В кромешной тьме южной туманной ночи капитан, направив по компасу судно к северу, подалее от опасных мест, на самом деле неудержимо двигался к месту, которого старательно пытался избежать: корабль шел к югу, прямо к скалам, обманутый пораженным молнией магнитным компасом...

Все эти разрозненные факты Араго собирал не зря. Они свидетельствовали о связи молнии с магнетизмом. Араго догадывался, что он на пороге открытия.

Радость и досада — вот, очевидно, те чувства, которые он испытал, когда узнал о том, что решение долго не дававшейся ему задачи найдено Эрстедом.

Историки науки, возможно, еще долго будут оставаться в неведении относительно обстоятельств этого странного открытия, которое стало сейчас чуть ли не классическим примером счастливой случайности. Не ясна даже его точная дата. Одни исследователи относят его к 1819 году, другие — к 1820-му. Кое-кто сомневается в авторстве Эрстеда. Действительно, некоторые обстоятельства дают возможность для кривотолков.

15 февраля 1820 года Эрстед, уже заслуженный профессор, читал своим студентам лекции по физике. На лабораторном столе находились вольтов столб, провод, замыкающий его, зажимы и компас. Когда Эрстед замыкал цепь, стрелка компаса вздрагивала и поворачивалась по направлению к проводу. Это было первое непосредственное подтверждение связи электричества и

магнетизма, именно его так долго искали все европейские и американские физики. Решение проблемы оказалось удивительно простым.

Но почему же вокруг обстоятельств этого события впоследствии разгорелось так много жарких споров? Дело в том, что студенты, присутствовавшие на лекции, рассказывали потом совсем другое. По их словам, Эрстед хотел продемонстрировать на лекции всего лишь интересное свойство электричества нагревать проволоку. Компас же будто бы оказался рядом с этой проволокой совершенно случайно. Обратил внимание на поворачивающуюся стрелку один из зорких студентов, а удивление профессора было неподдельным. Сам Эрстед позже писал: «Все присутствующие в аудитории — свидетели того, что я заранее объявил о результате эксперимента. Открытие, таким образом, не было случайностью, как бы хотел заключить профессор Гильберт из тех выражений, которые я использовал при первом оповещении об открытии».

Отклонение стрелки компаса в лекционном опыте было весьма незначительным, и поэтому в июле 1820 года Эрстед снова повторил эксперимент, используя более мощные батареи. Эффект стал ощутимее, причем тем сильнее, чем толще была проволока, которой он замыкал контакты батареи*. Кроме того, Эрстед выяснил одну странную вещь, не укладывающуюся в ньютоновские представления о действии и противодействии: «Магнитный эффект электрического тока имеет круговое движение вокруг него».

Чем же поражен ученый? Почему в своем четырехстраничном «памфлете» он тщательно перечисляет свидетелей, не забывая упомянуть ни об одной из их заслуг; среди них «Лауриц Эсмарх — видный ученый; министр юстиции, достойный человек Влейгель — кавалер ордена Дании; удостоенный высочайших наград Гаук, чье знакомство с естественными науками прославлено в стране... Рейнхард, профессор естественной истории; Якобсон, профессор медицины, человек, обладающий высочайшим мастерством проведения экспериментов; самый опытный химик Цейзе — доктор философии...».

* Чем больше диаметр проволоки, тем меньше ее сопротивление, стало быть, больше ток короткого замыкания.

Дело в том, что Эрстед, трактуя эксперимент, заронил глубокую мысль о вихревом характере электромагнитных явлений. «Вихреобразность» процесса, вызывающего в памяти водоворот, вихрь, спираль, долго не находила сторонников, и даже Фарадей поначалу не оценил эту догадку. Он еще долго был убежден, что силы, действующие между проводниками с током и магнитной стрелкой,— это силы притяжения и отталкивания, подчиняющиеся законам Ньютона.

Опыт Эрстеда доказывал не только связь между электричеством и магнетизмом. Не напрасно Эрстед в своем «памфлете» перечисляет свидетелей. То, что открылось ему, было новой тайной, не укладывавшейся в рамки ньютоновских законов и прямо нарушающей третий из них: направления возмущающей силы — электричества (определяемого направлением провода) и силы реакции — магнетизма (определяемого направлением магнитной стрелки) были у Эрстеда перпендикулярны. Ученые, сгрудившиеся у лабораторного стола Эрстеда, впервые видели «противодействие», не противоположное по направлению «действию».

Памфлет Эрстеда вышел в свет 21 июля 1820 года. Дальнейшие события развивались в весьма непривычном для неторопливой тогда науки темпе. Уже через несколько дней памфлет появился в Женеве, где в то время находился с визитом Араго. Первое же знакомство с опытом Эрстеда доказало ему, что найдена разгадка задачи, над которой бился и он, и многие другие. Впечатление от опытов было столь велико, что один из присутствующих при демонстрации поднялся и с волнением произнес ставшую впоследствии знаменитой фразу: «Господа, происходит переворот...»

Араго возвращается в Париж потрясенный. На ближайшем же заседании академии 4 сентября 1820 года он делает устное сообщение об опытах Эрстеда. Записи в академическом журнале свидетельствуют, что академики просили Араго уже на следующем заседании, 11 сентября, показать всем присутствующим опыт Эрстеда.

4 сентября 1820 года сообщение Араго слушал и внезапно побледневший академик Ампер. Он, должно быть, почувствовал в тот момент, что пришла его пора перед лицом всего мира принять из рук Эрстеда эстафету открытия. Через две недели он сделал сообщение, которое свидетельствовало о рождении электродинамики.

События развивались весьма стремительно. Уже 15 сентября 1820 года Араго заметил, что проволока, по которой идет ток, притягивает железные опилки и, кроме того, намагничивает стальные иголки, лежащие под прямым углом к ней.

Посмотреть на это явление в лабораторию Араго пришел Ампер. Наблюдая опыты, он предположил, что намагничивающее действие проволоки на иголку увеличится, если проволоку свернуть в спираль, а иголку поместить внутрь спирали по ее оси. Идея тут же была воплощена в жизнь. Араго и Ампер изготовили спираль и, воткнув иглу в бумажку, поместили ее в центр спирали. Успех превзошел все ожидания. Игла намагнитилась несравненно сильнее, чем раньше. «У проволоочной спирали, по которой протекал ток, обнаруживались северный и южный полюсы, как у настоящего стального магнита. Больше того, две такие спирали притягивались и отталкивались, как магниты».

Так был изобретен соленоид — катушка с проходящим по ней током. Соленоид был первым электромагнитом, созданным человеком. Соленоиды широко используются и сейчас — например, для изготовления «магнитных бутылок», удерживающих плазму при термоядерных исследованиях.

Сходство между магнитом и соленоидом, представляющим собой совокупность большого числа витков с током, привело Ампера к гениальной догадке: а что, если внутри магнита существует большое число миниатюрных контуров с токами? Сейчас эта теория блестяще подтвердилась. Так наступила новая эра в понимании магнетизма.

С открытием Эрстеда, Араго и Ампера человечество вступило в новую эпоху — эпоху электротехники, электроники, гигантских электростанций и полетов в космос...

После открытия Эрстед был избран членом многих авторитетнейших научных обществ, в том числе Лондонского Королевского общества и Парижской академии, англичане присудили ему медаль Копли, а из Франции он получил давно заслуженный им приз в 3000 золотых франков, некогда назначенный Наполеоном для авторов самых крупных открытий в области электричества.

Принимая все эти почести, Эрстед никогда не забывал о том, что новый век требует нового подхода к

обучению науке. Он основал в Дании общество для поощрения научных занятий. Польщенный европейской славой Эрстеда король Фредерик VI пожаловал ему Большой крест Данеборга — высшую награду и, кроме того, разрешил основать Политехнический институт. В те же годы Эрстед открывает литературный журнал, читает просветительные лекции для женщин, покровительствует «маленькому Гансу Христиану», своему тезке, будущему великому писателю Гансу Христиану Андерсену. Он совершает десятки заграничных поездок и блестяще овладевает немецким, французским, английским, латинским языками, на которых читает лекции о науке и литературе.

Его жизнь оборвалась 9 марта 1851 года. Хоронили его ночью. Толпа из двухсот тысяч человек, освещая путь факелами, провожала его в последний путь. Звучали траурные мелодии, специально сочиненные в его память. Ученые, правительственные чиновники, члены королевской семьи, дипломаты, студенты, горожане восприняли его смерть как огромную утрату. За многое они были благодарны ему. И не в последнюю очередь за то, что он подарил миру новые тайны, раскрыв которые, ученые создали современную элетротехнику.

Где вы, таинственный П. М.?

В Ленинграде есть необычный музей. Его экспонаты — электрические машины разных лет, разнообразнейших размеров, типов и назначений. Возраст некоторых из них — около ста лет.

Проходясь по залам музея, притрагиваясь к бронзовым ангелочкам и чугунным цветам на давно построенных механизмах, проникаешься вдруг странной мыслью: начавшееся в 1831 году развитие электрических машин шло бурными темпами лишь несколько десятков лет; потом оно остановилось, и с тех пор электрическая машина приобрела какой-то «вечный» вид, на который ничто, кажется, не может повлиять. В результате машины, построенные в конце прошлого века, внешне почти ничем не отличаются от своих ультрасовременных сестер.

Размышляя об этом, мы начали перебирать в памяти факты, относящиеся ко времени, когда были сделаны первые удивительные открытия, посильные лишь наибо-

лее одаренным, искусным и терпеливым. И первым среди этих одаренных, искусных и терпеливых нужно назвать Майкла Фарадея...

Напомним: в канун наступающего XIX столетия немецкий физик Риттер в письме своему последователю Эрстеду предсказал, что в 1820 году будет сделано выдающееся научное открытие. Прогноз сбылся — в 1820 году Эрстед открыл магнитные свойства электрического тока. Спустя несколько месяцев после открытия Эрстеда Араго заметил прилипание железных опилок к проволоке с электрическим током. Еще через несколько дней Ампер и Араго изготовили первый соленоид. Задача «превращения электричества в магнетизм» была решена. Встала другая задача — «превратить магнетизм в электричество».

Решение ее принадлежит великому Фарадею. Для этого человека не существовало ничего, кроме науки. Она была его всепоглощающей страстью, забиравшей все его внимание и время. Он мог бы стать миллионером, эксплуатируя свои многочисленные изобретения, однако Фарадей охладевал к своим устройствам, как только ими заинтересовывались промышленники. Занятия наукой были ему лучшей наградой.

Майкл Фарадей родился в сентябре 1791 года. С тринадцати лет он работал переплетчиком и живо интересовался содержанием книг, которые переплетал. Особенно он любил «Беседы о химии» Марсе и главы «Британской энциклопедии», посвященные физике. Несколько раз Майкл посетил лекции всемирно известного ученого Гемфри Дэви и с тех пор мечтал работать у него.

В декабре 1812 года Фарадей расхрабрился и послал Дэви письмо, в котором сообщал, что решил заняться научной деятельностью. Фарадей просил места в лаборатории. В качестве доказательства серьезности своих намерений юноша приложил к письму конспекты прослушанных им лекций Дэви, разумеется в отличном переплете.

Дэви взял Фарадея секретарем (в это время Дэви не мог ни читать, ни писать — взрывом в лаборатории ему поранило глаза). Затем, когда появилась вакансия, Фарадей стал лаборантом.

Сразу после открытия Эрстеда Фарадей приступил к экспериментам. Через год упорной работы он создал

устройство, которое фактически было первым действующим электродвигателем, созданным человеком *.

С рисунка в рабочих тетрадях Фарадея, напоминающего детский, ведет свою историю вся электроэнергетика. В этом рисунке прообразы и генераторов сверхмощной сибирской ГЭС, и двигателей атомохода... С этого рисунка начинается история электромашиностроения.

Практическая реализация исторического рисунка Фарадея проста — на металлическом крючке укреплен проводочка, нижний конец которой может совершать вращательное движение. В сосуд залита ртуть, в нее погружен магнетик. Ртуть, являющаяся хорошим проводником, подсоединена к одному полюсу источника тока, крючок — к другому. При замыкании цепи взаимодействие тока проволоки и магнетика приводит к тому, что с одной стороны проводочки поле становится больше, а с другой — меньше, поэтому проводочка выталкивается в область с меньшим полем, а магнетик начинает вращаться. Это был, по существу, первый электродвигатель, построенный человеком.

В 1827 году Фарадей стал профессором в Королевском институте. Он не забывал о задаче превратить магнетизм в электричество. Фарадей проделал множество опытов, вел педантичные записи. Каждому небольшому исследованию он посвятил параграф в своих «Экспериментальных исследованиях по электричеству». О работоспособности Фарадея говорит хотя бы тот факт, что последний параграф «Исследований» помечен № 16 041.

Блестящее мастерство Фарадея-экспериментатора и его одержимость дали результат — через 11 лет после Эрстеда, 29 августа 1831 года, он, быстро двигая железный сердечник в катушку, убедился, что в этот краткий момент в цепи катушки возникает ток. Будь прибор Фарадея не на виду у него или у его ассистента в тот самый момент, когда он вставлял сердечник, неизвестно, сколько еще времени ему пришлось бы биться над своей задачей.

Одновременно с Фарадеем примерно такие же опыты проводил великий Ампер. Чтобы избежать ошибок,

* Это был так называемый униполярный двигатель. В нем проводник, в котором наводится ЭДС, всегда проходит лишь под одним полюсом магнита, в то время как в биполярных электрических машинах проводники поочередно проходят то под северным, то под южным полюсами.

вызванных сотрясением прибора, Ампер, как и Фарадей, поместил измерительный прибор в соседнее помещение. Он сначала вдвигал сердечник в катушку, а потом шел в соседнюю комнату посмотреть, не появился ли ток. Пока Ампер шел из комнаты в комнату, ток, который возникает лишь в момент вдвигания, когда изменяется магнитное поле, уже затухал, и Ампер не мог обнаружить эффекта. Фарадей же работал с ассистентом, находившимся в соседней комнате. При вдвигании Фарадеем сердечника ассистент заметил отклонение стрелки прибора.

Можно снова и снова повторять за Гельмгольцем: «И от этих случайных обстоятельств зависело великое открытие!..»

Через несколько дней после открытия электромагнитной индукции Фарадей построил первый в мире электрогенератор. Очень интересно, что Фарадей изобрел униполярный генератор, то есть опять-таки наиболее сложный по принципу действия из всех генераторов, известных на сегодняшний день. Еще интереснее, что точно такой же по принципу действия генератор Фарадей мог получить за 10 лет до этого. Стоило ему самому начать крутить вокруг магнита проволочку своего первого двигателя, а не ждать, пока она закрутится при пропускании тока, и он имел бы электрогенератор! Ведь сейчас каждому школьнику известно, что электродвигатель и электрогенератор обратимы, то есть легко превращаются друг в друга!

Но Фарадей не догадался покрутить проволочку вокруг магнетика. «И от этой мелочи...» — и так далее, по Гельмгольцу.

Таким образом, Фарадей с интервалом в десять лет сделал два величайших открытия, которые, можно сказать с уверенностью, произвели революцию в энергетике — он изобрел электродвигатель и электрогенератор.

Как нередко случается, на эти открытия нашлось много претендентов. Еще в 1821 году, когда Фарадей опубликовал результаты экспериментов с первым электродвигателем, ему пришлось выдержать бой за приоритет с коллегой Уолластоном, который заявил, что все эти эксперименты проделаны с его, Уолластона, слов и в соответствии с его, Уолластона, идеями.

Ампер тоже претендовал на открытие, опубликовав в 1823 году материал об аналогичной конструкции.

Как только Фарадей напечатал работы по электромагнитной индукции, разразился еще один скандал. На этот раз претендентами на открытие были известный американский электротехник Генри и итальянец Кавальери Антинори. Однако Фарадей смог доказать, что и Генри, и Антинори проводили свои эксперименты уже после того, как они слышали о его опытах.

Несмотря на то что Фарадей не имел математического образования, он в своих трудах заложил основы теории электромагнетизма, впоследствии описанной в уравнениях Максвелла.

Поразительна научная требовательность Фарадея. «Все люди склонны ошибаться», — любил повторять ученый, и поэтому, проводя исследования, он неустанно проверял и перепроверял себя и других.

Изнурительный труд подорвал здоровье Фарадея. Свой жизненный путь он закончил в Хэмптон-Корте — бывшем королевском дворце, где королева Виктория устроила некое подобие дома престарелых для некогда знаменитых англичан.

Останки великого физика Майкла Фарадея покоятся на Хайгетском кладбище, недалеко от могилы Карла Маркса, столь тонко оценившего революционность идей Фарадея и изобретенных им машин...

Электрический генератор, предложенный Фарадеем, был оригинальным по принципу действия, но неудобным для практического использования. В лучшем случае он мог служить изящным украшением физических лабораторий. Никому и в голову не приходило, что явление самоиндукции, открытое Фарадеем, может иметь практическое применение.

И тут на сцене появляется таинственный незнакомец П. М. (P. M.). Через несколько недель после открытия Фарадея он тайно оставил в лондонской квартире Фарадея чертежи электрического генератора совершенно необычной и неожиданной для того времени конструкции. Как писал впоследствии академик М. П. Костенко, «...основные черты машины П. М. были настолько правильны, что на много лет определили конструкции машин позднейших изобретателей». Будто он заглянул вперед на несколько десятилетий и избавил человечество от необходимости терять время напрасно.

Кто вы, таинственный П. М.? В ряду людей, поставивших электричество на службу человечеству, мы не смогли проставить вашего имени...

Следующими были машины братьев Пикси (1832 год) и В. Риччи (1833 год). Новым в работах Риччи было введение коллектора и указание на то, что вместо магнитов в генераторах можно использовать электромагниты.

Большим достижением было изобретение профессором Пизанского университета Антонио Пачинотти и германским столяром Зиновием Граммом «кольцевого» якоря, а затем — создание Ф. Гефнер-Альтенекем «барбанного» якоря электрической машины, которые в конечном счете привели машину-генератор к ее современному виду. Это было в 1872 году. С тех пор конструкция генераторов практически не изменялась.

С двигателями дело обстояло примерно так же. До тех пор, пока люди не понимали, что электродвигатель и электрогенератор — это, по сути дела, одно и то же, они разрабатывали конструкции двигателей отдельно от конструкций генераторов. В разработке первых электрических двигателей сильно сказалась инерция строителей паровых машин. Двигатели, построенные в 1832 году Д. Генри и в 1864 году У. Пейджем, имели коромысла, золотники, кривошипы и шатуны.

Крупнейшее открытие было сделано в России. В 1833 году русский академик Эмилий Христианович Ленц понял ошибку Фарадея, который разделял двигатель и генератор. Ленц доказал, что электрическая машина работает как двигатель или как генератор — зависит от желания управляющего ею человека. В 1838 году Ленц подсоединил один «типичный» генератор к вольтову столбу. Генератор тотчас же начал вращаться точно так же, как если бы он был электродвигателем. «Вращение было так сильно, что колесо, шестерня и рукоятка, служащие к сообщению движения в этих машинах, вертелись вместе и довольно быстро».

К сожалению, как это довольно часто случалось в истории науки, крупнейшее открытие русского ученого было оставлено без внимания.

Еще многие годы генераторы и двигатели не только совершенствовались порознь, но и имели различные конструкции, хотя были, по сути дела, тем же самым

устройством. Положение изменилось лишь через несколько десятков лет.

В 70-х годах прошлого века электротехники, наконец, ясно поняли, что двигатель и генератор — это одно и то же, и, таким образом, смогли слить воедино конструкторские достижения создателей генераторов и создателей двигателей.

По-видимому, один из ранних электродвигателей привлек в свое время внимание Карла Маркса. Вот что вспоминает об этом соратник Маркса В. Либкнехт:

«Вскоре мы коснулись области естествознания. Маркс иронически говорил о победоносно царящей в Европе реакции, которая воображает, что раздавила революцию, не подозревая, что успехи естествознания готовят новую революцию. Его величество пар, который в прошлом столетии все перевернул вверх дном, сходит теперь со сцены и уступает свое место несравненно более сильному революционеру — электрической искре. При этом Маркс, весь охваченный пламенем энтузиазма, рассказал мне, что вот уже несколько дней на Риджент-стрит выставлена модель железной дороги. Теперь, говорил он, проблема решена, результаты необозримы. За экономической революцией должна последовать политическая, так как вторая служит только выражением первой».

В 1838 году русский ученый Борис Семенович Якоби создал первую практическую модель двигателя с круговым вращением якоря. Двигатель этот произвел в Петербурге и других научных центрах Европы сенсацию. Будучи установлен на катере длиной 8,5 метра и шириной 2,1 метра, двигавшемся с шестнадцатью пассажирами на борту, этот электромотор заставлял судно развивать солидную скорость не только по течению Невы, но и против ее течения. Мощность его была всего полкиловатта.

Для проверки «экономической эффективности» нового двигателя Академия наук назначила авторитетную комиссию под председательством известного русского адмирала И. Ф. Крузенштерна. Комиссия пришла к выводу, что электродвигатель в десять раз дороже парового и, следовательно, будущего на флоте не имеет.

К тем же годам относятся и первые попытки применить электродвигатель на железнодорожном транспорте. В 1838 году маленькую модель электровоза с вагоном

(все вместе весило всего 30 килограммов) продемонстрировал в Лондоне Т. Дэвенпорт. Модель пробегала за минуту «43 фута рельсового пути» — это примерно 3 километра в час. Не оставил без внимания идею электровоза и Якоби. В письме от 29 июля 1838 года, адресованном вице-адмиралу И. Ф. Крузенштерну, он писал: «Маленький электромагнитный локомотив с моей малой машиной сможет везти по рельсам груз общей массой в 160 килограммов со скоростью 5 километров в час». Начать этот опыт Якоби, видимо, рассчитывал после испытаний своего электрического катера. Неудача испытаний и отрицательное заключение комиссии по применению электромоторов в судоходстве заставили отложить работы по применению электротяги на железных дорогах на несколько десятков лет.

Нужно сказать, что до 1838 года, когда Якоби предложил первую практическую модель электродвигателя, устройства подобного рода имели демонстрационный характер и могли только иллюстрировать законы электромагнитных явлений. Их еще нельзя было заранее рассчитать, поскольку чисто физические понятия были для этих конкретных конструкций трудно применимы. Здесь для нас представляет интерес выявить: что же, электрическая машина, как раньше паровая, изобретена без использования достижений науки? И если это так, то почему тогда электротехнику считают первой областью техники, которая вышла именно из науки и целиком обязана ей?

В 1834 году Э. Х. Ленц сформулировал закон, названный его именем и определяющий направление индуцированного тока. Этот закон послужил базой для математической теории токов индукции Неймана. Вскоре Гельмгольц и Томсон показали, что закон электромагнитной индукции Фарадея имеет глубокую внутреннюю связь с законами электромагнитных действий, открытыми Эрстедом и Ампером, а также принципом сохранения энергии.

Работы Ленца были первыми работами в русле теории электрических машин. Ленцем же были предложены первые решения задачи о распределении токов в системе разветвленных проводников, позже сформулированные в более общем виде Кирхгофом. Он же предложил и эталон (единицу) электрического сопротивления, назвав его «якоби» (1848). Эта единица широко использовалась

вплоть до того времени, когда Максвелл, Флеминг Дженкин и Бальфур Стюарт не установили в 1863—1864 годах новую единицу, получившую название «ом». Ленц ввел и весьма тонкие понятия теории электрических машин, например «реакцию якоря».

Теория быстро обогащалась. М. Фарадей ввел в употребление термины «электрод», «электролиз», «диэлектрик». Максвелл, следуя за ним, разработал ряд новых важных теоретических понятий.

Нужно сказать, однако, что различие языков фундаментальной физики, в лоне которой развивалась электродинамика, и сообщества изобретателей, разрабатывавших основные конструктивные принципы электрических машин, приводило к тому, что конструкторы, не имевшие классического физического образования (Пачинотти, Грамм и др.), не могли ничего из этих теорий воспринять, хотя они уже создали вполне работоспособные модели электрических машин.

Необходимость теоретических изысканий, направленных на улучшение характеристик электрических машин, снижение их веса и габаритов, уменьшение потерь, проявилась в полной мере тогда, когда наиболее рациональный конструктивный тип машины уже установился.

Дальнейший прогресс в этой области был связан не столько с изобретательностью конструкторского ума, сколько с использованием достижений науки — механики, теории теплоты, теории электромагнитного поля. Видные ученые того времени с пониманием отнеслись к этой новой задаче и включились в исследования теоретических проблем.

Классическим примером внимания ученых-«фундаменталистов» конца XIX века к нуждам практики электромашиностроения стала статья Максвелла «О теории поддержания электрических токов механическим путем без применения постоянных магнитов».

История появления этой статьи вкратце такова. 14 февраля 1867 года Вильгельм Сименс сообщил на заседании Королевского общества в Лондоне о конструкциях машин с самовозбуждением (то есть без использования постоянных магнитов), которые создал его брат Вернер, известный изобретатель. На том же заседании Ч. Уинстон доложил и о своих опытах по использованию так называемого «параллельного», шунтового возбуждения электрической машины вместо последовательного.

Два эти изобретения как бы завершали длительный (с 1830 года) этап поисков рациональной конструкции электрических машин.

Через 9 дней после заседания К. Варлей направил секретарю Королевского общества послание, в котором он по-прежнему «на пальцах» пытается объяснить значительное увеличение мощности машин, построенных по схемам Сименса и Уинстона. Попытка заканчивается неудачей.

14 марта 1867 года, то есть спустя всего месяц после сообщений Сименса и Уинстона, Максвелл сделал в Королевском обществе теоретический доклад, в котором проблемы электромашиностроения впервые переведены на язык физики. Максвелл прямо использует формулы из своей работы «Динамическая теория электромагнитного поля». К сожалению, ни изобретатели, ни заводские инженеры еще не созрели тогда для восприятия «прикладной» работы Максвелла. В научном сообществе того времени не нашлось «переводчика», способного изложить казавшиеся сложными идеи Максвелла на языке научно-технических, изобретательских, производственных категорий. Вследствие этого труд Максвелла не оказал существенного влияния на судьбы электрических машин.

В 70-х годах прошлого века электротехники пришли к необходимости анализа, «приступили,— как писали в журналах,— к выработке подробностей» и стали пытаться проектировать целесообразные динамо-машины и двигатели. Здесь начала повторяться история паровых машин: электротехникам нужна была теория, но в литературе электромагнетизма, хотя и очень обширной, ничего не оказывалось, чем можно было бы воспользоваться. Впоследствии утверждали, что при тщательном разыскивании можно было найти готовым все, что требовалось,— намекали на сочинения Максвелла, Вильяма Томсона, Фарадея, даже Эйлера... Как бы то ни было, техники, не видя помощи от науки, помогли сами себе.

Вернер Сименс писал, что между данными науки и потребностями практики лежала в то время «глубокая пропасть». М. О. Добровольский считал, что до 1885 года электротехники «не умели рассчитывать даже приближенно машины и простые трансформаторы, а конструкции могли критиковаться лишь после их осуществления».

Резкий рывок в развитии электрических машин — заслуга русского ученого Михаила Осиповича Доливо-Добровольского. Он, опираясь на данные теории, изобрел совершенно новый тип электрической машины — трехфазный асинхронный двигатель, который и до нашего времени остался добросовестным работягой, приводящим во вращение станки, прокатные станы, миллионы других устройств.

Изобретение этого двигателя, работавшего на переменном токе, внесло панику в ряды владельцев электростанций постоянного тока. Среди них оказался и великий изобретатель Томас Альва Эдисон. К сожалению, честность ученого и изобретателя не поборола в нем инстинктов собственника, он даже объявил переменный ток противным человеческой природе, морали, библии и внес в сенат своего штата законопроект о запрещении переменного тока как необычайно опасного. Доказывая это, Эдисон добился того, чтобы казнь на электрическом стуле производилась с помощью именно переменного тока. Все было напрасно. И переменный ток, и двигатели Доливо-Добровольского начали свое победное шествие по земному шару.

С тех пор основные типы машин практически не изменяются, лишь возрастает их мощность — и машины увеличиваются в размерах. Уже в 80-х годах компания «Мозер и Платт» в Манчестере построила для одного генератора магнит весом в 46 тонн. Это колоссальная величина, потому что современные инженеры, используя такой магнит, могли бы «выжать» мощность бóльшую, чем мощность Днепрогэса.

Когда трудом поколений изобретателей были созданы удачные конструкции электрических генераторов, осталось только найти способ их вращения, чтобы механическая энергия преобразовывалась в электрическую. Понадобилось создать двигатель, способный сразу же, без промежуточных устройств, приводить во вращение с большим числом оборотов ротор генератора.

Собственно, один такой двигатель существовал, причем к моменту изобретения генераторов уже не одну тысячу лет. Речь идет о самом обычном водяном колесе. Правда, потребовались существенные усовершенствования, чтобы старинное водяное колесо превратилось в современную водяную турбину.

Эти усовершенствования были сделаны довольно быстро. Дело в том, что потребность в быстро вращающемся источнике энергии возникла еще до изобретения электрогенераторов. Изобретатели нашли выход в создании активной водяной турбины. В 1745 году Баркер в Англии, а в 1750 году Сегнер в Венгрии предложили конструкцию реактивной водяной турбины, работу которой теоретически исследовал Леонард Эйлер.

В 1832 году по инициативе профессора Бюрдена во Франции был объявлен конкурс на лучшую конструкцию водяного быстроходного двигателя (кстати, именно Бюрден ввел в обиход и сам термин «турбина»). Выиграл проект ученика Бюрдена, французского инженера Фурнейрона. Эта турбина получила очень большое распространение. А после того как в 1838 году Понселе разработал теоретические основы работы гидротурбин, совершенствование их пошло особенно быстро.

К началу XX столетия основные варианты конструкции водяных турбин были уже предложены. Требовалось только разрабатывать новые конструкции, с чем инженеры успешно справились. И если по принципу действия водяная турбина Волховской ГЭС не так уже и отличается от гигантских гидротурбин могучих сибирских электростанций, то конструкция ее во много раз совершеннее.

Но турбины гидравлические имели тот же существенный недостаток, что и водяные колеса, — неотделимость от водных потоков. Бурно развивавшейся промышленности требовались машины, работающие в любом месте, способные приводить в быстрое вращение мощные генераторы. Ученые и изобретатели приступили к попыткам создания турбин паровых.

Паровая турбина имеет немало общего с водяным колесом. Идея ее возникла очень давно — еще геронов эолипил и упоминавшееся нами предложение почтенного Бранка представляли собой прообраз паровой турбины. Когда появились и стали привычными паровые машины, изобретателями было предложено также несколько конструкций турбин, но все они оказались неработоспособными — еще не было умения обрабатывать металлы с необходимой точностью, инженеры еще не понимали особенностей вытекания пара из небольших отверстий. Только в середине XIX столетия появились первые работы, в которых правильно истолковывались

вопросы истечения пара из сосудов, где верно понимались скорости, с которыми должно было вращаться рабочее колесо турбины. Оказалось, эти скорости настолько велики, что никакие известные в то время материалы не способны были бы их выдержать. Потребовались десятилетия труда металлургов и технологов, чтобы можно было приступить к созданию паровых турбин.

Первую работоспособную конструкцию паровой турбины предложил шведский инженер Карл Густав Патрик де Лаваль. Он происходил из старинной французской семьи, эмигрировавшей в Швецию еще в XVI веке, когда в самом разгаре было преследование гугенотов. Лаваль окончил университет в Упсале в 1872 году и начал работать в качестве инженера по химической технологии и металлургии. Но молодого инженера увлекла идея создать совершенную конструкцию сепаратора для молока — крайне нужное шведским животноводам устройство. Чтобы сепаратор хорошо отделял сливки от молока, его необходимо вращать с большой скоростью — примерно 6000—7000 оборотов в минуту. Около 1878 года конструкция сепаратора была создана. Для приведения его во вращение Лаваль применил примитивную паровую турбину. Конструкция ее, конечно, была весьма далека от современной, но успех сепаратора с турбинным приводом дал изобретателю средства для работы над конструкцией паровых турбин.

Такая конструкция была создана довольно быстро. Уже в 1893 году на выставке в Чикаго Лаваль демонстрирует турбину мощностью 5 лошадиных сил, работающую при 30 000 оборотов в минуту. В 1900 году мощность турбины Лавалья, представленной на выставке в Париже, достигла уже 350 лошадиных сил. Множество вопросов решил изобретатель при работе над конструкцией паровой турбины, немалая часть его достижений используется и сегодня.

По другому пути — создания турбин реактивных, где давление пара сильно снижается, — пошел другой изобретатель, Чарлз Алджернон Парсонс. Его отец был президентом Лондонского Королевского общества, он дал сыну великолепное домашнее образование, которое тот продолжил в университете в Кембридже. Хотя отец был знаменитым астрономом, сына больше тянуло к изобретательству. Уже в 12 лет он пытался построить паровой автомобиль. После окончания университета в

1876 году Парсонс поступает на работу на машиностроительный завод Армстронга в Ньюкасле. В 1884 году он получил патент на конструкцию паровой турбины, а в 1885 году первый экземпляр нового двигателя был построен. В Англии паровая турбина быстро распространилась — за один 1896 год было построено турбин на 40 000 лошадиных сил. Но на Европейском континенте паровые турбины почти не применялись — почему-то не внушали они доверия тамошним инженерам, привычная паровая машина казалась надежней и удобней. И все же нашлись энтузиасты новых машин и здесь.

По инициативе главного инженера города Франкфурта в Германии Линдлея для электростанции в городе Эльберфельде были заказаны две турбины Парсонса. Испытания этих турбин производились с особой тщательностью, для их проведения были приглашены авторитетные специалисты. К 1890 году испытания турбин были закончены. Результаты испытаний однозначно продемонстрировали преимущества паровых турбин перед паровыми машинами. С тех пор началось быстрое вытеснение паровых машин с электростанций и повсеместная замена их паровыми турбинами. И теперь паровые турбины являются основными источниками энергии в «большой» энергетике: около 80 % получаемой в мире энергии производится с их помощью. Конечно, они очень изменились, но принципы многоступенчатых реактивных паровых турбин, предложенные Парсонсом, остались неизменными.

С колоссальной скоростью растут мощности паровых турбин. В 1907 году в России на Санкт-Петербургском металлическом заводе (теперь это известное во всем мире объединение — Ленинградский металлический завод) была построена первая паровая турбина мощностью 200 киловатт. А уже в 1924 году тот же завод выпустил турбину в десять раз мощнее. Выполнение плана ГОЭЛРО потребовало еще большего увеличения темпов производства турбин: 1927 год — мощность самой большой турбины 10 тысяч киловатт, 1931 год — 50 тысяч киловатт, 1938 год — 100 тысяч киловатт.

С 1970 года серийно выпускаются турбины мощностью до 800 тысяч киловатт. А в 1980 году на Костромской ГРЭС запущен уникальный энергоблок мощностью 1200 тысяч киловатт!

Итак, прошло больше ста лет с тех пор, как основной конструктивный принцип электрических машин установился. С тех пор машины подвергались лишь не принципиальным конструктивным изменениям. А с начала нашего века их внешний вид почти совсем не изменяется.

...И вот стоят в ленинградском музее машины, как две капли воды похожие одна на другую, хотя одна из них построена в 1905, а другая — в 1980 году... За это время парусиновая птица Можайского превратилась сначала в «Илью Муромца», затем — в ИЛ-12, затем — в ТУ-154; открыта атомная энергия, взорвана атомная бомба, построены атомные электростанции; Землю опоясали орбиты спутников, человек уже выходит за пределы космического корабля, прокладывая путь к звездам... А электрические машины, как каменные сфинксы, взирают на всю эту суету с вершины своего достигнутого совершенства.

Но впечатление обманчиво. Стоит лишь подойти поближе к машине и осмотреть заводские щитки, на которых написана ее номинальная мощность, как окажется, что мощности одинаковых по размерам машин несравнимы — они различаются порой в десятки раз. Это происходит потому, что люди с течением времени научились лучше использовать достижения науки. Поясним вкратце, в чем тут дело.

Как показал Фарадей, для осуществления электромагнитного взаимодействия в двигателе или генераторе необходимо наличие двух взаимодействующих магнитных полей — поля статора и поля ротора. Чем сильнее эти поля, тем сильнее взаимодействие, тем больше мощность машины.

Для того чтобы увеличить магнитное поле, необходимо увеличивать силу тока в проводниках обмотки. Однако даже если отвлечься от неизбежного явления — «насыщения стали», увеличивать ток безгранично нельзя: проводники начинают перегреваться, и изоляция на них сгорает. У электриков-практиков существует даже специальное «правило восьми градусов», которое гласит: при повышении температуры изоляции на восемь градусов срок службы ее сокращается вдвое.

В свете этого правила становится ясным, какое большее значение приобретает охлаждение проводников. Прежний универсальный способ увеличения мощности

увеличением габаритов уже неприемлем. Машины большей мощности по размерам не могут превышать предшественников, и так выполненных «на пределе» длин и диаметров.

Чем же определяется предельный размер электрической машины?

Во-первых, максимальным размером стальной поковки, которую могут изготовить на металлургическом заводе.

Во-вторых, высотой железнодорожных мостов, шириной и высотой железнодорожных тоннелей. Ведь электрические машины изготавливаются, как правило, в одном месте, а устанавливаются в другом. Их нужно перевозить с места на место, и чаще всего по железной дороге. Поэтому требования железнодорожников сильно влияют на конструкцию электрических машин. Некоторые машины, правда, можно разрезать на части (гидрогенераторы), эти машины продолжают с ростом мощности наращивать размеры и уже сейчас достигают десятков метров в диаметре и тысяч тонн по весу (крупнейшие в мире гидрогенераторы для Саяно-Шушенской ГЭС мощностью в 640 тысяч киловатт весят около трех тысяч тонн каждый). Другие крупнейшие электромашины — турбогенераторы — по ряду соображений нельзя разрезать на куски, и для них железнодорожный габарит — это и есть то прокрустово ложе, в котором они должны разместиться.

Достигнув в начале века максимальных «железнодорожных габаритов», турбогенераторы уже не могли увеличиваться дальше в размерах. Несмотря на это, их мощность возросла к 1980 году в 50 раз! На рисунке 1910 года изображена могучая для тех лет машина — турбогенератор мощностью 25 тысяч киловатт. В расточке статора стоит крупный мужчина, — значит, ее диаметр около двух метров. Диаметр расточки самых мощных в мире современных советских турбогенераторов мощностью в 500, 800, 1200 тысяч киловатт даже несколько меньше, чем у этой машины. Общие размеры — примерно такие же, длина — чуть больше.

Как удалось достичь такого увеличения мощностей?

В первую очередь за счет интенсивного охлаждения обмоток.

Сейчас на некоторых отечественных заводах и во многих зарубежных фирмах разработаны очень эффек-

тивные системы охлаждения проводников газообразным водородом, водой и трансформаторным маслом. В одних системах использованы трубки, служащие для подвода газообразного водорода, охлаждающего медные проводники, в других — по аналогичным трубкам с большой скоростью подается вода. Существует множество других систем охлаждения. Особые перспективы открывает охлаждение проводников машины до температуры кипения жидкого гелия, при которой некоторые вещества обладают сверхпроводимостью, то есть совершенно не нагреваются и в принципе не имеют потерь мощности.

Только благодаря усиленному охлаждению удалось в том же объеме генератора и при сохранении в неприкосновенности конструктивного принципа повысить мощность во много раз.

Все электрические машины — мастодонты и мухи современной электротехники — при всем их кажущемся различии по существу мало отличаются друг от друга. Во всех них есть магниты, мимо которых стремительно проносятся проводники (имеют эти проводники вид невесомой нити или железнодорожной балки — зависит от масштаба задачи).

Миллионы модификаций электрических машин: машины, «напечатанные» на пластике, плоские, как камбала; машины-гарпии, оснащенные когтеобразными полюсами; машины, внутри которых с невероятными скоростями неслышно несутся алюминиевые стаканчики; машины, катящиеся сами по себе или по рельсу; МГД-генераторы, в которых проводником является движущаяся плазма; сверхпроводящие двигатели с многоугольными роторами; плазменные рули наших космических станций — все это ветви плодоносного дерева, некогда посаженного Фарадеем.

Но самая мощная из этих ветвей — та, которую привил к бессмертному Фарадееву дереву неизвестный изобретатель П. М.

Электрические машины — один из наиболее прочных бастионов техники. Вот уже чуть ли не сто лет, как их конструкция практически постоянна, и это кажется невероятным в наш бурный век, подстегиваемый научно-технической революцией. А может быть, просто не пришло время нового «незнакомца П. М.»?

На дне температурного колодца

Кажется, уже во все «заповедные уголки» природы проникла техника — нет недоступных высот; в дно океанов вгрызаются долота бурильных установок; человеку покорились чудовищные давления и разреженный вакуум; есть установки, в которых созданы температуры в миллионы градусов. Логика развития техники приводит сейчас к тому, что и на дно температурного колодца, в странный мир самых низких в природе температур, начинают опускаться не только бесстрастно регистрирующие происходящее физические приборы, но и первые технические устройства. И как любой не исследованный еще мир, мир низких температур таит и новые загадки, и новые сокровища.

Во времена оккупации Нидерландов наполеоновскими армиями на одном из судоходных каналов в центре Лейдена взорвался французский корабль, груженный боеприпасами. Взрывом были сметены все постройки на обоих берегах канала. Шли годы. Развалины постепенно почти сравнялись с землей, и берега канала превратились в заросший бурьяном пустырь, который лейденцы называли «руинами». В 80-х годах прошлого века сюда пришли строители, и скоро на левом берегу канала поднялось светлое трехэтажное здание Лейденского университета.

Из всех возможных направлений исследований предпочтение в университете отдавалось экспериментальной физике. Отчасти это объяснялось тем, что здесь работали крупные ученые: Лоренц (вспомните «преобразования Лоренца» — фундамент теории относительности А. Эйнштейна) и Ван дер Ваальс («силы Ван дер Ваальса»). Особенного развития физические исследования достигли при Гейке Камерлинг-Оннесе, по сути дела превратившем весь университет во всемирно известную Лейденскую лабораторию низких температур, позже названную его именем.

Мы привыкли уже к масштабным физическим исследованиям. Физики используют сейчас сложное и дорогое оборудование, такое, например, как серпуховский и дубненский синхрофазотроны, ракеты, спутники, специальные подводные лодки, самолеты и корабли. Избалованному машинами-вычислителями и уникальной техникой

современному ученому трудно представить себе обычную физическую лабораторию начала века. Даже именитая Кембриджская лаборатория Резерфорда была до 20—30-х годов «сургучно-веревочной».

Поэтому, быть может, нам труднее, чем современникам Оннеса, оценить его открытие: он одним из первых понял необходимость капитального переоборудования лабораторий. И не только понял, но и сумел осуществить свои идеи на практике.

Он занял почти все здание университета под свои исследования, разработал холодильные установки невиданных по тем временам мощностей, основал школу высококвалифицированных рабочих и научный журнал. Тематика исследований лаборатории была ограничена только низкими температурами и совершенно конкретной целью — оживить гелий.

Техническое преимущество Оннеса дало себя знать довольно быстро. В течение месяца преодолел Оннес все ступени, которые ведут все ниже и ниже в температурный колодец. Он последовательно ожижает кислород, неон, водород.

Все газы ожижены, и, более того, большинство доведено даже до твердого состояния. Один лишь гелий не поддается усилиям ученых. Уже раздаются голоса о том, не занимает ли этот газ в мире какого-либо особого положения? Может быть, поэтому он и не превращается в жидкость?

Оннес не сдается, он упорно совершенствует аппаратуру. Каждый новый градус холода достигается невероятным трудом. Холодильные машины работают по нескольку суток. Достигнута температура 20 градусов абсолютной шкалы... 15 градусов... 10 градусов... Гелий — все тот же, кажется, несколько не склонен к сжижению, 5 градусов... Гелий остается газообразным.

Более десятка лет прошло с начала опытов...

4,2 градуса. В дьюаровском сосуде появляется небольшое облачко тумана. Это хороший признак — ведь все остальные газы и пары, которые вследствие нечистоты опыта могли бы оставаться в сосуде, уже смерзлись и недвижно застыли где-то на стенках. В сосуде только один-единственный гелий, туман может быть образован лишь им. Значит, в гелии уже возникли центры конденсации, и он начинает превращаться в жидкость!

Температура понемногу снижается. Эксперимент продолжается.

В конце восемнадцатого часа на стеклянном доньшке сосуда возникает какой-то вихрь, бурление, и вот уже на дне — тонкий слой легкой кипящей жидкости, настолько прозрачной, что разглядеть ее удастся с трудом.

Жидкость кажется невесомой, почти несуществующей. А может, и нет вовсе ее, этой жидкости, за которой Камерлинг-Оннес охотился долгие годы?

В глазах ученого помутилось. Десять лет упорного труда и восемнадцать часов непрерывного эксперимента, внезапное волнение при виде капель тумана и этой легчайшей волнующейся жидкости подкосили его. Оннеса в бессознательном состоянии отвезли домой. Лишь через несколько месяцев упорнейший человек смог снова вернуться к своим приборам, к письменному столу, к экспериментам.

...Прошло три года с того дня, когда 10 июля 1908 года Гейке Камерлинг-Оннес получил первые капли жидкого гелия. Теперь можно было проводить любые измерения, любые исследования свойств веществ при самых низких полученных человеком температурах. Можно, например, исследовать при этих температурах свойства различных веществ и указать, насколько хорошо они согласуются с той или иной физической теорией.

Оннес с головой окунается в измерения. Он бесконечно проверяет других и себя, печатает в научном журнале лаборатории груды цифр, являющихся всевозможными физическими данными и константами.

Опубликованы изотермы газов при низких температурах, таблицы и кривые теплоемкостей газов и твердых тел, таблицы удельных электрических сопротивлений. Оннес измерил удельные электрические сопротивления большинства хороших электропроводников (медь, алюминий, серебро) и приступил к исследованию сопротивления твердой (конечно, твердой — ведь температура всего лишь на несколько градусов выше абсолютного нуля!) ртути. И вот тут-то его ожидал сюрприз, да еще какой!

Ученых интересовало, как же будет изменяться электрическое сопротивление ртути в то время, когда ее температура снижается и достигает областей, близких к абсолютному нулю.

Господствующей в то время была следующая точка зрения: если температура образца снижается, то это в первую очередь означает, что кристаллическая решетка материала все меньше и меньше колеблется. Вероятность того, что электрон — носитель электричества — столкнется с решеткой и затормозит свое движение (грубо говоря, в этом сущность электрического сопротивления), будет становиться все меньше и меньше. Стало быть, с уменьшением температуры сопротивление образца металла должно снижаться и в принципе равняться нулю при нулевой абсолютной температуре.

Но в эксперименте абсолютного нуля достигнуть невозможно, и поэтому ученые следили за характером кривой электрического сопротивления при снижении температуры. Все измерения, сделанные на меди, серебре и других хороших проводниках электричества, полностью подтверждали изложенную выше точку зрения. И вот тут-то замерзшая, отвердевшая ртуть повела себя совершенно необычно. Пока сопротивление измерялось в диапазоне 15, 10, 5 градусов Кельвина, все шло нормально, как и в других исследованных металлах. Оннес снизил температуру до 4,1 К, взглянул на прибор, с помощью которого измерялось сопротивление, и поразился: стрелка вольтметра указывала, что сопротивление образца равно нулю, хотя до температурного нуля оставалось еще больше четырех градусов!

Это было поразительно. Для физика исчезновение электрического сопротивления было равносильно исчезновению земли из-под ног.

Оннес подумал, что прибор испортился, и включил вместо него запасной. Опыт повторили. Когда температура вновь была снижена до отметки 4,1 К, исследователи увидели полное отсутствие электрического сопротивления у ртутного столбика.

Оннес и ассистировавший ему Хольст изготовили новый образец затвердевшей ртути — залили ртуть в тончайший стеклянный капилляр и затем заморозили его, получив, таким образом, необычайно тонкий и длинный ртутный столбик. Из электротехники известно, что такой образец должен иметь большое сопротивление. Кроме того, в новом опыте экспериментаторы решили использовать для измерений сверхчувствительный зеркальный гальванометр. Этот гальванометр в сочетании

со специально изготовленным образцом должен был обнаружить хотя бы следы сопротивления.

Но не тут-то было. Вновь при температуре 4,1 градуса выше абсолютного нуля исследователи замечают внезапное «убегание» зайчика гальванометра. Несмотря на все предосторожности сопротивление не появлялось — оно было равно нулю. Все говорило о том, что Камерлинг-Оннес и Хольст открыли неожиданное для них и для всех физиков мира явление.

И вот теперь Оннес опубликовал в «Сообщениях из Лейденской лаборатории» статью о своем открытии. Статья наделала много шума. За ней последовали десятки новых сообщений, которые дополняли, подкрепляли и доказывали открытие Оннеса.

Выяснилось, что ртуть вовсе не является монополярной обладательницей свойства сверхпроводимости. Некоторые другие металлы, такие, например, как свинец и олово, также становятся сверхпроводниками. Вопреки всеобщим ожиданиям, лучшие проводники электричества — медь и серебро — оказалось, вовсе не обладают таким свойством.

Долгое время ни один физик не мог дать этому удивительному явлению достаточно убедительного теоретического обоснования. Но эти факты были чрезвычайно интересны не только с точки зрения «чистой физики». Открытие сверхпроводимости сразу же вызвало к жизни множество заманчивых проектов, относящихся в первую очередь к области электротехники.

В 1911—1913 годах, о которых идет речь в нашем рассказе, электродвигатели и электрогенераторы были известны уже более полувека, а трансформаторы (их изобрели позже) — не один десяток лет. Этот срок достаточен для того, чтобы техническая идея воплотилась в довольно совершенные конструкции. Другими словами, электрооборудование было сделано по последнему слову техники того времени, и, как и в наши дни, стояла проблема его дальнейшего совершенствования.

И теперь, и тем более в те времена электрические машины, трансформаторы, линии электропередач имеют и имели один существеннейший недостаток — они нагреваются, причем это ненужное для нас тепло возникает за счет электрической энергии вследствие неумолимого закона Джоуля — Ленца, гласящего, что любой ток, проходящий по проводнику с некоторым электрическим

сопротивлением, отдает в этом сопротивлении часть своей энергии.

Иногда эта энергия используется, например, в электрических обогревателях, плитках, подушках. Однако в большинстве случаев тепловое нагревание электрических проводов является напрасной потерей электроэнергии, что было хорошо известно и Камерлинг-Оннесу.

Для магнитных измерений в Лейденской лаборатории требовалось построить несколько мощных электромагнитов с полем, например, 100 тысяч эрстед. Обычный электромагнит с многотонным стальным сердечником мог создавать поля лишь до 60—65 тысяч эрстед. К тому же, если такое чудовище весом в несколько тонн поместить в лаборатории, не останется места для работы. Значит, нужно было создавать соленоид, то есть спираль, по которой идет ток, образующий сильное магнитное поле. Но «у каждого — свои недостатки». В соленоиде, выполненном, например, из меди, будет тратиться зря колоссальная мощность! Лишь с помощью сверхпроводников можно было бы избавиться от этих потерь и создавать сколь угодно мощные электромагниты для исследований.

Идея увлекла профессора Оннеса, и уже в 1913 году в том же журнале «Сообщения из Лейденской лаборатории» он опубликовал статью с предложением построить сверхпроводящий электромагнит на 100 тысяч эрстед, не имеющий бесполезных потерь мощности и, естественно, изготовленный не из меди, а из какого-нибудь сверхпроводящего металла.

Однако последующие события показали, что Оннес был настроен слишком оптимистично. Суровые физические законы, казалось, восстали против этой смелой идеи. Вскоре после опубликования статьи Оннес выяснил, что по сверхпроводнику может течь ток не всякой величины. Как только величина тока превосходит некоторое (позже названное критическим) значение, ток «выключает» сверхпроводимость, и вместо образца с волшебными свойствами остается ничем не примечательный кусочек свинца, ртути или олова. Токи эти оказались настолько малыми, что постройка магнита из такой проволоки была практически бесполезной. И это еще не все. Вскоре после открытия Оннеса обнаружилось, что не только ток способен «выключить» сверхпроводимость. Сверхпроводимость исчезала и под влиянием очень

слабых магнитных полей, не превышающих сотен эрстед. А Камерлинг-Оннес мечтал о сотнях тысяч!

К сожалению, радужным мечтам Оннеса о «розе без шипов» — электротехнике без электрического сопротивления — не было суждено сбыться. Первые же исследования показали, что в сверхпроводниках, открытых во времена Оннеса, — ртути, олове, свинце — не может без разрушения состояния сверхпроводимости циркулировать хотя бы мало-мальски значительный электрический ток. Таким образом, техническая революция, задуманная Оннесом, не состоялась, и поразительное явление сверхпроводимости, казалось, навсегда вошло в студенческие физические практикумы как любопытнейший физический курьез, как бы олицетворяющий вечное движение. Во многих низкотемпературных лабораториях мира ток, хотя и не очень большой, в течение многих лет, не теряя энергии, циркулировал по сверхпроводящим свинцовым кольцам, погруженным в жидкий гелий.

Сомнений не оставалось, что сверхпроводимость — не более чем физическая игрушка, возбуждающий любопытство физиков феномен. Видимо, будучи убежденным в этом, отошел от активной деятельности Гейке Камерлинг-Оннес, оставив Лейденскую лабораторию своим последователям В. Кеезому и В. де Хаазу.

Кеезому принадлежит капитальный труд «Гелий». В этой книге собрано все, что знали о гелии, — от истории его открытия до свойств в жидком состоянии.

Де Хааз провел многочисленные исследования низких температур, сверхпроводящих сплавов. Совместно с советским физиком Л. В. Шубниковым, стажировавшимся в Лейденской лаборатории, он открыл явление, названное «эффектом Шубникова — де Хааза».

В начале 30-х годов было обнаружено, что существует несколько сплавов различных металлов, в которых сверхпроводимость исчезает при магнитном поле, гораздо большем, чем то, о котором знал Оннес. В сплаве свинца с висмутом, например, «критическое» магнитное поле превышало уже 15 тысяч эрстед. Хотя до сотен тысяч эрстед, о которых мечтал Оннес, было еще далеко, физики воспрянули духом.

Появилась как будто бы возможность создавать электромагниты без потерь если не на сотни тысяч эрстед, то хотя бы на 15 тысяч. Такие магниты уже можно было бы использовать в электрических машинах. Мо-

жет быть, сплав свинца с висмутом удалось бы использовать даже в лабораторных магнитах, правда не очень сильных, но больших по объему рабочей зоны.

Однако обстоятельства сложились неблагоприятно. В дело вмешался новый директор лаборатории Кеезом. Измерив критический ток проволоки из сплава свинца с висмутом, он выяснил, что этот ток слишком мал и сделать из такой проволоки сколько-нибудь ценный магнит невозможно.

Работники лаборатории, ознакомившись с выводами Кеезома, решили отказаться от «бесперспективных» сверхпроводников. Так сверхпроводящие магниты были «закрыты» во второй раз*.

В те годы советский физик Петр Леонидович Капица открыл не менее интересное, чем сверхпроводимость, явление — сверхтекучесть жидкого гелия. Лейденцы увлеклись новой перспективной темой и окончательно потеряли интерес к сверхпроводимости.

Видимо, пессимистичные выводы Кеезома повлияли и на английских физиков, работавших в Оксфорде. Они отвергли сверхпроводящие сплавы и продолжали исследовать только сверхпроводящие металлы. Тут, казалось, их ждал успех: они сделали ряд интересных открытий, будто бы подтверждавших их выбор. К сожалению, эти частные успехи были лишь коварной приманкой природы, которая, словно оберегая свои тайны, заманила исследователей в дебри дремучего и бесплодного леса. Таким образом, и прекрасно оснащенная оксфордская группа прекратила исследования перспективных сверхпроводников.

Примерно в это же время в Харькове работала большая группа физиков. Руководил ею доктор Л. В. Шубников. Ученые всего мира единодушно признают, что группа Шубникова была лучшей по своей оснащенности и знаниям металлургии сверхпроводящих сплавов. Не приняв выводы Кеезома на веру, харьковская группа продолжала заниматься сплавами. Эти работы легли в основу последующих теорий, экспериментов и открытий. Однако и харьковским экспериментаторам по ряду

* Лишь через три десятка лет выяснилось, что выводы Кеезома были неточными. Критический ток сплава свинца с висмутом был вполне достаточен для того, чтобы из него делать довольно экономичные соленоиды.

причин не удалось открыть сверхпроводящих сплавов, устойчивых к сильным магнитным полям.

Непонятная сверхпроводимость не давала покоя и теоретикам. Первым пролил свет на природу сверхпроводимости знаменитый советский физик академик Лев Давидович Ландау, длительное время работавший в Институте физических проблем. Этот глубокий и разносторонний ученый пользовался среди физиков непререкаемым авторитетом. Его краткая надпись на чьей-нибудь научной работе: «Одобряю, Ландау» всегда воспринималась как самая развернутая и восторженная рецензия.

Ландау первым сопоставил два «странных» явления — сверхпроводимость и сверхтекучесть — течение жидкого гелия—2 без трения через узкие капилляры. И предположил, что эти явления родственны. Сверхпроводимость — это сверхтекучесть весьма своеобразной жидкости — электронной.

Идея Ландау оказалась в высшей степени плодотворной, на ее основе построено большинство теорий сверхпроводимости.

Следующий шаг был сделан почти одновременно советским физиком академиком Н. Н. Боголюбовым и американскими физиками Бардиным, Купером и Шриффером. Теория, разработанная ими, необычайно сложна даже для физиков. Например, в работах Николая Николаевича Боголюбова, посвященных этой теории, на печатной странице можно прочесть лишь два-три «человеческих» слова, да и то таких, как «известно, что..., следовательно, итак, имеем, что и требовалось доказать», а остальное — ротаторы, дивергенции, дифференциалы, интегралы, лаплассианы, якобианы и прочий высший пилотаж абстрактной математики.

Теория Н. Н. Боголюбова и теория Бардина, Купера и Шриффера («теория БКШ») основана на предположении, что сверхпроводящие электроны, в противовес обычным, объединены в пары, тесно связанные между собой. Разорвать пару и разобщить электроны чрезвычайно трудно. Такие мощные связи позволяют электронам двигаться в материале, помогая друг другу и не встречая электрического сопротивления.

Крупным достижением в разработке теории сверхпроводимости являются работы члена-корреспондента

АН СССР Алексея Алексеевича Абрикосова. Он теоретически подтвердил давнюю догадку Шубникова о преимуществах сверхпроводящих сплавов перед сверхпроводящими металлами и постулировал существование нового типа сверхпроводников — «сверхпроводников второго рода». За разработку этой теории А. А. Абрикосов был удостоен в 1963 году Ленинской премии.

Итак, теория утверждает, что в металлургических лабораториях со дня на день должны родиться сплавы с предсказанными Абрикосовым чудесными свойствами.

И вот в 1961 году американский физик Кунцлер, исследуя сплав ниобия с оловом, обнаруживает совершенно фантастические сверхпроводящие свойства этого соединения. Оказалось, что даже самое сильное магнитное поле в 88 тысяч эрстед, имевшееся тогда в Соединенных Штатах, не в силах разрушить сверхпроводимость сплава.

Путь к сверхпроводящим магнитам, сверхпроводящим электротехническим устройствам был открыт...

Широко развернувшиеся вслед за этим поиски новых сверхпроводников привели к волнующим открытиям. Во многих странах были обнаружены новые сверхпроводящие материалы, только уже не металлы, а сплавы и особые соединения, которые не теряли сверхпроводящих свойств даже при очень больших токах и в сильных магнитных полях. Этими материалами оказались в основном сплавы и соединения ниобия. Теперь можно было приступать к созданию проволоки, кабелей и шин из сверхпроводящих материалов, к техническому использованию сверхпроводимости.

Первой областью, где сверхпроводники прочно завоевали подобающее им место, оказались лабораторные электромагниты. Уже сейчас сотрудники практически всех лабораторий мира, в которых проводятся исследования физических, химических и других явлений в диапазоне магнитных полей 3—10 Тесла *, не колеблются в выборе типа магнита для этих условий. Сверхпроводящие магниты легче, дешевле, экономичнее обычных электромагнитов. Наиболее сильные сверхпроводящие

* Т е с л а — единица измерения индукции магнитного поля. 1 Тесла равен 10 000 гауссов. Магнитное поле Земли составляет в воздухе примерно 0,5 гаусса.

магниты имеют поле порядка 14—15 Тесла, а рекордный магнит «Гиперон», построенный в Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова, дает поле в 25 Тесла.

Промышленность, и в особенности электроэнергетическая, тоже, естественно, не могла упустить широких возможностей использования сверхпроводящих материалов. Как на пример можно указать на уже построенные в различных странах униполярные двигатели со сверхпроводящей обмоткой возбуждения, мощностью до 10 000 киловатт. По всем показателям — весу, габаритам, стоимости, эксплуатационным расходам и надежности работы — эти электродвигатели превосходят аналогичные машины с медной обмоткой возбуждения.

Особенно захватывающими кажутся перспективы применения сверхпроводников в качестве обмоточного материала крупнейших электрических машин — турбо- и гидрогенераторов, устанавливаемых на мощных электростанциях. С каждым годом их мощность возрастает. Это — отнюдь не гигантомания, а веление времени: чем больше мощность единичных агрегатов и их КПД, тем меньше удельные расходы на их изготовление, меньше объем строительных работ на электростанциях, дешевле эксплуатация, быстрее ввод новых энергетических мощностей, выше темпы электрификации.

К сожалению, возможности повышения мощности электрических машин не безграничны. Генератор Костромской ГРЭС мощностью 1200 тысяч киловатт с водородным и водяным охлаждением имеет мощность, по видимому уже близкую к предельной для данного типа конструкции.

Если бы обмотку возбуждения электрической машины (по сути дела электромагнит особой формы) удалось сделать из сверхпроводника, это сразу бы решило ряд проблем. Во-первых, исчезло бы нагревание обмоток. Во-вторых, магнитные поля и токи в машине возросли бы в несколько раз, что привело бы к резкому сокращению размеров машины. Проведенные исследования показывают, что генератор мощностью в два миллиона киловатт со сверхпроводящей обмоткой возбуждения имел бы меньшие размеры, чем обычный генератор вдесятеро меньшей мощности. Недаром проблема создания сверхмощных электрогенераторов со сверхпроводниками поставлена сейчас в число важнейших.

Как далеко осуществление этих проектов? Какую

реальность можно иметь в виду, говоря о столь радужных перспективах?

По мнению одного из конструкторов системы охлаждения криогенных турбогенераторов советского ученого И. Ф. Филиппова, уже сегодня есть основание считать задачу создания экономических криотурбогенераторов со сверхпроводниками решенной. Предварительные расчеты и исследования позволяют надеяться, что не только размеры и масса, но и КПД новых машин будут выше, чем у самых совершенных генераторов традиционной конструкции.

Это мнение разделяют руководители работ по созданию новых сверхпроводниковых турбогенераторов серии КТГ — академик И. А. Глебов, доктора технических наук Я. Б. Данилевич и В. Н. Шахтарин. Генератор КТГ-20 мощностью 20 МВт испытан весной 1982 года и в 1983 году передан на одну из ленинградских электростанций. Результаты испытаний позволили приступить к постройке сверхпроводникового агрегата значительно большей мощности. До 1985 года на «Электросиле» будет построен сверхпроводящий генератор мощностью 300 МВт. Этими работами открывается новая эра в развитии советской энергетики.

Какую же конкретную пользу рассчитывают получить специалисты, строя сверхпроводящие турбогенераторы? Главное — уменьшение массы и объема, увеличение КПД (почти на один процент), повышение устойчивости энергетической системы. Можно указать и на ряд определенных экономических преимуществ: меньшие потери, облегченный фундамент, маломощная система возбуждения, легкость транспортировки, дешевизна монтажа, пониженные капитальные затраты. Это и естественно: сверхпроводящий турбогенератор мощностью 1300 МВт имел бы около 10 метров в длину и массу 280 тонн. Длина аналогичной машины обычной конструкции более 20 метров, масса — 700 тонн.

И еще — сверхпроводящие генераторы снимают с повестки дня проблему «лимита мощности», давая фантастическую возможность постройки машин мощностью вплоть до 20 000 МВт, в то время как для обычных конструкций этот предел примерно в 10 раз ниже.

Большое внимание в СССР и других промышленно развитых державах мира уделяется сейчас магнетогидродинамическим установкам — прообразам высокоэконо-

мичных электрогенераторов, непосредственно преобразующих тепловую энергию в электрическую. Важнейшим элементом подобных установок является крупный электромагнит. Например, для создания МГД-генератора мощностью в два миллиона киловатт потребуется создать магнитное поле величиной 6 Тесла в объеме $15 \times 5 \times 5$ м³. Для создания такого колоссального магнита обычными средствами, то есть при помощи медных обмоток, потребовалось бы затрачивать мощность лишь ненамного меньше той, которую вырабатывал бы генератор. Только экономичные сверхпроводящие магниты дадут возможность решить эту важную проблему.

Такое же положение и с энергетическими термоядерными установками, которые, возможно, удастся создать в не слишком отдаленном будущем. Существенным элементом этих генераторов, топливом для которых будет служить обыкновенная вода, также является мощная магнитная система с такими высокими значениями магнитного поля, которые не удастся обеспечить при помощи обычных магнитных систем. Эта задача, по-видимому, неразрешима без применения сверхпроводящих материалов.

Таким образом, оказывается, что будущее нашей энергетики в большой степени зависит от создания мощных сверхпроводящих магнитных систем. К счастью, перспективы тут весьма благоприятны. Непрерывно понижается стоимость пока еще весьма дорогих сверхпроводящих материалов, накапливается опыт работы с низкотемпературным оборудованием и непосредственно с крупными сверхпроводящими магнитными системами. Можно с уверенностью утверждать, что уже в ближайшие годы вполне реальна постройка сверхпроводящих магнитных систем с полем в несколько Тесла, создаваемым в рабочем объеме порядка кубических метров.

...Вот уже более полувека в патентные бюро разных стран непрерывным потоком текут заявки на изобретения, авторы которых предлагают передавать электроэнергию по кабелям, работающим при низких температурах, в том числе по сверхпроводящим. Однако лишь недавно, с открытием новых сверхпроводящих материалов, эта идея смогла быть воплощена в жизнь, хотя и теперь — лишь в виде экспериментальных установок. Первые сверхпроводящие линии электропередач — это

алюминиевые трубы, покрытые тонким слоем ниобиевого сплава и помещенные внутрь трубопровода, по которому циркулирует жидкий гелий. Этот трубопровод помещен, в свою очередь, в трубопровод с жидким азотом, являющийся своеобразным тепловым экраном. Несмотря на кажущуюся сложность и дороговизну такой конструкции она, как показывают расчеты, учитывающие стоимость потерь электроэнергии в обычных линиях, является вполне конкурентоспособной с ними, а с удешевлением стоимости сверхпроводящих материалов будет дешевле их.

Уже можно считать доказанным, что мощные сверхпроводящие линии электропередачи будут дешевле обычных. Проведенные в США исследования мощных трехфазных сверхпроводящих кабелей показали, что удельные затраты на сооружение такой передачи примерно в 2 раза ниже, чем для обычной кабельной системы.

С помощью сверхпроводников, возможно, удастся, наконец, осуществить и заветнейшую мечту энергетиков — хранение больших количеств электроэнергии. Известно, что электроэнергия — это продукция, если можно так выразиться, «мгновенного потребления». Произведенную электроэнергию нужно тут же тратить, небольшие аккумуляторы в счет не идут. Большие количества электроэнергии пока еще не научились хранить до нужного момента. Вот и приходится для того, чтобы обеспечить кратковременные максимумы нагрузок, иметь в энергосистемах колоссальный, дорогостоящий запас энергетических мощностей, включаемых лишь в моменты пикового потребления. Если бы удалось иметь «склады электроэнергии», такого дорогостоящего резерва можно было бы не создавать, выдавая энергию со «склада» по мере надобности.

Вот здесь-то и может пригодиться удивительное сверхпроводящее кольцо, по которому бесконечно, без потерь электроэнергии, будет циркулировать электрический ток. Расчеты говорят о том, что пиковые нагрузки, например всей энергосистемы европейской части СССР, могли бы покрываться за счет громадного сверхпроводящего кольца, в котором хранилась бы электроэнергия в миллиарды киловатт-часов. Кольцо это, внутренним диаметром в десятки метров, представляло бы собой громадную сверхпроводящую обмотку, в магнитном поле

которой и сохранялась бы энергия. Магнитное поле этого кольца будет столь велико, что его придется установить где-нибудь в безлюдной местности во избежание вредного влияния магнитного поля на здоровье людей.

Это, конечно, пока еще фантастика. Однако быстрое развитие сверхпроводниковой техники, несомненно, свидетельствует о том, что уже скоро сверхпроводниковые машины и устройства займут почетное место и в большой энергетике.

У А. С. Пушкина в «Сценах из рыцарских времен» есть такая фраза: «Perpetuum mobile, то есть вечное движение. Если найду вечное движение, то я не вижу границ творчеству человеческому... видишь ли, добрый мой Мартын: делать золото задача заманчивая, открытие, может быть, любопытное — но найти perpetuum mobile... о!»

Сегодня идея вечного движения приобрела своеобразное воплощение именно в сверхпроводниковых устройствах.

Второе слагаемое

Все больше и больше времени проходит с зимнего дня 1920 года, когда в нетопленном зале Большого театра, заполненном молодыми бойцами Красной Армии, рабочими и крестьянами, прозвучали слова Владимира Ильича Ленина о том, что план, разработанный Государственной комиссией по электрификации России (ГОЭЛРО), является второй программой партии. Это было не менее неожиданно тогда, чем и другое знаменитое высказывание Ленина, связавшего коммунизм, Советскую власть и электрификацию в единую формулу: «Коммунизм — это есть Советская власть плюс электрификация всей страны».

И сейчас еще можно услышать вопросы: почему именно электрификация стала частью этой гениальной формулы? Почему не машиностроение? Не металлургия? Почему программа строительства электростанций общей мощностью 1 миллион 750 тысяч киловатт приравнивалась по своему значению к партийной программе? Чтобы ответить на эти вопросы исчерпывающим образом, мы должны обратиться к бессмертному ленинскому наследию и к тем дням, когда разрабатывался план ГОЭЛРО.

В стенограмме знаменитого доклада Г. М. Кржижановского на VIII Всероссийском съезде Советов есть такие строки:

«...Благодаря электричеству является возможным подход к такому овладению силами природы, к созданию таких могучих производственных центров, которые уже не мирятся с частной собственностью. Там, где идет вопрос о том, чтобы громадные реки заковать в каменные одежды и построить такие станции, которые будут влиять на жизнь целых районов страны, где дело идет о хозяйственном объединении этих районов в целостное народное хозяйство,— там территориальная собственническая грань не может не мешать...

И обратно: страна, стряхнувшая гнет частной собственности, получает возможность свободного подхода к источникам природной энергии и может не считаться в своих проектах и планах с прихотливой игрой частных интересов. Ошибочно, и более того, преступно было бы не использовать это наше преимущество в предстоящей нам трудной борьбе на экономическом фронте...»

Ни одна отрасль хозяйственной деятельности в молодой Стране Советов не пользовалась таким вниманием Ленина, как электрификация. Сотни его статей, писем, заметок, телеграмм, распоряжений так или иначе связаны с нею. Свидетельства пристального интереса Владимира Ильича к электрификации мы находим уже в его ранних работах, относящихся к 1896—1899 годам, когда он писал «Развитие капитализма в России». В то время внимание Ленина привлекли вопросы применения электричества в сельском хозяйстве. На конец этого периода приходятся его замечания, относящиеся к книге К. Каутского «Аграрный вопрос». Из них видно, как глубоко понимал Ленин принципиальные преимущества электричества перед другими видами энергии — возможность распределения и передачи на дальние расстояния, простоту и удобство двигателя и т. п.

В 1901 году Ленин обращается к вопросу о центральных электрических станциях, знаменующих собой победу крупного производства над мелким. Он отмечает, что централизация производства электроэнергии и возможность ее передачи на расстояние будут способствовать уничтожению противоположности между городом и деревней.

Идея централизации электроснабжения разрабатывалась Лениным в те годы, когда электроэнергетики в современном смысле этого слова еще не существовало. Только в 1895 году во Франкфурте-на-Майне стали производить первые турбогенераторы мощностью 500 киловатт. Между тем Ленин, внимательно изучавший в те годы инженерное приложение к английской газете «Таймс», особо отметил там статью о концентрации электроснабжения. Его привлекает мысль о важности концентрировать производство электрической энергии для удешевления ее.

Интересны в этом плане и ленинские размышления о грядущей роли гидроэнергетики, о рациональности выработки электроэнергии там же, где добывается топливо, с последующей ее передачей по воздушным магистралям, о важности развития промышленности, производящей электротехническое оборудование. В книге «Империализм, как высшая стадия капитализма», помимо прочего, Ленин дает точный анализ состояния электротехнической промышленности того времени. Владимир Ильич убежден, что именно электрификация должна лежать в основе производительных сил, что именно ей суждено стать базой технического прогресса в XX веке и привести человечество к социальным переменам.

Уже в апреле 1918 года в «Наброске плана научно-технических работ» Ленин выдвигает задачу выработки плана социалистического строительства на базе электрификации — предлагает поручить Академии наук «образовать ряд комиссий из специалистов для возможно более быстрого составления плана реорганизации промышленности и экономического подъема России», обратив особое внимание «на электрификацию промышленности и транспорта и применение электричества к земледелию».

Электрификация мыслится Лениным прежде всего как мощное средство повышения производительности труда, как средство «сэкономить труд централизацией». В период подготовки плана ГОЭЛРО Ленин попросил Кржижановского выразить мощность планируемых электрических станций через условных «работников», труд которых дополнительно вольется в ресурсы России, и был очень доволен, узнав, что в результате выполнения этого плана число дополнительных «работников» достигает 35 миллионов человек. Электрификация обе-

щала почти вдвое поднять среднюю производительность труда в республике.

Для Ленина план ГОЭЛРО — это действительно вторая программа партии, он постоянно в центре его внимания. «Неоднократно в зимние вечера этого года он приглашал меня к себе, — вспоминал впоследствии Кржижановский. — В своих беседах со мной на тему об электрификации Владимир Ильич особо интересовался тем, что можно назвать масштабом организующих общественное производство возможностей электрификации. Он подробно выяснял, какие расстояния может, не входя в конфликт с экономикой, преодолевать современная техника электропередач; возможно ли управлять распределением электроэнергии на большом расстоянии из одного центра; насколько электрификация может сэкономить издержки производства и т. п.».

Однажды Глеб Максимилианович Кржижановский принес ему карту намечаемых к постройке по плану ГОЭЛРО станций. Вокруг каждой станции была в масштабе проведена окружность радиусом около сотни верст, обозначавшая возможный район обслуживания потребителей. Ленин долго и внимательно изучал карту и вдруг сказал:

— Кольца не получается.

Глеб Максимилианович поразился. Действительно, намечаемые к постройке станции иногда были далеко друг от друга, и их «круги» в некоторых местах не пересекались между собой. Объективно это означало, что преимущества всеобщей электрификации не будут использованы полностью — не было кольцевания станций в энергетическую систему, сулившую большие выгоды. Ильич тут же это заметил и предложил увеличить радиус окружностей («это зависит как будто от напряжения?»).

В первоначальном варианте плана ГОЭЛРО не содержалось предпосылок для «кольцевания» станций в единую «высоковольтную сеть», которая позволила бы наиболее полно использовать преимущества централизованного электроснабжения. Некоторые важные работы оставались вне сферы всеобщей электрификации. Задача, решения которой Ленин добивался от составителей плана ГОЭЛРО, нашла свое воплощение в окончательном его варианте, а впоследствии — в создании Единой энергетической системы СССР.

Задача эта была тесно связана с идеей централизации, которую Ленин разрабатывал в течение ряда лет. Централизация производства электроэнергии, централизация ее распределения — в этом был залог ее удешевления и ее рационального использования для развития государственной экономики. Централизация и электрификация были неразделимы.

В конце 1920 года Ленин готовит тезисы для доклада на VIII Всероссийском съезде Советов и делает следующую краткую запись:

ЗНАЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ

1. Современная техника.
2. Восстановление производительных сил. Повышение их.
3. Централизация — тахітит.
4. Коммунизм = Советская власть + электрификация.

Проблема централизации ставится здесь Лениным наравне с необходимостью воплощения в жизнь формулы, связывающей в деле построения коммунизма Советскую власть с электрификацией. Не просто строительство электростанций, не просто электрификация в узком, чисто техническом значении этого слова, а такое строительство и такая электрификация, при которых станции были бы объединены в единую сеть, охватили бы как можно больше районов и создали бы энергетическую основу для организации высокоразвитой промышленности, которой будет управлять сам народ.

«Коммунизм предполагает Советскую власть, как политический орган, дающий возможность массе угнетенных вершить все дела... — писал Ленин. — Этим обеспечена политическая сторона, но экономическая может быть обеспечена только тогда, когда действительно в русском пролетарском государстве будут сосредоточены все нити крупной промышленной машины, построенной на основах современной техники, а это значит — электрификация...»

Так начинает раскрываться перед нами глубина ленинской формулы: не одна какая-нибудь отрасль экономики, а вся экономика, вся индустрия, все ее ключевые отрасли должны получить развитие на базе новой техники и высшей производительности труда, причем развитие максимальное, комплексное, основанное на глубо-

ко продуманном размещении производительных сил в стране.

Кольцеванием электростанций решалась главная задача, ставившаяся перед комиссией ГОЭЛРО,— связать мощность и местоположение станций с будущим развитием районов и всей государственной системы хозяйства, с теми социально-экономическими преобразованиями в городе и деревне, под которые подводилась энергетическая база. Комиссии ГОЭЛРО нужно было провести исторический анализ развития промышленности и сельскохозяйственных отраслей России в различных ее районах и дать хорошо обоснованный прогноз их роста в будущем, в перспективе многих лет. И комиссия это сделала, создав первый в мире научно обоснованный и всеобъемлющий план развития народного хозяйства целой страны, в котором технический прогресс был тесно переплетен с социально-экономическими преобразованиями.

Составили этот замечательный план лучшие инженеры и ученые тогдашней России: А. А. Горев, М. А. Шателен, Г. М. Кржижановский, К. А. Круг, Р. А. Лютер, А. С. Шварц, М. К. Поливанов, Р. А. Классон, А. А. Глазунов — всего около двухсот человек. В основном — электротехники.

— Почему у вас в комиссии нет ни одного экономиста? — часто упрекали Кржижановского.

— Как нет? — отвечал он.— А Карл Маркс?

В этом ответе, шуточном и не претендующем ни на какую особую многозначительность, в таком же простом и естественном, как и те внешне простые слова, которыми Ленин определил план ГОЭЛРО, выражена основная методология, принятая как руководящая Кржижановским и его соратниками. В нем и объяснение поистине триумфального успеха ГОЭЛРО, признанного теперь всем миром. План ГОЭЛРО — это прежде всего торжество теоретических положений диалектического и исторического материализма, блестяще примененных на практике. Составители плана, стремившиеся гармонично сочетать в нем решение социальных, экономических и культурных задач, применили в больших масштабах системный подход, который воплощается в наших сегодняшних планах и является не чем иным, как конкретизацией принципов материалистической диалектики.

Выполнение плана ГОЭЛРО должно было, по замыслу Ленина, привести к созданию крупной машинной индустрии. Но это была лишь одна сторона дела. Нити этой индустрии должны сосредоточиться в руках народа, и народ с самого начала должен почувствовать, что речь идет не только о строительстве новых электростанций, но и о строительстве нового, социалистического общества. Это его кровный план, план, отвечающий всем его жизненным интересам. Вот почему Ленин выдвигает перед Кржижановским и его комиссией задачу составления не технического, а, скорее, политического или государственного плана электрификации страны — «задания пролетариату».

«...Я думаю,— пишет он,— 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*...

Повторяю, надо увлечь *массу* рабочих и сознательных крестьян *великой* программой на 10—25 лет...»

Из этого письма совершенно понятно, почему Ленин так энергично и настойчиво пропагандирует идею электрификации. Пропаганда электрификации становится для него не менее важной задачей, чем пропаганда марксистских идей в дореволюционной России. И в том, и в другом случае Ленину удалось добиться того, что идея овладела массами и стала великой революционной преобразующей силой.

В связи с необходимостью широкой пропаганды электрификации В. И. Ленин не очень жаловал термин «киловатт».

— Посудите сами, Глеб Максимилианович,— сказал он как-то Г. М. Кржижановскому,— как сможет полудикий крестьянин где-нибудь в российской глубинке представить мощность в один миллион семьсот пятьдесят тысяч киловатт, которую вы наметили для российских электростанций? Много это или мало? А сколько это будет, к примеру, «машинных рабов» или «работников»?

Глеб Максимилианович при этих словах призадумался.

— Вообще-то,— сказал он,— в сопоставлениях киловатта с человеческой силой много условного... Впрочем... если все-таки на это решиться, то, взяв карандаш,— тут он действительно вытащил из внутреннего кармана пиджака карандаш, а потом и бумагу, и логарифмическую линейку,— можно подсчитать,— он задвигал бегунком,— ...что работу одного киловатта мощности можно сравнить с работой не менее 20 рабочих. Следовательно,— быстро прикинул на линейке Глеб Максимилианович,— общую мощность электростанций ГОЭЛРО можно сравнить с физическими усилиями 35 миллионов человек. Это, конечно, очень грубо и ориентировочно. Скорее всего, эта величина преуменьшена.

— Выходит, в результате постройки намеченных станций число работающих в нашей стране как будто бы сразу возрастет на тридцать пять миллионов! Вы не ошиблись, Глеб Максимилианович?!

Пропаганда электрификации, громадная работа в массах дали свои плоды.

Волховстрой, Свирьстрой, Днепрострой — эти названия стали синонимами народного подвига. Тысячи людей работали не покладая рук, проявляя героизм и изобретательность. Плодом их труда был свет. В их домах, где еще вчера мерцали керосиновые лампы и лучины, горела теперь «лампочка Ильича». Это был свет новой, электрической России, приобщающий весь народ к достижениям отечественной и мировой культуры, к книгам и знаниям, разгоняющий тьму невежества, религиозных предрассудков, суеверий, рабской приниженности — всего того, что веками поддерживалось в угнетенном народе.

Вот что означала электрификация, вот к чему должен был привести и привел подлинно марксистский, диалектический подход к решению на первый взгляд только технико-экономической задачи. Кстати говоря, даже чисто техническое содержание термина «электрификация» авторы плана трактовали в духе марксизма — предельно широко, не ограничивая его собственно электротехникой. Слово «электрификация» означало для них и перестройку народного хозяйства на базе новейшей техники, и использование для производства электроэнергии всех достижений науки. «За химической молекулой и атомом — первоосновами старой химии — все яснее обрисовываются ион и электрон — основные субстанции

электричества,— писал Кржижановский в своей статье об электрификации,— открываются ослепительные перспективы в сторону радиоактивных веществ. Химия становится отделом общего учения об электричестве. Электротехника подводит нас к внутреннему запасу энергии в атомах. Занимается заря совершенно новой цивилизации».

План ГОЭЛРО увлек «массу рабочих и сознательных крестьян». Увлек он и техническую интеллигенцию России, которая после революции не вся и не сразу определила свое отношение к Советской власти. «Наши экономисты,— писал в те дни Кржижановский,— сделали ряд детальнейших подсчетов для оценки сложившейся ситуации. Вполне естественно, что при этом они разделились на два лагеря: людей, смотрящих вперед, так сказать, «приемлющих» революцию и ее завоевания, и на антагонистическую группу из той человеческой породы, которая психологически настолько связана с прошлым, что уже неспособна к беспристрастному объективному исследованию... Если схоластически подсчитывать те раны, которые нанесли нам империалистическая и гражданская войны, то легко прийти к самым безотрадным выводам. Диалектическое мышление приводит к совершенно другим результатам...»

Работа в комиссии ГОЭЛРО, участие в создании программы обновления России, в ее осуществлении привели подавляющее большинство российских инженеров не только к активному сотрудничеству с Советской властью, но и к полной ее поддержке. В этом еще раз проявилась исключительная прозорливость Ленина, который писал, что «инженер придет к признанию коммунизма *не так, как пришел подпольщик-пропагандист, литератор, а через данные своей науки...*».

«Безотрадные выводы», к которым действительно легко было прийти в годы разрухи (вспомним хотя бы Уэллса, который при всем своем воображении не мог представить себе России электрической),— эти выводы у тех, кто с головой окунулся в практическую работу, быстро уступали место уверенности в победе. Участие в выполнении плана ГОЭЛРО вырабатывало новый, революционный стиль мышления, диалектический подход к жизни, широту взглядов и умение опираться на широкие массы трудящихся, понимание, что энтузиазм этих

масс позволит в кратчайшие сроки воплотить в жизнь самые смелые научно-технические идеи.

Общая мощность тепловых станций с учетом установленного резерва должна была по плану ГОЭЛРО составить 1 миллион 100 тысяч киловатт и гидростанций — до 640 тысяч киловатт. Мощности эти должны были «набираться» из агрегатов колоссальной по тем временам единичной мощности — до 25 тысяч киловатт. Таких машин не знала еще ни российская, ни европейская практика, но к их разработке смело приступили инженеры завода «Электросила». Именно высокие задания плана ГОЭЛРО, постройка волховских гидрогенераторов и других мощных энергетических агрегатов вызвали к жизни всемирно теперь известную научно-техническую школу советского электромашиностроения.

...Делегаты VIII съезда Советов разъезжались в приподнятом настроении. Они ехали преображать страну, имея для того ленинский, научный план, руководство к действию.

— Даешь электрификацию! — слышалось в болот Шатуры, Каширы, с холодных берегов седого Волхова — с самых крупных строек страны. Энтузиазм, сознание ясной перспективы воодушевляло строителей — раздетых, разутых, недоедающих, недосыпающих...

Вся страна пришла на помощь стройкам. Собрали оборудование для депо и кузницы в Волхове, рабочие-паровозостроители дали тут же девять только что отремонтированных паровозов, путейцы проложили сорок верст рельсов, матросы-речники пригнали 24 баржи, строители помогли построить жилье, лесопилку.

Развернулись работы на Волховстрое. Были заказаны генераторы — четыре за границей, в Швеции, а четыре — дома, в России (сложнейшие машины, не виданные в Европе!). На Волховстрой прибыла новая техника.

Поехав туда осенью двадцать третьего года, Алексей Толстой с восхищением написал: «...У каменного откоса работает машина. Туловище ее — вагон с трубой, из которой валят клубы дыма, внутри пытит машина. Трещат шестерни. Из вагона высовывается длинный железный нос на цепях, поперек носа ходит палец вверх, вниз, в стороны. На конце пальца — зубастый ковш величинной с комод. Вся эта штука называется экскаватор. Я думаю, она может даже писать стихи».

В октябре 1921 года Ленин подписал постановление Совета труда и обороны об учреждении Государственного экспериментально-электротехнического института (ныне ВЭИ имени В. И. Ленина). Он оказал большую помощь ученым в создании электротехнического факультета МВТУ, позднее преобразованного в Московский энергетический институт. 20-е годы — это годы организации новых учебных заведений, новых научно-исследовательских институтов, годы создания научных школ, снискавших потом мировую славу. Эти школы отличали высочайший оптимизм и глубокая уверенность в том, что союз науки и живого творчества масс не знает никаких преград.

Идеи, заложенные в плане ГОЭЛРО, и по сей день составляют стержень развития советской энергетики. Выдвинутая Лениным задача «сэкономить труд централизацией», задача всемирной концентрации производства электроэнергии, создания мощных высокопроизводительных машин нашла свое развитие в тенденции роста мощностей станций и единичных мощностей агрегатов. Если в начале осуществления плана ГОЭЛРО на станциях устанавливались в основном турбогенераторы мощностью 10—16 тысяч киловатт, то уже в 1927 году их единичная мощность достигла 24 тысяч киловатт. В 1937 году на «Электросиле» был создан турбогенератор серии «второй пятилетки» с рекордной для того времени мощностью 100 тысяч киловатт при частоте вращения 3000 оборотов в минуту. В 1959 году были установлены первые турбогенераторы мощностью 160 и 200 тысяч, в 1963 году — мощностью 300 тысяч, в 1967—1968 годах — 500 тысяч, в 1971 году — 800 тысяч киловатт. В 1980 году на Костромской ГРЭС запущен блок мощностью 1 миллион 200 тысяч киловатт.

Дальнейшее повышение мощностей агрегатов будет связано с широким использованием достижений современной науки — физики и техники сверхнизких и сверхвысоких температур, физики твердого тела, физики плазмы. Существенного ускорения темпов роста технического прогресса можно ожидать на пути поиска принципиально новых технических решений, и советские ученые ведут в этом направлении самые серьезные исследования.

Мы вправе гордиться успехами советской энергетики. В СССР построены крупнейшие в мире тепловые, атом-

ные и гидравлические станции, эксплуатируются и сооружаются линии высокого и сверхвысокого напряжения, ведутся разработки новых способов производства, преобразования и передачи электроэнергии. Известны достижения советских ученых и инженеров в изучении управляемой термоядерной реакции, в постройке магнитогидродинамических генераторов, в создании сверхпроводниковых турбогенераторов и линий электропередачи.

Сегодня, как и раньше, электрификация остается основным фактором увеличения производительности труда и решения задачи повышения материального и духовного уровня жизни народа.

Глава 5 **ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ГОЛОД ИЛИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗОБИЛИЕ?**

Энергетические запасы скудеют...

Что ждет человечество: энергетический голод или энергетическое изобилие? Вопрос этот, о котором еще полвека назад мало кто задумывался, в наши дни приобрел всеобщий интерес. Не сходят со страниц газет и журналов статьи об энергетическом кризисе; из-за нефти возникают войны и сменяются правительства. К разряду сенсаций стали относить и газетчики, и читатели сообщения о запуске новых энергетических установок или об изобретениях, с помощью которых можно по-новому «делать энергию». Разрабатываются гигантские энергетические программы, осуществление которых потребует громадных усилий и финансовых затрат. И это несмотря на то, что рост производства энергии и так значительно превосходит рост остальных производств.

Если в начале нашего века самая распространенная сейчас энергия — электрическая — практически отсутствовала, то уже в 1930 году в мире было произведено около 300 миллиардов киловатт-часов, а в 1970 году — более 5 тысяч миллиардов киловатт-часов электроэнергии. Вполне реален прогноз, согласно которому в 2000 году производство электроэнергии составит более 30 тысяч миллиардов киловатт-часов! Гигантские циф-

ры, поразительные темпы роста! И все равно энергии не будет хватать — потребность в ней постоянно растет.

Уровень материальной, а в конечном счете — и духовной культуры людей прямо зависит от того количества энергии, которая находится в их распоряжении. Чтобы добыть руду, выплавить металл, построить дом, сделать любую вещь, нужно затратить энергию. А потребности человечества непрерывно возрастают. Маленький пример: в конце прошлого века на дорогах планеты появились первые автомобили. Их было несколько сот, и бензина им требовалось совсем немного, меньше сотни тонн в день. А сегодня только для легковых автомобилей нужен миллион тонн бензина в сутки. Целое нефтяное море ежесуточно необходимо добыть, переработать и доставить в разные точки Земли, чтобы наполнить топливные баки. А ведь это отнюдь не самые большие потребители топлива: современная промышленность поглощает энергии во много раз больше. Экономисты уже давно подметили, что существует прямая связь между количеством произведенной энергии и производством продукции на душу населения.

Так за чем же остановка? Ученые и изобретатели уже давно разработали многочисленные способы производства энергии, в первую очередь электрической. Однако неумолимые законы природы утверждают, что получить энергию, пригодную для использования, можно только за счет ее преобразования из других форм. Вечные двигатели, производящие энергию и ниоткуда ее не берущие, невозможны. Четыре из каждых пяти произведенных сегодня киловатт получаются в принципе тем же способом, которым пользовался первобытный человек для согревания, то есть сжиганием топлива, использованием запасенной в нем химической энергии, преобразованием ее в электрическую на тепловых электростанциях.

Конечно, способы сжигания топлива стали намного совершеннее, котлы тепловых электростанций — это огромные сооружения, производящие пар немислимых ранее температур и давлений. Но главное сохранилось — в ненасытные чрева тепловых электростанций уходит более 30 процентов добываемого в мире топлива, и лишь около трети его действительно идет на получение электроэнергии. Большая же часть энергии, запасенной в

топливе, безвозвратно теряется, не совершая никакой полезной работы. Попросту говоря — улетает в трубу — неотъемлемую часть электростанции.

К сожалению, запасы нефти, газа и угля — наиболее популярных в современной энергетике топлив, — отнюдь не бесконечны. Миллионы лет понадобились природе, чтобы создать эти запасы; расходуются же они несравненно быстрее. По оценкам экспертов, приведенных на X Международной энергетической конференции, всех разведанных на Земле запасов угля, нефти и газа хватит примерно на 175 лет. Конечно, могут быть разведаны новые месторождения, могут быть разработаны новые методы извлечения топлива из земных недр, но, скорее всего, возрастет и потребление энергии. Даже если эксперты ошиблись, и их прогнозы слишком пессимистичны, все равно запасы топлива не беспредельны, они будут рано или поздно исчерпаны. Человечеству придется уже сегодня искать новые источники.

В поисках добавочных источников топлива ученые обратили внимание на некоторые виды растений, которые вырабатывают в своих тканях горючие углеводороды, похожие по составу на содержащиеся в нефти. «Бионефть» в некотором смысле даже лучше нефти, извлекаемой из земных недр, — в ней практически полностью отсутствует сера и другие вредные примеси.

Разными путями пытаются ученые использовать растения для производства топлив. Первый из таких путей — выделение горючих углеводородов из сока растений.

Английская фирма «Лид фри кемикалз» надеется получить бензин и дизельное топливо из морской капусты. По мнению лауреата Нобелевской премии американского биохимика Мелвина Кельвина, из молочая, чертополоха и других сорных трав, растущих по обочинам дорог, можно получать жидкую нефть, причем в довольно больших количествах — не менее полутора тысяч литров с гектара. Перспективным с точки зрения получения «бионефти» является и растущее на Филиппинах дерево с «нефтяными» орехами. Во время второй мировой войны японцы уже использовали эти орехи — они заправляли двигатели танков маслом, выжатым из них, без какой-либо дополнительной обработки. Во влажных лесах Амазонии растет дерево копайбу, достигающее почти 30 метров в высоту. Из одного надреза на стволе этого

дерева за час может натечь около 20 литров отличного дизельного топлива — его можно прямо заливать в бак грузовика.

Другой путь — получение из растительного сырья спирта, который вполне пригоден для заправки автомобилей. Автомобили на спирте работают уже в разных странах, особенно много спирта потребляют автомобили в Бразилии. Голландские ученые изобрели специальное устройство, которое позволит заправлять автомобили как обычным бензином, так и спиртом или же их смесью в любой пропорции.

Молодые кубинские изобретатели создали двигатель внутреннего сгорания, работающий на биогазе — топливе, получающемся при разложении органических отходов.

Может показаться, что такие успехи биоэнергетики помогут «добыть» необходимое топливо прямо с полей или из лесов, если исчерпается ископаемое топливо. Однако это не так — ученые подсчитали, что вся растительная продукция в состоянии покрыть потребности в топливе только на 40 процентов.

Все более и более острыми становятся проблемы, связанные с применением даже традиционных видов топлива. Приходится использовать более удаленные месторождения, зарываться все дальше в глубь земли; возникают большие трудности с доставкой топлива к местам его потребления. Тысячи танкеров бороздят просторы Мирового океана, стальные артерии трубопроводов оплетают земной шар. Транспортировать топливо обходится все дороже, а иногда его перевозки просто экономически невыгодны. Специалисты подсчитали, например, что уголь гигантских по запасам месторождений Сибири и Северного Казахстана перевозить к местам традиционного потребления экономически нецелесообразно — слишком дорогим становится он за время перевозки. Выход, конечно, есть — можно приблизить потребителей энергии к запасам топлива. Но можно произвести электроэнергию там, где есть топливо, а затем по линиям передачи направить ее потребителям.

В нашей стране успешно реализуются оба эти пути. Советские люди осваивают неисчислимые ресурсы Сибири и Дальнего Востока, в строй входят все новые и новые заводы и фабрики, создаются топливно-энергетические комплексы.

Передавать электроэнергию на большие расстояния необходимо. Это связано, во-первых, с тем, что 80 процентов энергетических ресурсов находятся у нас на востоке страны, а 80 процентов потребителей энергии и 80 процентов населения — в европейской части. В ближайшем будущем это соотношение вряд ли существенно изменится. Во-вторых, переброска больших количеств электроэнергии необходима нам и из-за огромной протяженности страны с востока на запад. Когда на востоке страны наступает ночь, за Уралом начинается трудовой день, и потребление энергии резко возрастает. А когда окончится работа в европейской части страны, к станкам и машинам встанут труженики Дальнего Востока. Как известно, электрическую энергию еще не научились запасать впрок в сколько-нибудь значительных количествах. Произведенную энергию нужно сразу потребить. Да и выключить «на время» современную электростанцию невозможно.

Проблема передачи больших количеств электрической энергии на большие расстояния необычайно сложна. Часть энергии при передаче расходуется на нагрев проводов, то есть тратится совершенно бесполезно. Чтобы уменьшить эти потери, приходится повышать напряжение, при котором передается энергия. Если еще лет 50 назад напряжение линии передачи в сто тысяч вольт считалось рекордным, то сейчас строятся линии передачи, напряжение в которых превосходит миллион вольт! Сооружение такой передачи заставляет решать очень много сложных задач — и научных, и инженерных, и даже экологических: ведь еще не очень-то ясно, как будут вести себя живые организмы в сильном электромагнитном поле, которое возникает вблизи такой линии.

Можно быть уверенным, что в конечном счете все сложности — и научные, и инженерные — усилиями десятков тысяч специалистов-энергетиков будут преодолены. Потоки энергии, рожденной на электростанциях, будут непрерывно нарастать. Но преодолеть главное препятствие для развития теплоэнергетики — ограниченность запасов топлива — не сможет никто.

Повсюду в мире все больше и больше ученых и инженеров занимаются поиском новых источников энергии, которые могли бы конкурировать с теплоэнергетикой, взять на себя хотя бы часть забот по снабжению человечества энергией. На самых разных путях ищут ответ

на вопрос ученые и инженеры. Самым заманчивым, конечно, является использование «вечных», возобновляемых источников энергии — энергии текущей воды и ветра, океанских приливов и тепла земных недр, энергии, которая непрерывным потоком поступает на Землю от нашей звезды — Солнца.

По способу Архимеда

Еще с древнейших времен люди знали, что вся жизнь на Земле связана с теплом, которое поступает от Солнца.

Действительно, энергия, поступающая на Землю от Солнца, огромна. Всего за три дня Солнце посылает на Землю столько энергии, сколько содержится ее во всех разведанных запасах топлива. И хотя только третья часть этой энергии достигает Земли — остальные две трети отражаются или рассеиваются атмосферой, — даже эта ее часть более чем в полторы тысячи раз превосходит все остальные используемые человеком источники энергии, вместе взятые! Топливо, которое используется в современной энергетике, своим происхождением обязано Солнцу. Это его энергию с помощью фотосинтеза преобразовали растения в зеленую массу, которая в результате длительных процессов превратилась в уголь. Именно благодаря Солнцу возникает круговорот воды в природе, обеспечивая нас энергией рек и океанов.

Но особенно заманчива идея использовать энергию Солнца непосредственно, не ожидая, пока образуется топливо. Уже древние знали о том, что, собрав солнечные лучи в точку, можно получить высокую температуру. В развалинах древней столицы Ниневии в Месопотамии нашли примитивные линзы, сделанные еще в VII веке до нашей эры. Только «чистым» огнем, полученным от солнечных лучей, полагалось зажигать священный огонь в древнеримском храме Весты. Великий Архимед оставил нам трактат «О зажигательных стеклах». Легенда, рассказанная византийским поэтом Цецесом, гласит, что Архимеду удалось сжечь осаждавший Сиракузы римский флот, предложив женщинам направить в одну точку солнечные зайчики от их зеркал.

На протяжении веков это описание считалось вымыслом; однако некоторые современные исследователи, например М. С. Житомирский, доказывают техническую

возможность реального существования зажигательных «зеркал Архимеда».

Кажущаяся простота получения тепла при концентрации солнечных лучей не однажды порождала неоправданный оптимизм. Сто лет назад, в 1882 году, русский журнал «Техник» опубликовал заметку об использовании солнечной энергии в паровом двигателе: «Инсолатором назван паровой двигатель, котел которого нагревается при помощи солнечных лучей, собираемых для этой цели особо устроенным отражательным зеркалом. Английский ученый Джон Тиндаль применил подобные конические зеркала очень большого диаметра при исследовании теплоты лунных лучей. Французский профессор А. Б. Мушо воспользовался идеей Тиндаля, применив ее к солнечным лучам, и получил жар, достаточный для образования пара. Изобретение, усовершенствованное инженером Пифом, было доведено им до такой степени совершенства, что вопрос о пользовании солнечной теплотой может считаться окончательно решенным в положительном смысле».

Оптимизм инженеров, построивших «инсолатор», оказался преждевременным. Только сейчас, через сто с лишним лет, начинает формироваться новая научная дисциплина, занимающаяся проблемами энергетического использования солнечной энергии,— гелиоэнергетика.

В чем же сложность использования такого, казалось бы, обильного источника энергии, который к тому же не нужно разыскивать — ведь Солнце светит повсюду и ежедневно? При общем огромном количестве энергии, поступающей от Солнца, на каждый квадратный метр поверхности Земли приходится ее совсем немного — от 100 до 200 ватт в зависимости от географических координат. Поэтому, чтобы получить заметную мощность, нужно собрать этот поток с большой поверхности и сконцентрировать его. Ну и, конечно, большое неудобство составляет то очевидное обстоятельство, что получать эту энергию можно только днем. Ночью приходится использовать другие источники энергии или каким-то образом накапливать, аккумулировать солнечную.

Ученые рассматривают сейчас несколько путей использования солнечной энергии. Первые из них — применения солнечного тепла для нагрева какого-нибудь теплоносителя, чтобы потом употребить это тепло или

непосредственно, или для преобразования его в другие виды энергии, в первую очередь в электрическую.

Проекты электростанций, на которых пар будет получаться из воды, нагретой солнечными лучами, разрабатываются сейчас в разных странах. В СССР экспериментальная солнечная электростанция будет построена на солнечном побережье Крыма — вблизи Керчи.

Необычное и впечатляющее зрелище ожидает через несколько лет приехавших на отдых курортников. На огромной, высотой с пятнадцатипятиэтажный дом, башне будет установлен парогенератор. А вокруг башни концентрическими кругами расположатся гелиостаты — сложные сооружения, сердцем каждого из которых является огромное зеркало. Непростую задачу придется решать строителям электростанции — ведь все гелиостаты (а их будет очень много — 1600!) нужно расположить таким образом, чтобы при любом положении Солнца на небе ни один из них не оказался в тени, а отбрасываемый каждым зеркалом солнечный зайчик попал бы точно в вершину башни — на паровой котел. Поэтому каждый гелиостат снабжен специальными устройствами для поворота зеркала, а управление движением гелиостатов поручено ЭВМ — только ее огромная память способна вместить в себя траектории движения всех зеркал, да еще ежедневно изменяющиеся — ведь Солнце каждый день движется чуть-чуть по другому маршруту.

Под действием сконцентрированного гелиостатами солнечного тепла вода в парогенераторе превратится в пар высокого давления. Пар приведет во вращение турбогенератор, и в энергетическую систему Крыма вольется новый ручеек энергии, рожденной Солнцем. Конечно, мощность этой экспериментальной электростанции будет совсем небольшой — всего 5 тысяч киловатт, но мы помним — именно такой была мощность и первой атомной электростанции.

Много трудных задач еще предстоит решить ученым и инженерам. Как аккумулировать солнечную энергию, чтобы станция работала и в непогоду, и ночью? Как защитить зеркала от загрязнения? Но и самый длинный путь начинается с первого шага. Этот шаг на пути получения значительных количеств электроэнергии с помощью Солнца позволит сделать Крымская солнечная электростанция.

В пустыне штата Нью-Мексико в США, неподалеку от города Альбукерке, установлена громадная батарея гелиостатов, состоящая из 7500 зеркал, размером почти полтора квадратных метра каждое. В 1977 году происходило первое испытание этой системы, в ней тогда было всего 1775 зеркал, солнечные зайчики от которых сфокусировали на мишени. Меньше чем за две минуты солнечные лучи добела раскалили толстую стальную плиту, установленную на месте будущего парогенератора.

Будь у Архимеда такие зеркала, флоту Марцелла точно бы несдобровать!

В солнечной Калифорнии строится первая электростанция башенного типа «Солар-1» мощностью 10 000 киловатт. В предгорьях Пиренеев французские специалисты ведут исследования на станции «Темис» мощностью 2,5 тысячи киловатт. Самую большую из подобных станций — мощностью 20 тысяч киловатт — запроектировали западногерманские ученые.

Пока еще электрическая энергия, рожденная солнечными лучами, намного дороже, чем получаемая традиционными способами. Ученые надеются, что эксперименты, которые они проведут на этих станциях, помогут решить не только технические, но и экономические проблемы.

Весьма благоприятны перспективы «малой» гелиоэнергетики. На Земле есть множество мест, где Солнце нещадно палит с небосклона, иссушая почву и выжигая растительность, превращая местность в пустыню. Сделать эту землю плодородной и обитаемой возможно — для этого нужно только привести сюда воду, построить комфортабельные дома. Для осуществления этого требуются огромные количества энергии. Получить эту энергию от Солнца, превратить его в союзника — очень важная и насущная задача, над решением которой работает все больше и больше ученых.

У нас в стране такие работы возглавил Институт солнечной энергии Академии наук Туркменской ССР, головной в научно-производственном объединении «Солнце». Совершенно ясно, почему это учреждение с названием, будто сошедшим со страниц научно-фантастического романа, расположено именно в Средней Азии — ведь в Ашхабаде в летний полдень на каждый квадратный километр падает поток солнечной энергии, по мощности равный Днепрогэсу!

В первую очередь усилия ученых направлены на получение в пустыне с помощью солнечной энергии воды. Вода в пустыне есть, да и найти ее сравнительно нетрудно: расположена она довольно неглубоко. Только непригодна она ни для питья, ни для полива — слишком много растворено в ней различных солей. Если ее опреснить, можно считать, что оазис готов, здесь можно жить, пасти овец, причем круглый год. По расчетам ученых, только в Туркмении должно быть построено семь тысяч таких оазисов, всю необходимую энергию для которых будет давать Солнце.

Принцип действия солнечного опреснителя очень прост — это сосуд с водой, закрытый прозрачной крышкой. Вода нагревается солнечными лучами, понемногу испаряется, пар конденсируется на более холодной крышке. Очищенная вода стекает с крышки в другой сосуд.

Конструкция такого типа известна уже довольно давно. Богатейшие залежи селитры в засушливых районах Чили в прошлом веке почти не разрабатывались из-за отсутствия питьевой воды. Тогда в 1872 году в местечке Лас-Салинас по такому принципу был построен солнечный опреснитель площадью 5000 квадратных метров, который давал 20 тысяч литров пресной воды за солнечный день.

Но широким фронтом развернулись работы по использованию солнечной энергии только сейчас. В туркменском совхозе «Бахарден» впервые в мире действует настоящий солнечный водопровод, обеспечивающий потребности людей в пресной воде и дающий воду для полива засушливых земель. Миллионы литров опресненной при помощи солнечной энергии воды намного раздвинули границы совхозных пастбищ, откуда поступают дополнительные тысячи прославленных каракулевых шкурок.

Солнечное тепло используется и в проекте солнечного чабанского домика, где оно применяется для отопления зимой и для работы кондиционера летом. Солнце обеспечивает энергией установленные в домике холодильник и телевизор, обитатели такого домика, расположенного даже за много сотен километров от ближайшего жилья, будут обеспечены всеми «городскими» удобствами.

В селении Верхний Гуниб в Дагестане построен пер-

вый солнечный домик, который отапливается и обогревается водой, нагретой в солнечном коллекторе. Этот дом — образец для последующего строительства целых жилых поселков, отапливаемых Солнцем.

Не только у нас в стране занимаются проблемой использования солнечной энергии. В первую очередь заинтересовались гелиоэнергетикой ученые стран, расположенных в тропиках. В Индии разработана целая программа деятельности по использованию солнечной энергии. В Мадрасе действует первая в стране солнечная электростанция. В лабораториях индийских ученых работают экспериментальные опреснительные установки, зерносушилки и водяные насосы. В Делийском университете изготовлена холодильная гелиоустановка, способная охлаждать продукты до 15° ниже нуля. А в соседней Бирме студенты технологического института в Рангуне построили кухонную плиту, где солнечное тепло используется для приготовления пищи.

В городе Ольгин на Кубе вступила в строй оригинальная солнечная установка, разработанная кубинскими специалистами. Она расположена на крыше детской больницы и обеспечивает ее горячей водой даже в те дни, когда Солнце закрыто облаками. По мнению специалистов, такие установки, появившиеся уже и в других кубинских городах, помогут сэкономить много топлива.

В городе Тяньцзине в КНР завершено строительство пятиэтажного жилого здания, оборудованного солнечными водонагревателями, которые смонтированы на балконах или на крыше в каждой квартире. Ежедневно каждый водонагреватель будет поставлять 100 килограммов воды, нагретой до $40-60^{\circ}$.

Строительство «солнечного поселка» начато в алжирской провинции Мсила, в районе Айн Хнаш. Всю энергию жители довольно большого поселения будут получать от Солнца. В этом поселке каждый жилой дом будет иметь солнечный коллектор, позволяющий использовать солнечную энергию для отопления и приготовления пищи. Отдельные группы солнечных коллекторов должны обеспечить энергией промышленные и сельскохозяйственные объекты. Специалисты Национальной научно-исследовательской организации Алжира и Университета ООН, спроектировавшие поселок, убеждены, что их расчеты оправдаются, и деревня Айн Хнаш станет прообразом тысяч подобных «солнечных поселений».

На роль первого поселения, обеспечивающего себя энергией за счет Солнца, претендует и австралийский поселок Уайт Клиффс, который стал местом строительства солнечной электростанции. Правда, принцип использования солнечной энергии принят здесь особый. Ученые Национального университета в Канберре предложили использовать солнечное тепло для разложения аммиака на водород и азот. Когда аммиак вновь синтезируют из этих компонентов, выделяется тепло, которое можно использовать для работы электростанции так же, как и тепло, получаемое при сжигании традиционного топлива. Этот метод получения энергии особенно привлекателен тем, что энергию можно запасать впрок в виде еще не отреагировавших азота и водорода и использовать ее ночью или в ненастные дни.

Такой «химический» метод использования солнечной энергии привлекает сейчас все большее внимание исследователей. Заманчивым в нем является, конечно, то, что энергию Солнца можно использовать для создания запасов, хранить ее, как любое другое топливо. Экспериментальная установка, работающая по такому принципу, создана в одном из научных центров в ФРГ. Основной узел этой установки — параболическое зеркало диаметром один метр, которое при помощи сложных следящих систем постоянно направлено на Солнце. В фокусе зеркала концентрированные солнечные лучи создают температуру 800—1000 °С. Эта огромная температура используется для разложения серного ангидрида на сернистый ангидрид и кислород. Эти компоненты подаются в регенерационные емкости, где в присутствии специального катализатора из них образуется исходный серный ангидрид, при этом температура повышается до 500 °С. Это тепло превращает воду в пар, который вращает турбину электрогенератора. В подобном процессе можно использовать не только серный ангидрид, но и метан или аммиак, как в проекте австралийских ученых.

Еще более заманчивым представляется другой путь использования солнечной энергии — непосредственное преобразование ее в энергию электрическую.

Фотоэффект — возникновение электрического тока при воздействии света — был открыт еще Генрихом Герцем в 1876 году. Два года спустя классические исследования законов этого явления провел Александр

Григорьевич Столетов. В начале XX века Альберт Эйнштейн создал теорию фотоэффекта, и в руках исследователей появились, казалось бы, все инструменты для овладения этим источником энергии.

На смену первым несовершенным установкам на основе селена пришли сначала таллиевые, а затем и кремниевые фотоэлементы.

В 1953 году была создана первая солнечная батарея. Для нее сразу же нашлось очень ответственное задание, но пока не на Земле, а в космосе. Уже третий советский искусственный спутник, запущенный на орбиту 15 мая 1958 года, был оснащен солнечной батареей. А теперь панели, на которых установлены эти источники энергии, стали неотъемлемой деталью конструкции любого космического аппарата. На советских космических станциях «Салют» солнечные батареи в течение многих лет обеспечивают энергией и системы жизнеобеспечения космонавтов, и многочисленные научные приборы, установленные на станции.

На Земле, к сожалению, этот способ получения энергии в больших количествах, по-видимому, еще долго не сможет быть использован. Причина этого — уже упоминавшаяся нами низкая плотность потока солнечной энергии. Чтобы получить большие количества энергии, солнечные батареи должны занимать огромную площадь — тысячи квадратных километров. Произвести такое громадное количество солнечных элементов сегодня практически невозможно. Для их изготовления применяются чрезвычайно дорогостоящие сверхчистые материалы, сложнейшие технологические процессы. Экономические соображения пока не позволяют рассчитывать на получение таким путем значительных количеств энергии. Но в тех местах, где других источников энергии нет, уже в наши дни имеет смысл получать ее от солнечных батарей.

В международном аэропорту города Феникса в американском штате Аризона создается солнечная электростанция мощностью около 300 киловатт. Солнечная энергия будет превращаться в электрическую при помощи 7200 кремниевых элементов. В том же штате действует одна из крупнейших в мире ирригационных систем, насосы которой работают на энергии Солнца, преобразованной в электрическую солнечными батареями. В Нигере, Мали, Верхней Вольте и Сенегале тоже действуют

«солнечные насосы». Огромные солнечные батареи питают электроэнергией моторы насосов, которые поднимают пресную воду, так необходимую в этих пустынных местностях, из огромного подземного моря, скрытого под песками Сахары.

Во многих проектах солнечных домиков вместе с солнечными коллекторами, использующими солнечное тепло, должны работать и солнечные батареи, обеспечивающие потребность будущих жильцов в электроэнергии. Иракские ученые начали пробную эксплуатацию жилого одноэтажного домика, на слегка наклонной крыше которого установлены 138 солнечных батарей. Электроэнергии, вырабатываемой батареями, должно хватить для обогрева дома зимой и для работы кондиционера летом, для освещения комнат и работы бытовых электроприборов.

Целый «экологически чистый» город, все энергетические потребности которого будут удовлетворяться за счет возобновляемых источников, строится в Бразилии. Вместо крыш на домах этого необычного города будут расположены солнечные водонагреватели. Четыре ветряных двигателя приведут в действие генераторы мощностью по 20 киловатт каждый. В безветренные дни электроэнергия будет поступать из стоящего в центре города здания, стены и крыша которого сделаны из солнечных батарей. Если же не будет ни ветра, ни солнца, энергия поступит от обычных генераторов с двигателями внутреннего сгорания, но тоже особенных — они будут работать на спирте, полученном из тростника, и, таким образом, не будут загрязнять воздух отработанным бензином.

Герой старого анекдота — незадачливый торговец газированной водой — разорился, установив свой киоск в пустыне. Изможденные жаждой путники думали, что это мираж. Теперь же не мираж, а телефон-автомат с солнечной батареей можно встретить в самом центре пустыни! С помощью таких телефонов, разработанных западногерманскими специалистами, путешественники смогут при необходимости обратиться за помощью в ближайшее поселение.

Даже ночью будет использоваться энергия, полученная от солнечных батарей, на маяке, установленном неподалеку от столицы острова Тасмания города Хобарта. Преобразованная в электрическую энергия солнечных

лучей будет заряжать аккумуляторы осветительной системы, свет которой будет виден с расстояния 18 километров.

Много предложений экзотических конструкций транспортных средств, обходящихся без традиционного топлива, поступило от энтузиастов гелиоэнергетики. Мексиканские конструкторы разработали электромобиль, энергию для двигателя которого доставляют солнечные батареи. По их расчетам, при поездках на небольшие расстояния электромобиль сможет развивать скорость до 40 километров в час.

Американец Л. Мауро сконструировал и построил самолет, на поверхности крыльев которого расположена батарея из 500 солнечных элементов. Вырабатываемая этой батареей электроэнергия приводит в движение мотор мощностью в три лошадиные силы, с помощью которого удалось даже совершить не очень продолжительный полет. Еще один американец, Д. Дюнан, построил «солнечный мотоцикл», скорость которого достигает 50 километров в час. Существуют проекты солнечных воздушных шаров и дирижаблей.

Даже беглый анализ предложенных путей использования энергии Солнца показывает, что пока еще трудно рассчитывать на существенный вклад гелиоэнергетики в энергетический баланс человечества. Но все больше и больше ученых включаются в работы по овладению этим неисчерпаемым и, что очень важно, экологически чистым, не загрязняющим окружающую среду, источником энергии.

Возвращение к парусам и мельницам?

Солнце по-разному обогревает разные участки земной поверхности — горы и долины, океаны и сушу. Воздушный океан, на дне которого мы живем, всегда неспокоен. Постоянно и повсюду дуют ветры — от легкого ветерка, приносящего желанную прохладу в летний зной, до могучих и грозных ураганов.

Огромна энергия движущихся воздушных масс, и мысль об ее использовании давно уже привлекала людей. Да и использовать эту энергию научились за тысячи лет до нашей эры. Мы рассказывали уже о том, как энергия ветра помогла мореплавателям преодолеть просторы океанов, как ветряные мельницы служили един-

ственным источником энергии для тех человеческих поселений, где не было рек или моря. Но оказалось, и теперь интерес к использованию энергии ветра, источника нескончаемого, не прошел, и, более того, техника XX века открыла для этого совершенно новые возможности.

Современные ветряные мельницы совсем непохожи на те, с которыми сражался хитроумный идалго Дон Кихот Ламанчский. Это огромные сооружения высотой с многоэтажный дом (ведь чем выше, тем ветер сильнее), с огромными лопастями. Да и мельницами назвать их нельзя — они ничего не мелют и предназначены исключительно для производства энергии. В 1941—1945 годах в американском штате Вермонт работала самая мощная в то время ветроэнергетическая установка мощностью 1250 киловатт. Ее огромные восьмитонные лопасти имели размах более 50 метров. Вступить в схватку с таким гигантом не рискнул бы и бесстрашный идалго, но в габаритах этого агрегата заключалась и его слабость — когда одна из лопастей поломалась, починка оказалась нерентабельной.

Удивительно разнообразны конструкции современных ветряков! Питер Макгрэв из Англии разработал проект ветроэнергетической установки мощностью 3 тысячи киловатт с двумя лопастями, укрепленными на горизонтальной оси. Известная авиастроительная фирма «Макдоннел—Дуглас» спроектировала установку такого же типа, но с тремя лопастями. А западногерманская фирма (тоже авиастроительная) «Мессершмит—Бёльков—Блом» разработала конструкцию ветроколеса с одной лопастью длиной 74 метра, установленной на башне высотой 120 метров. Мощность этого гиганта должна составить 5 тысяч киловатт. Встречаются и конструкции, где ветер должен вращать устройство, напоминающее огромное велосипедное колесо, на котором вместо спиц укреплены лопасти. Такая конструкция проектируется в Оклахомском университете в США.

Энтузиасты ветроэнергетики предлагают построить в наиболее ветреных местах Земли группы таких ветроагрегатов, соединять их между собой, а затем полученную энергию передавать в энергетическую систему. Датские специалисты предлагают разместить ветровые электростанции в море, где сила ветра всегда больше, чем на суше. Они подсчитали, что группа из двухсот морских ветроагрегатов может выработать за год столь-

ко энергии, сколько ее содержится в полумиллионе тонн угля. Введение в строй двух таких станций могло бы обеспечить десятую часть всей потребляемой в Дании электроэнергии.

Еще до войны советские изобретатели Ветчинкин и Уфимцев предложили проект «ветросиловой плотины». По их замыслу, на металлическом каркасе высотой 350 метров и шириной 500 метров должны были быть укреплены 224 ветродвигателя с колесами диаметром 20 метров. Такая «плотина» должна была обеспечить мощность около 100 тысяч киловатт. А в еще более смелом проекте предлагается использовать энергию атмосферных течений на высоте 8—10 километров, где существуют непрерывные воздушные потоки со скоростью 20—30 метров в секунду. Ветродвигатели и генераторы, по замыслу авторов проекта, должны быть доставлены в зону этих течений при помощи аэростата, прикрепленного к земле кабелями, по которым энергия из поднебесья будет поступать потребителям.

Эти проекты рассчитаны на реализацию в далеком будущем, да и вряд ли вклад энергии, полученной с помощью ветра, в общее производство промышленной энергии когда-нибудь будет достаточно весомым. Сегодня ветродвигатели могут найти применение там, где энергии требуется не очень много, а других ее источников нет.

В Советском Союзе разработана серия ветроустановок «Циклон». Они успешно используются рыбаками, геологами, охотниками, животноводами, обеспечивая их временные поселки достаточным количеством энергии. В Японии, где большинство населения традиционно живет в небольших отдельных домиках, популярны маленькие ветряки, дающие энергию одной семье. В Западной Европе продается даже комплект для самостоятельного изготовления ветряка мощностью 1,5 киловатта, предназначенный для фермеров и дачников.

Вошедшее в пословицу непостоянство ветра создает дополнительные проблемы. Избавиться от капризов ветра — значит во многом облегчить его использование. Любопытные проекты возникают и для решения задачи аккумуляирования ветровой энергии.

В датском местечке Твинд студенты и преподаватели местного колледжа, большие энтузиасты ветроэнергетики, предложили использовать ветродвигатель не для

непосредственного производства электроэнергии, а для создания запасов сжатого воздуха. В их конструкции на одной оси с многолопастным воздушным винтом укреплен не электрогенератор, а компрессор, который нагнетает воздух в специальный резервуар. Потом сжатый воздух по мере надобности поступает с постоянным давлением на турбину, вращающую электрогенератор. Этот метод может дать неплохие результаты в тех случаях, когда электроэнергии требуется не очень много.

Если в строй войдут мощные ветроагрегаты, возможен другой путь аккумуляирования энергии. В этом случае ветродвигатель будет вращать генератор, а выработанная электроэнергия будет применена для электролиза воды. Полученный при этом водород (по мнению многих ученых — топливо будущего) может быть использован в любое время.

Удивительный симбиоз солнечной и ветровой электростанций представляет собой уникальная установка, построенная в Испании. В ней Солнце вызывает небольшой искусственный циклон, который вращает турбину. Основа этой установки — большая круглая теплица диаметром 250 метров, покрытая специальной пластиковой пленкой. Из середины теплицы поднимается двухсотметровая труба, в которой на высоте 10 метров установлен электрогенератор с воздушной турбиной. Когда Солнце нагреет воздух в теплице, возникает сильная тяга, в трубе образуется «мини-циклон», который и вращает турбину. Почва под пленкой нагревается в солнечные дни очень сильно; запаса тепла хватает и на то, чтобы ток воздуха не прекращался даже в пасмурные дни. Мощность первой такой электростанции, вошедшей в строй в 1981 году, всего около ста киловатт, но специалисты уже приступили к проектированию гораздо более мощных установок такого типа.

Котельная под ногами

Издавна люди наблюдали стихийные проявления гигантской энергии, таящейся в недрах земного шара. Память человечества хранит предания о катастрофических извержениях вулканов, неузнаваемо изменивших облик многих мест на Земле. Мощность извержения даже сравнительно небольшого вулкана огромна, она многократно превышает мощность самых крупных энергетиче-

ских установок, созданных руками человека. Правда, об использовании энергии вулканических извержений говорить не приходится — нет пока у человечества возможностей обуздать эту непокорную стихию. Но извержения — это проявления энергии, таящейся в земных недрах, при них лишь крохотная доля этой неисчерпаемой энергии находит выход через огнедышащие жерла вулканов.

Заманчивые перспективы использования энергии Земли уже давно привлекают внимание ученых. К сожалению, людям еще не удалось достаточно проникнуть в недра Земли, чтобы досконально изучить процессы, происходящие в ее глубинах. Известно лишь, что в центре Земли находится расплавленное ядро, имеющее температуру в несколько тысяч градусов. Тепловой поток, идущий от ядра к земной поверхности, прогревает Землю насквозь. Только плохая теплопроводность пород, слагающих земную кору, обеспечивает приемлемую для человека температуру земной поверхности. С углублением температура неуклонно растет. Для большинства мест на Земле геотермическая ступень — глубина, при которой температура повышается на один градус, — составляет около 30 метров. Но имеются области, где эта ступень составляет всего 2—3 метра, а иногда — даже полметра. Эти-то области и избрали специалисты по использованию геотермической энергии для своих изысканий.

Обратимся к фактам. Маленькая европейская страна Исландия — «Страна льда» в дословном переводе — полностью обеспечивает себя помидорами, яблоками и даже (единственная страна во всей Европе) бананами! Многочисленные исландские теплицы черпают энергию от тепла Земли — других «местных» источников энергии в Исландии практически нет.

Этот северный остров находится в зоне интенсивной вулканической деятельности. Очень богата Исландия горячими источниками и прославленными гейзерами. Хотя не исландцам принадлежит приоритет в использовании тепла подземных источников (еще древние римляне к знаменитым Термам Каракаллы подвели воду из-под земли), жители этой северной страны эксплуатируют «подземную котельную» очень интенсивно. Столица Рейкьявик, в которой проживает половина населения страны, отапливается только за счет подземных источников.

Таким же способом отапливаются и другие городки и поселки.

Огромное озеро более 400 квадратных километров, наполненное горячей водой, обнаружили геологи неглубоко под землей в нашей стране — в Дагестане. Теплом горячих вод будут обогреваться теплицы и жилые дома.

В соседней Чечено-Ингушетии проделан уникальный эксперимент. Дело в том, что подземные источники, много лет питавшие горячей водой теплицы, стали иссякать. Выход был один — попытаться использовать тепло земных недр по замкнутому циклу, закачивая отработавшую и остывшую воду обратно под землю. Пять месяцев продолжался эксперимент, пока вновь стало расти давление на выходе скважины. Опыт завершился полной победой ученых — теперь подземная циркуляционная система действует безотказно.

Но не только для отопления черпает человек энергию из глубин Земли. Уже давно строятся электростанции, использующие эту энергию. Первая такая электростанция, совсем еще маломощная, была построена в 1904 году в небольшом итальянском городке Лардерелло, названном так в честь французского инженера Ф. Лардерелли, который еще в 1827 году составил проект использования многочисленных в этом районе горячих источников. Постепенно мощность электростанции росла, в строй вступали новые агрегаты, и в наши дни мощность всех электростанций, использующих поступающий из-под земли пар, в районе Лардерелло достигла уже внушительной цифры — 360 тысяч киловатт.

Геотермальные электростанции, использующие в качестве котла земные недра, работают в разных странах, практически везде, где этот пар есть. В Новой Зеландии с 1959 года существует такая станция в районе Уаиракеи, ее мощность 160 тысяч киловатт. В 120 километрах от Сан-Франциско в США производит электроэнергию геотермальная станция мощностью 500 тысяч киловатт.

С 1966 года работает электростанция на камчатской реке Паужетке; скоро ее мощность достигнет 30 тысяч киловатт. Неподалеку от нее, на реке Паратунке, действует более мощная геозлектростанция. Эти электростанции используют пар, поступающий под огромным давлением из очень углубленных источников. Температура воды, перегретой под колоссальным давлением горных пород, может достигать 400—500 °С. Но таких источ-

ников очень мало, все они наперечет. Значительно больше на Земле подземных источников с температурой, гораздо более низкой. Их тоже не обошли вниманием ученые в поисках энергии, хотя эксперименты по использованию низкотемпературных подземных вод не вышли еще из начальной стадии.

В 1974 году министерство энергетики США создало на берегу реки Рефт-Ривер, в пустынном районе штата Айдахо, испытательный полигон, на котором ученые и инженеры пытаются построить электростанцию, использующую источник геотермальных вод с температурой всего 65—150 °С. В экспериментальной модели электрогенератора мощностью 5 тысяч киловатт используется так называемая двухступенчатая схема. Поступающая из-под земли вода нагревает изобутан, заключенный в замкнутую систему. При нагреве низкокипящая жидкость, изобутан, испаряется, его пары под давлением поступают на турбину, которая приводит во вращение генератор. До постройки промышленных станций подобного типа, однако, еще далеко.

Геотермальные источники существуют далеко не везде, а земные недра нагреты до высоких температур повсюду. Существуют проекты создания в нужных местах искусственных горячих источников. Для этого предлагается пробурить две скважины такой глубины, чтобы температура окружающих пород составляла 300—400 °С. В одну из скважин собираются закачивать холодную воду, а из другой — получать пар.

Препятствие для осуществления такого проекта очевидно — низкая теплопроводность горных пород не даст возможности отнять от стенок скважины много тепла. Поэтому предлагается произвести в основании скважины взрыв (возможно, даже ядерный!), который создаст бы многочисленные трещины и полости. С разветвленной поверхности искусственной пещеры можно было бы «снять» гораздо больше тепловой энергии. Для первых опытов ученые думают бурить скважины в тех местах, где земная кора нагрета сильнее, — вблизи вулканов.

Первая такая скважина уже пробурена. Она находится вблизи вулкана Килауэа на Гавайских островах. На поверхность поступает пар, нагретый более чем до 350 °С. С использованием искусственных горячих источников на Гавайях рассчитывают построить геотермаль-

ный энергетический комплекс мощностью 500 тысяч киловатт. Итальянские специалисты наметили пробурить скважины на северо-восточном склоне Везувия. Вулкан, некогда похоронивший Геркуланум, Помпею и Стабию, теперь будет приносить пользу.

Существуют еще более дерзкие проекты — добраться до раскаленной до тысячи градусов магмы, по которой плавают земная кора. Направленная в достигшие магмы скважины вода превратится в пар, который сможет вращать турбины огромной мощности. Осуществление этого проекта — дело совсем отдаленного будущего; слишком много трудностей ожидает ученых, которые дерзнут добраться до обиталища Плутона.

Не последнее место в обширном списке проблем, которые придется решить геоэнергетикам, занимают проблемы экологические. Подземные воды выносят на поверхность не только тепло, но и растворенные в них различные вредные вещества. Эти вещества могут разрушать насосы, турбины и трубы, загрязнять воздух и воду вблизи геотермальных станций. Встает, следовательно, новая проблема — проблема очистки подземных вод.

Нестареющее водяное колесо

Тысячи лет верно служит людям водяное колесо. Маленькие водяные мельницы, появившиеся еще в античные времена, с течением веков превратились в огромные сооружения, снабжавшие водой большие города, приводившие в движение станки на заводах и фабриках, помогавшие человеку в его многотрудных делах.

Волне послушны, лопасти стучат
Стоящего над берегом колосса,
И медленно тяжелые колеса
Вращаются, одно другому в лад.

Такими торжественными строками описывает свои впечатления от посещения большой водяной мельницы итальянский поэт середины XVII века Бартоломео Дотти.

Изобретение паровой машины, казалось бы, оборвало многовековое триумфальное шествие водяных колес. Шли на слом деревянные и металлические гиганты, на их место приходили компактные паровые машины. Но оказалось, ненадолго ушли в тень водяные колеса, очень

скоро возвратились они в энергетику, правда уже в другом обличье — в виде водяной турбины.

Возрождение водяного колеса произошло в золотой век электротехники. Электрические генераторы, производящие энергию, нужно было вращать, и эту работу во многих случаях взяла на себя вода. Годом рождения современной гидроэнергетики можно считать 1891 год, когда русский инженер Михаил Осипович Доливо-Добровольский, эмигрировавший в Германию из-за «политической неблагонадежности», построил первую гидроэлектростанцию. К открытию электротехнической выставки во Франкфурте-на-Майне, где должен был демонстрироваться изобретенный им двигатель переменного тока, в небольшом местечке Лауффен изобретатель установил генератор трехфазного тока, который вращала небольшая водяная турбина. Электрическая энергия передавалась на территорию выставки по невероятно протяженной по тем временам линии передачи длиной 175 километров. Этот первенец гидроэнергетики мощностью менее 100 киловатт стал «гвоздем» выставки, многие специалисты увидели в нем прообраз будущих гигантских электростанций.

Но эра гидроэнергетики тогда еще не наступила. Преимущества гидростанций очевидны — постоянно возобновляемый самой природой запас энергии, простота эксплуатации, отсутствие загрязнения окружающей среды. Однако постройка плотины мощной гидроэлектростанции очень трудоемка, в ее тело нужно уложить огромное количество материалов, в несколько раз превышающее объем гигантских египетских пирамид. Поэтому в начале XX века было построено лишь несколько гидроэлектростанций — в США, Швейцарии, Швеции. В России, вблизи Пятигорска, на реке Подкумок успешно действовала довольно крупная электростанция с многозначительным названием «Белый уголь». Это было лишь начало.

Уже в историческом плане ГОЭЛРО предусматривалось строительство крупных гидроэлектростанций. В 1926 году в строй вошла Волховская ГЭС, потом знаменитая Днепровская. Результатом дальновидного хозяйствования явилось то, что в нашей стране, как ни в одном государстве в мире, развита система гидроэлектрических станций. Ни одно государство в мире не может похвастаться такими энергетическими гигантами,

как волжские, Красноярская и Братская, Саяно-Шушенская ГЭС. Эти станции дают буквально океаны энергии.

Но пока людям служит лишь небольшая часть гидроэнергетического потенциала Земли. Каждый год огромные потоки воды, образовавшейся при таянии снегов и выпадающей в виде дождей, стекают в моря неиспользованными. Если бы удалось задержать их с помощью плотин, человечество получило бы дополнительно колоссальное количество энергии.

В последнее время у гидростроителей появились новые возможности. Успехи в методах проектирования, разработка новых строительных материалов, углубленное понимание процессов, протекающих при эксплуатации плотины — основного сооружения гидроэлектрической станции, — дали возможность приступить к строительству самых монументальных сооружений нашего века — высотных плотин, которые позволят использовать энергию ранее неприступных водных потоков. В 1961 году в Швейцарии была построена первая такая высотная плотина для электростанции Гранд-Дискенс. Ее высота превышала высоту девятиэтажного дома.

На реке Вахш в Таджикистане построена грандиозная плотина Нурекской ГЭС — высота ее 320 метров. Более 300 метров составит высота плотин Рогунской и Ингурской гидроэлектростанций.

И все же энергия рек, видимо, не сможет стать основой энергетики будущего. Специалисты считают, что уже через сто с небольшим лет практически все гидроресурсы в развитых странах будут использованы. Даже при этом гидроэлектростанции дадут не более одной пятой всей потребной человечеству энергии.

В поисках новых источников ученые давно исследуют ресурсы, таящиеся в водах Мирового океана, ищут пути использования разнообразных форм энергии, накопленной в морях и океанах.

Две трети земной поверхности занято Мировым океаном. Вся эта гигантская масса воды находится в непрерывном движении, волны ни на мгновение не прекращают своего постоянного бега. С точностью хронометра на океанские берега ежедневно накатывается приливная волна, рожденная притяжением Луны. Энергия, которую несет с собой эта волна, колоссальна. Приливная волна Индийского океана катится на 250 километров против течения Ганга, а приливная волна Атлантического океа-

на распространяется по могучей Амазонке на 900 километров! В некоторых местах высота приливной волны достигает 18—20 метров. Пренебрегать таким источником энергии нерационально.

Многие ученые и инженеры ищут пути использования энергии приливов.

В 1913 году первую приливную электростанцию-малютку мощностью всего 635 киловатт построили в Англии вблизи Ливерпуля. Через 20 лет американцы попытались построить более мощную станцию. В заливе Пассамакводи на восточном побережье США начали строить плотину, истратили много денег, но затем прекратили строительство — получать энергию от расположенной неподалеку тепловой электростанции оказалось более выгодным. Аргентинские энергетики разработали проект плотины в Магеллановом проливе, но правительство страны не пошло на осуществление столь дорогостоящего проекта.

Только в 1967 году заработала первая крупная приливная электростанция. В устье французской реки Ранс, вблизи бывшей пиратской столицы — города Сен-Мало, дали ток 24 турбины мощностью 10 тысяч киловатт каждая. Эта электростанция, безупречно работающая уже полтора десятка лет, послужила прекрасным испытательным полигоном.

Опыт ее строительства и эксплуатации использован в проекте новой электростанции такого же типа, но в десятки раз более мощной. Эта станция, для которой должна быть построена плотина длиной более 75 километров, будет находиться в 60 километрах от своей прародительницы.

В 1968 году дала первый ток советская приливная электростанция (ПЭС) в заливе Кислая Губа вблизи Мурманска, на северном побережье Кольского полуострова. Кислогубскую ПЭС, мощность которой невелика — всего 400 киловатт, — специалисты называют «маленькой станцией, родившей большие надежды». Она стала прообразом приливных электростанций, проектируемых в нашей стране.

Главная особенность станции — в методе ее строительства. Французы возводили свою станцию на том месте, где она работает, но это оказалось очень дорогим и сложным делом — пришлось отгораживаться дамбой от могучего океана, осушать котлован. А Кислогубская

ПЭС строилась на берегу, в доке на мысе Притыка близ Мурманска. Уже готовую станцию затем отбуксировали на место ее постоянной работы. Это настолько удешевило работы, что стоимость одного киловатта мощности (одна из самых важных характеристик любого источника энергии!) лишь ненамного превысила стоимость киловатта мощности, получаемой привычными способами.

В СССР разрабатываются проекты гигантских приливных электростанций. Если отсечь плотиной длиной 86 километров восточную часть Мезенского залива Белого моря, мощность построенной здесь электростанции составит 10 миллионов киловатт. Такую же по мощности станцию можно построить в Тугурском заливе Охотского моря. Но самые большие перспективы открываются в другом заливе Охотского моря — Пенжинском. Если его полностью перегородить плотиной длиной 75 километров, то построенная здесь приливная станция сможет иметь мощность 100 миллионов киловатт!

Конечно, возведение таких плотин представляет очень сложную техническую задачу. Намного упростить их сооружение позволит новый метод строительства, разработанный советскими специалистами. Взрыв цепочки концентрированных зарядов, расположенных в глубоких скважинах, приподнимает морское дно на нужную высоту и образует плотину. Опыт мирных взрывов в нашей стране накоплен огромный — достаточно вспомнить, как взрыв 5000 тонн взрывчатки возвел огромную противоселевую плотину вблизи Алма-Аты.

Немало сложностей придется преодолеть инженерам и при разработке гигантских гидроагрегатов, совсем не просто построить сотни огромных наплавных блоков. Все эти проблемы, однако, технически разрешимы.

Когда появились первые проекты приливных электростанций, многие специалисты утверждали, что их сооружение — просто дорогостоящий каприз. Но опыт эксплуатации уже первых станций наглядно показывает, что приливная энергетика — вполне реальное дело. По некоторым оптимистическим оценкам специалистов, электростанции, использующие энергию приливов, уже скоро смогут дать человечеству десятую часть необходимой ему энергии.

Задумываются специалисты и над проблемой использования энергии волн, рожденных ветром и морем. Осо-

бенно интенсивно такие исследования ведутся в островных странах — в Великобритании и Японии. По оценкам британских ученых, за счет энергии морских волн в территориальных водах Англии можно было бы получить вдвое больше энергии, чем вырабатывается ее в Англии сейчас.

Построено множество экспериментальных установок, перерабатывающих энергию морских волн в электрическую. Конечно, они еще очень маломощны, несовершенны. Еще абсолютно неясно, как можно создать сколько-нибудь мощную волновую электростанцию. И все же — уже десять лет насос, подающий воду в аквариум океанографического музея в Монако, получает энергию от морских волн. Более 700 бакенов, установленных в разных местах океана, указывают путь кораблям светом, рожденным волновой энергией. Это позволяет надеяться, что усилия ученых принесут плоды, и огромная энергия морских волн перестанет расходоваться впустую, не внося своего вклада в энергетический баланс будущего.

Еще один источник энергии, заключенной в океане, будоражит воображение изобретателей. Это — энергия морских течений, могучих рек в океане, несущих невообразимые массы воды. Крупнейшие из них — Гольфстрим и Куро시오 — несут, соответственно, 83 и 55 миллионов кубических метров воды в секунду. С точки зрения энергетика, это означает примерно три миллиарда неиспользованных киловатт! Трудно пройти мимо такого обильного и постоянного источника энергии, и проекты его использования для блага людей не заставили себя ждать.

В 1835 году Гаспар Густав де Кориолис, знаменитый французский математик и механик, опубликовал работу, в которой вывел уравнение, описывающее влияние вращения Земли на течение водных масс, и обнаружил существование неизвестных ранее сил, названных «кориолисовыми». В честь Кориолиса назван и разрабатываемый в США проект использования энергии океанских течений.

По проекту «Кориолис» у побережья Флориды, где течение Гольфстрим наиболее быстрое, должны быть установлены десятки гигантских труб с заключенными в них турбинами. «Заякоренные» на небольшой глубине,

они смогут так же непрерывно, как постоянно само течение, вырабатывать электроэнергию, которой, по расчетам авторов проекта, вполне должно хватить для обеспечения всех нужд штата. Конечно, трудности осуществления проекта — и технические, и экономические — огромны, но изобретатели не теряют оптимизма.

Возможно, в недалеком будущем пройдут первые эксперименты на небольших моделях агрегатов. «Мини-Кориолисы» предполагается установить у берегов Австралии, в Торресовом проливе, где скорость морского течения превышает 15 километров в час. Подводные турбины диаметром около шести метров и мощностью 400 киловатт послужат хорошей моделью, на которой конструкторы смогут отработать основные узлы будущих турбин-гигантов.

Не только механической энергией — энергией приливов, волн и течений — богат океан. Он — самый большой на планете аккумулятор тепловой энергии. Мировой океан поглощает большую часть энергии, поступающей на Землю от Солнца. В последние годы в разных странах разрабатываются проекты использования этих огромных запасов.

Собственно, никаких новых научных проблем использование тепла океана не ставит. Более ста лет назад французский физик д'Арсонваль предложил использовать для получения энергии разность температур между нагретыми Солнцем верхними слоями воды и холодной водой океанских глубин. Принцип действия морской тепловой электростанции прост — теплая океанская вода с температурой около 25°C направляется в теплообменник, в котором испаряется аммиак. Пары аммиака вращают турбину, вырабатывающую электроэнергию, а потом поступают в другой теплообменник, в который поступает холодная вода с тысячеметровой глубины, где ее температура 5°C . Пары аммиака конденсируются, аммиак поступает в первый теплообменник, и весь цикл повторяется.

Казалось бы, все довольно просто, но технические трудности в осуществлении такого проекта оказались немалыми. Совсем непросто изготовить теплообменник для столь небольшой разности температур, нелегко поднять воду с большой глубины, сложно передать произве-

денную энергию на берег. В целях решения этих и многих других проблем специалисты разных стран объединились для разработки и выполнения общей программы исследований, получившей название ОТЕК.

С августа по ноябрь 1979 года вблизи Гавайских островов производилась пробная эксплуатация первой установки «Мини-ОТЕК» мощностью всего 50 киловатт. Испытания малютки прошли вполне удовлетворительно, и новая станция — «ОТЕК-1» — мощностью уже тысячу киловатт готовится к спуску на воду. Испытания этой станции должны продолжаться три года. Исследователи хотят выяснить, не будут ли портиться теплообменники, которые невозможно предохранить от попадания бактерий и водорослей.

А пока разрабатываются конструкции уже гораздо более мощных станций, пригодных для промышленного производства энергии. Разрабатываются и различные методы использования полученной энергии — от передачи ее на берег по подводному кабелю до использования ее на месте для получения водорода.

Предлагаются и совсем экзотические проекты. Некоторые ученые рассматривают возможность установки такой электростанции прямо на айсберге. Тогда холод, необходимый для работы станции, можно получать непосредственно от льда, а полученную энергию использовать для передвижения гигантской глыбы замороженной пресной воды в те места земного шара, где пресной воды не хватает.

Другие предлагают использовать полученную энергию для организации морских ферм, производящих продукты питания.

Многочисленны проекты использования энергии Мирового океана, постоянно обращаются взоры ученых к этому неисчерпаемому источнику. Океан, выпестовавший когда-то саму жизнь на Земле, наверняка еще не раз послужит человеку добрым помощником.

Надежда и страх человечества

В 1895 году мировую прессу привело в состояние крайнего возбуждения известие об открытии доселе никому неведомого профессора Вюрцбургского университета в Германии Вильгельма Конрада Рентгена. Обнаруженные им таинственные лучи, способные проникать

через непрозрачные предметы и тела, потеснили с первых полос газет обычные политические, военные и великосветские новости. Журналисты на все лады обсуждали возможные области применения этих лучей — от техники до хирургии. Всерьез обсуждалось даже влияние лучей на традиционный семейный уклад добропорядочного обывателя, которому уже не скрыться за толстыми стенами своего обиталища.

Но не выдумки падких до сенсаций журналистов привлекли внимание ученых к сенсационному открытию Рентгена. Их заинтересовала природа таинственного явления, новые источники загадочных лучей. Открытия не заставили себя ждать.

Уже 24 февраля 1896 года с сообщением в Академии наук выступил профессор физики парижской Политехнической школы Анри Беккерель, изучавший люминесценцию солей урана. Он обнаружил, что соли урана также испускают какое-то излучение. Всего через пять дней, 1 марта, Беккерель выяснил, что излучение соли урана не зависит от предварительного облучения солнечным светом.

На страницах мировой прессы замелькал элемент № 92 — последний по номеру известный тогда элемент периодической системы. Ранее, казалось, ничто не предвещало мировой славы этому малоизвестному металлу, названному в честь бога неба древних греков, отца титанов, циклопов и сторуких великанов. В энциклопедии, выпущенной в 1912 году, написано, что уран употребляется для изготовления урановой краски и уранового стекла. И это все. Спустя несколько десятилетий в уране воплотились надежды и страхи человечества.

Это были десятилетия грандиозных перемен в науке, прежде всего в физике. Открытия ученых, занявшихся исследованиями загадочного излучения урана, стали ключом к энергетическим кладовым природы.

Главным сразу же заинтересовавшим ученых был вопрос: откуда берется энергия лучей Беккереля? Единственным источником энергии могло быть только изменение атомов урана, в процессе которого генерировалась бы энергия. Но принятие этой гипотезы означало бы, что подвергается сомнению утвержденный веками принцип неизменности атомов! Огромная научная смелость требовалась от ученых, которые перешагнули бы

границы привычного, приняли бы факт превращения атомов, их сложной структуры. Такими смельчаками оказались молодые ученые Эрнест Резерфорд и Фредерик Содди. Два года упорного труда по изучению радиоактивности привели их к революционному по тем временам выводу: «...атомы некоторых элементов подвержены спонтанному распаду, сопровождающемуся излучением энергии в количествах, огромных по сравнению с энергией, освобождающейся при обычных молекулярных видоизменениях».

Так начиналась атомная физика, физика, изучающая процессы, протекающие в самых глубинах материи. Открытия в этой новой физике следовали одно за другим.

В 1911 году Резерфорд предлагает ядерную модель атома, которую затем теоретически обосновал молодой датчанин Нильс Бор. В 1920—1922 годах были осуществлены первые ядерные превращения. В 1920 году Фредерик Астон предложил объяснение того, откуда в ядре атома появляется огромная энергия. В основу своего объяснения он положил формулу Эйнштейна, связывающую массу и энергию.

30-е годы ознаменовались рядом великих открытий, вплотную подвели исследователей к возможности высвобождения ядерной энергии. В 1932 году Джеймс Чедвик обнаружил давно предсказанный теоретиками нейтрон — не несущую заряда ядерную частицу. Нейтрон стал тем инструментом, с помощью которого физики смогли проникнуть в самые глубины атомного ядра.

Уже в 1934 году Ирен и Фредерик Жолио-Кюри получили искусственные радиоактивные элементы. Решив повторить их опыты, итальянский физик Энрико Ферми применил нейтроны в качестве бомбардирующих ядро частиц. Результаты превзошли все ожидания. Эффективность этого ядерного снаряда намного превышала возможности других частиц.

В самом конце 30-х годов была обнаружена реакция деления урана и теоретически показана возможность осуществления цепной реакции деления. При делении каждого атома урана выделялась значительная энергия. Можно было ставить вопрос о получении и использовании энергии атома.

Сами основоположники ядерной физики весьма скептически смотрели на возможность получения и использования ядерной энергии. И Резерфорд, и Бор относили

начало использования этого энергетического источника к XXI веку. До начала второй мировой войны наиболее оптимистичным был прогноз, по которому к концу нашего века удастся создать небольшие установки для обогрева с использованием ядерной энергии отдельно стоящих помещений типа животноводческих ферм. Действительность рассудила иначе.

«...Сэр,

ознакомившись в рукописи с недавними работами Э. Ферми и Л. Сцилларда, я пришел к выводу, что в самом ближайшем будущем можно будет превратить уран в новый и важный источник энергии... Это... может навести на мысль об изготовлении соответствующих бомб... нового типа, обладающих чрезвычайной мощностью».

Это — отрывок из письма Эйнштейна президенту Соединенных Штатов Франклину Д. Рузвельту, написанного 2 августа 1939 года. Многие считают, что от этой даты должны отсчитываться сроки, связанные с использованием атомной энергии, но не в мирных целях, а для создания невиданных бомб.

В самом начале второй мировой войны английское правительство поручило своей военной разведке выяснить, какие работы по атомной бомбе проводятся в Германии. Ведь там были физики мирового класса, один из которых — Отто Ган — обнаружил деление ядра атома урана.

Задание оказалось нелегким, все выводы приходилось делать по косвенным данным. Известно было лишь следующее: ядерное деление впервые открыто в лаборатории Гана; через некоторое время немецкий специалист по урану Флюгге прозрачно намекнул о возможности создания атомного оружия; немецкая наука была хорошо организована и обладала большими средствами; разрушительный характер атомного оружия вполне соответствовал захватническим планам Гитлера.

Улов «Интеллидженс сервис» был невелик: проанализировав содержание текущих научных журналов, разведчики, как и ученые, убедились, что Флюгге довольно часто печатается; если предположить, что это не специальная дезинформация, то ясно, что он не занимается сколько-нибудь серьезными работами. Зато о физике-ядерщике Гейзенберге этого сказать было нельзя — его имя начисто исчезло из печати, и даже когда один из его

сотрудников защитил диссертацию, среди списка лиц, которым диссертант выражал благодарность, Гейзенберга не было.

Кроме того, разведчики и физики заметили, что аннотации в реферативных журналах, относящиеся к ядерной физике и разделению изотопов, составлены одними и теми же лицами. Это не могло быть случайным, хотя и не годилось в качестве твердого доказательства.

Однако нашлись доказательства и поубедительней. В 1940 году немцы дали указание норвежской фирме «Норск Хайдро» в десятки раз увеличить выпуск тяжелой воды на имеющемся у нее заводе. К началу 1942 года требования о поставке такой воды возросли втрое. Поскольку тяжелая вода — прекрасный замедлитель нейтронов, необходимый для работы атомного реактора, — это уже было серьезным доказательством. Сочувствовавший Англии инженер «Норск Хайдро» специально ездил в Германию, где ему удалось точно выяснить, что вода предназначена именно для ядерных исследований.

Все это вселяло тревогу. Значит, немцы усиленно работают над бомбой и, возможно, имеют достижения в этой области. Особенно окрепли эти подозрения в 1942—1943 годах, когда немецкая пропаганда начала усиленно кричать о готовящемся в Германии свержении.

Страх подстегивал ученых. И не только их...

...Осенью 1940 года от причала африканского порта Лобито Бэй отошли два корабля. Никто не знал, куда они направляются и что содержат в трюмах, а если бы и знал, то недоумевал бы, зачем нужна такая секретность для перевозки 1142 тонн обогащенной урановой руды. Ведь с тех пор, как в XVIII веке сэр Генри Клапрот открыл уран, этот самый тяжелый металл использовался только в керамической промышленности. Лишь физики знали тогда об открытии немцами Ганом и Штрассманом деления урана под воздействием облучения нейтронами. Одного нейтрона было достаточно, чтобы вся масса урана начала делиться с выделением невиданного количества тепла. Оказалось, что вместе с осколками разбитого ядра и энергией в реакции деления образуются новые нейтроны, способные разбить следующее ядро, при расщеплении которого вновь образовывались нейтроны, и так далее. Это явление получило

название «цепной реакции в уране», научного эквивалента понятия «атомный взрыв».

Нужен был всего лишь один нейтрон, чтобы некоторая масса чернобурого, маслянистого на ощупь вещества стала раскаленным сердцем атомного взрыва. Только один нейтрон! Только один!

Два корабля, вышедшие под покровом ночи из Лобито Бэй, прибыли через два месяца в Нью-Йорк, где их с нетерпением ожидали. Содержимое трюмов через некоторое время оказалось в городе Чикаго, где его получил невысокий, быстрый итальянец по имени Энрико Ферми (впоследствии в целях секретности его именовали на американский манер Генри Фармером).

На складе уже ждали своей очереди тонны графитовых блоков. Согласно представлениям Ферми, графит должен был несколько уменьшать энергию нейтронов, выделяющихся при делении. Слишком быстрые нейтроны были неспособны вызвать цепную реакцию. Поэтому урановые блоки Ферми намечал перемежать с графитовыми. Чтобы цепная реакция не носила взрывной характер, сквозь блоки могли при необходимости пропускаться стержни из кадмия или бора, веществ, активно поглощающих нейтроны. Реактор был нужен для того, чтобы показать возможность развития цепной реакции. Кроме того, Ферми и его сотрудники надеялись получить в реакторе новый материал — плутоний, более удобный, чем уран, для изготовления атомной бомбы.

Постепенно блоки графита и урана образовали гигантский черный куб, который был закрыт забавным резиновым мешком (этот мешок доставил много веселых минут физикам и много тяжелых дней резинотехнической компании, которой было строго указано делать «шар в виде куба». Впоследствии мешок оказался ненужным). Уран-графитовые блоки были пронизаны «предохранителями» — стержнями из бора и кадмия. Для страховки во время предстоящего эксперимента на платформе, расположенной над реактором, должны были стоять молодые ученые, держащие в руках ведра с раствором соли кадмия. При первых признаках неконтролируемого разгона котла «бригада самоубийц» должна была заливать реактор этим раствором.

Наступило 2 декабря 1942 года. Вот как описывает события этого дня американский журналист Лоуренс:

«Наконец великий момент наступил. Ферми приказал своему помощнику Джордэну Вейлю выдвинуть последний контрольный стержень «еще на фут». Все другие стержни уже были извлечены.

«Это должно привести все в действие», — сказал Ферми доктору Компону, стоявшему рядом с ним на балконе над реактором.

Прошли четыре напряженные минуты. Но вот нейтронные счетчики защелкали все громче и громче, Ферми, быстро производивший расчеты на логарифмической линейке, неожиданно защелкнул линейку, и этот звук был поглощен треском приборов. Ферми выглядел спокойным, даже задумчивым.

По чикагскому времени было 15 часов 25 минут. Движущийся грифель самописца, фиксирующий все происходящее внутри атомного реактора, поднимался все выше, выше и выше, вычерчивая прямую вертикальную линию, которая не переходила в горизонтальную. Это означало, что внутри реактора идет цепная реакция.

«Реакция самопроизвольная», — сказал Ферми среди громкого щелканья нейтронных счетчиков. Его напряженное и усталое лицо расплылось в широкой улыбке.

Атомному огню разрешили гореть в течение двадцати восьми минут. Затем Ферми дал сигнал, и огонь был погашен. Человек освободил энергию атомного ядра и доказал, что может ее контролировать.

Через несколько минут по междугородному телефону состоялся условный телефонный разговор. Доктор Компон, начальник «лаборатории», сообщал о результатах работы: «Алло, Джим, это я, Артур. Я думаю, тебе интересно узнать, что итальянский мореплаватель только что прибыл в Новый Свет?»

Это была условная фраза, означавшая, что атомный реактор доказал возможность осуществления цепной атомной реакции. Путь к бомбе был открыт.

Ходынка... Много видела ты — и ходынскую трагедию, и солдат в различной форме, топтавших тебя, возивших по твоей зеленой груди пушки и пулеметы и ранивших тебя в тех местах, где были установлены черные мишени...

Много видела ты, а такого — не видела... Поставили два мощных орудия прямо друг против друга, стреляли в одно и то же мгновение, рассчитанное с точностью

невиданной... Две раскаленные смерти, с грохотом отрыгнутые орудиями, с невероятной мощью расплющивались друг о друга, давая собравшимся вокруг ученым знания для создания оружия, по сравнению с которым две эти ревущие огнедышащие смерти и их столкновение были не более страшны, чем комариный укус и писк.

На краю бывшего Ходынского поля в Москве в конце 1943 года было построено несколько зданий, положивших начало крупнейшему советскому атомному центру. Давая указания на застройку громадного участка, с необъятным картофельным полем, сосновым лесом, железной дорогой, молодой академик, научный руководитель урановой проблемы, первым делом распорядился, чтобы здания были выстроены по периметру выделенной площади — чтоб отобрать назад такой участок было нельзя. Этот смуглолицый, быстрый, высокий и статный человек, которому не было еще и сорока, украшен тем не менее окладистой, тронутой сединой бородой — «сбрею после полной победы».

Было это в 1943 году, уже после битвы под Сталинградом, когда в войне наметился перелом, когда фашистские полчища, все еще грозные в своей обреченности, покатались назад, оставляя за собой руины.

Только теперь стало возможным придать советским работам по урану необходимый размах. Лишь недавно Игорь Васильевич Курчатов смог оставить работы по размагничиванию кораблей и совершенствованию танковой брони.

Только теперь Курчатов вместе со своими довоенными сотрудниками, взятыми иной раз прямо с передовой или из цеха военного завода, смог приступить к строительству по-настоящему крупного института, к организации промышленности урана и графита, к постройке циклотрона и первого атомного реактора.

Работа проходила в нетопленных корпусах, в палатках, без самого элементарного оборудования. Не хватало статистического материала, знания ядерных констант, получение которых требовало времени.

Все требовало времени. И хотя исследователи это время постоянно обгоняли, его не хватало... Слишком велик был объем работ, слишком ограничены средства, слишком велики разрушения...

После окончания войны с гитлеровской Германией Курчатов, как когда-то в Ленинграде вместе с Жолио-

Кюри, снова мечтает о дешевой электроэнергии из атома, о кораблях и самолетах, в двигателях которых клочет укрощенный атом, о мирных исследованиях...

Однако то, что произошло дальше, доказало, что прекращать работы над атомным оружием рано.

Взрывы над Хиросимой и Нагасаки, не вызванные военной необходимостью, дали понять, что в мире возникла ситуация, когда одно государство вздумало диктовать свою волю другим.

В этой обстановке Советское правительство дало новое задание институту Курчатова: форсировать создание советского атомного оружия.

Это была невиданная по масштабам и темпам работа. При Совете Народных Комиссаров СССР был создан научно-технический совет по атомному оружию, им руководил легендарный «комиссар по боеприпасам» Б. Л. Ванников. Были мобилизованы все институты, которые могли бы помочь в работе над бомбой, и созданы новые. Чтобы выиграть время, начали строить атомные заводы, хотя было еще не совсем ясно, что и как на этих заводах производить. Создавались новые «атомные» города и поселки.

Тогда же на Ходынке было построено специальное здание для первого советского атомного реактора. С заводов были получены первые тонны урана и графита. Из них сначала складывали небольшие модели реактора, на которых изучались процессы в установке. Основной, большой «надкритический» реактор намечалось построить в специальном корпусе, условно называвшемся «Монтажные мастерские». Реактор должен был, как показали исследования на «подкритических моделях», иметь высоту около восьми метров (шесть метров — активная зона, по метру на сторону — графитовая стена, отражающая нейтроны). Весь гигантский цилиндр должен был состоять из слоев; каждый слой состоял из графитовых кирпичей; в кирпичах активной зоны просверливались отверстия, в которые вставлялись урановые цилиндры.

Чрезвычайно большое внимание было уделено безопасности при работе реактора, хотя от ближайшего жилья вблизи станции метро «Сокол» до реактора было несколько километров. Ближе находился только дом Курчатова.

Сам реактор собирали в котловане «Монтажных мастерских». Под землей находился и пульт управления. Запасный пульт управления реактором располагался также под землей, в километре от «Мастерских». Погасить реакцию можно было, опустив в активную зону кадмиевые стержни; кроме того, были предусмотрены аварийные стержни, которые в случае непредвиденного разгона реакции могли быть сброшены вниз.

Строжайше соблюдая осторожность, рабочие вели кладку реактора. Вот уложен первый слой, второй, третий... Прошло всего лишь полгода со дня первого взрыва американской бомбы. Уступим здесь страницу одному из непосредственных участников пуска первого советского реактора И. С. Панасюку:

«25 декабря в 14 часов при трех введенных в объем уран-графитовой решетки кадмиевых стержнях был закончен 62-й слой.

В это время И. В. Курчатов находился в другом здании, и ему по телефону сообщили, что все готово для осуществления пуска ядерного реактора.

Прежде всего И. В. Курчатов распорядился отпустить отдыхать всех рабочих и техников, которые строили последние два слоя реактора. В подземной лаборатории у пульта управления реактором остались только И. В. Курчатов и сотрудники лаборатории, помогавшие ему в пуске реактора.

Включены были все приборы, сигнализирующие о радиационной опасности. Проверена исправность системы управления и защиты... Извлекли два аварийных кадмиевых стержня из реактора и оставили их во взведенном состоянии: достаточно было нажать на кнопку, и они упали бы в вертикальные каналы реактора и погасили цепную ядерную реакцию.

Наконец И. В. Курчатов начал подъем последнего регулирующего кадмиевого стержня... Ранее редкие (фоновые) звуковые щелчки и вспышки неоновых ламп от гамма-лучевых и нейтронных датчиков, расположенных внутри реактора и на его поверхности, стали все чаще. Всех присутствующих охватило волнение. И. В. Курчатов не отрывал взгляда от «зайчика» гальванометра, соединенного с основным нейтронным индикатором мощности реактора. «Зайчик» прибора не двигался, хотя прошло уже около 10 минут. Частота щелч-

ков и световых сигналов увеличилась, но вот они уже остаются постоянными...

Следили за показаниями механического нумератора нейтронной импульсной установки и наносили на график результаты этих измерений... Взглянув на график, И. В. Курчатов заявил, что это еще не саморазвивающаяся цепная ядерная реакция, и тут же ее погасил. Затем он предложил повторить опыт, подняв регулирующий кадмиевый стержень еще на 10 сантиметров. Два аварийных стержня ввели внутрь реактора, а регулирующий извлекли еще на 10 сантиметров.

После десятиминутного перерыва (отдыха) все присутствующие вновь заняли свои места. И. В. Курчатов... быстро вывел из реактора аварийные стержни. Плотность нейтронов стала расти быстрее... но приблизительно через час опять прекратила свой рост.

Вновь опустили два аварийных кадмиевых стержня, а регулирующий приподняли на 10 сантиметров. После десятиминутного перерыва И. В. Курчатов быстро вывел из реактора два аварийных стержня. График... показывал почти линейный рост мощности реактора во времени. Впервые звуковые сигналы стали воющими. Световые индикаторы уже не мигали, а просто светились ярким желтовато-красным цветом. Все присутствующие с волнением обернулись к И. В. Курчатову, который в это время внимательно смотрел на график. Наконец, он заявил, что... это еще не доказательство того, что реактор создан. Надо еще раз проделать все сначала.

В следующем опыте регулирующий стержень И. В. Курчатов дополнительно извлек уже не на 10 сантиметров, как в предыдущих сериях, а только на 5... После быстрого подъема Игорем Васильевичем двух аварийных кадмиевых стержней все присутствующие с удвоенным вниманием стали наблюдать за световыми и звуковыми сигналами, отражающими развитие цепной реакции деления ядер урана — 235. Через 30 минут все звуковые индикаторы выли, световые ярко светились, гальванометр... уже отклонялся не равномерно, как в предыдущей серии, а все быстрее и быстрее... Напряжение всех присутствующих достигло предела, когда дублирующая... установка, расположенная внутри подземной лаборатории, стала вместо двух-трех фоновых щелчков в минуту выдавать все более и более частые сигналы. Это означало, что нейтроны из реактора, пронизав

большие толщи земли и цемента, попали в подземную лабораторию.

И. В. Курчатов нажал на кнопку аварийного сброса кадмиевых стержней. Частота звуковых и световых сигналов стала быстро снижаться. Саморазвивающаяся цепная реакция по воле человека была вызвана и по воле человека погашена!»

23 декабря 1946 года в 18 часов впервые в СССР и в Европе И. В. Курчатов с помощниками осуществили управляемую цепную реакцию деления урана.

Так был зажжен первый в Европе атомный огонь.

Первый реактор и сейчас в строю; на нем проходят практику студенты Физтеха, он является старой и верной экспериментальной базой Курчатовского института. Сделан он был сразу же после войны, неказистый, приземистый и мощный, как дот, похожий на какой-то неизбежный атрибут войны, ее черный символ...

Первый ядерный реактор не предназначался для производства энергии, он был нужен для накопления материалов и знаний. В беспримерно тяжелых условиях пришлось решать сложнейшие научные задачи советским ученым, но результаты были великолепными.

Задача создания советского атомного оружия была успешно решена.

Даже в самые тяжелые времена «холодной войны» советские ученые не откладывали решение вопросов мирного применения атомной энергии. Уже в 1949 году под руководством Курчатова началась работа над проектом атомной электростанции, которая должна была стать вестником мирного применения энергии атома.

Золотыми буквами вписан в историю энергетики день 27 июня 1954 года. В этот день дала ток первая в мире атомная электростанция, расположенная неподалеку от Москвы — в Обнинске. Всего пять тысяч киловатт составляла мощность этого первенца атомной энергетики, но здесь были проверены все важнейшие технические решения.

Невиданными темпами развивается атомная энергетика. Всего через 20 лет — совсем небольшой срок — мощность только одного энергетического блока Ленинградской атомной электростанции в 200 раз превысила мощность электростанции в Обнинске. Такая установка мощностью в миллион киловатт стала серийной для мно-

гих электростанций Советского Союза. Реакторы этого типа монтируются и работают на Ленинградской, Курской, Смоленской и других станциях. Член-корреспондент АН СССР В. С. Емельянов высказал мнение, что к 2000 году около половины всей электроэнергии будет производиться на атомных электростанциях.

Принципиально схема атомной электростанции ничем не отличается от традиционной тепловой. Так же пар приводит во вращение турбину, которая вращает генератор, вырабатывающий электроэнергию. Только вместо превращающего воду в пар котла, в топке которого сгорают нефть, газ или уголь, котел атомной электростанции нагревает воду за счет энергии, добытой из атомного ядра. Преимущества такого котла очевидны — ведь в одном грамме урана содержится столько же энергии, сколько в целом железнодорожном составе каменного угля! Не нужно думать каждодневно о доставке топлива, о тысячах и миллионах тонн золы, о загрязнении воздушного океана продуктами сгорания органического топлива.

Но атомная энергетика принесла с собой и ряд новых проблем, которых не знала энергетика традиционная. Главные из них — проблемы безопасности.

Атомная электростанция — это, по сути, атомная бомба, процессы в которой, по выражению физиков, замедлены до стационарного состояния. Поэтому при проектировании станций, при их строительстве принимаются настолько экстраординарные меры безопасности, что надежность потенциально опасных источников энергии достигла небывалых величин. Их многолетняя эксплуатация доказала это.

Эксперты комиссии по атомной энергии США произвели расчет возможности аварий на 100 атомных электростанциях с реакторами, охлаждаемыми кипящей водой под давлением. Тщательно изучили вероятность аварий вообще и последствия 12 гипотетических аварий. Выяснили, что другие виды аварий — самолетов, автомобилей и т. п. — происходят значительно чаще, чем даже самые незначительные неполадки на атомных электростанциях. Вероятность тысячи и более смертельных случаев на 100 атомных электростанциях Америки равна приблизительно одной миллионной. Это означает, что такая авария возможна не чаще, чем один раз в миллион лет. Вероятность смертельных случаев при пожарах в

тысячу раз, при авариях самолетов — в 5 тысяч раз, при землетрясениях — в 20 тысяч раз, при ураганах — в 40 тысяч раз выше. Аварии с убытком в 100 миллионов долларов могут случиться на всех этих атомных электростанциях не чаще раза в 500 лет. А обычные пожары наносят убытки такого масштаба каждые два года. Вероятность смертельного случая при работе на атомной электростанции равна вероятности прямого попадания молнии в человека!

И все-таки в марте 1975 года произошла авария на электростанции Браунс Ферри в Калифорнии. Примерно через год было опубликовано официальное заключение комиссии, назначенной для расследования обстоятельств аварии. Оказалось, что авария произошла от пожара: загорелись кабели под помещением, в котором находится пульт управления. Причина пожара была весьма тривиальной — рабочий, определявший место утечки газа, забыл в этом помещении зажженную свечку. А потом произошли многочисленные ляпсусы. Сначала выяснили, что система пожаротушения неработоспособна, потом перепутали номер телефона пожарной команды. Когда пожарная команда все-таки приехала, оказалось, что никто не знает, как надо тушить пожары на атомной электростанции. Только через 6 часов после начала пожара решили тушить его обыкновенной водой, что оказалось вполне достаточным. Крупная авария была предотвращена, несчастья не случилось.

В 1979 году на другой атомной электростанции США произошел выброс радиоактивной воды из реактора. Пришлось эвакуировать население близлежащих населенных пунктов.

Такие аварии заставляют конструкторов и проектировщиков отказываться от самоуспокоенности, вызываемой предыдущей благополучной статистикой. Имея дело со столь сложной и потенциально опасной техникой, приходится быть в высшей степени осторожным. Защита атомных электростанций неизмеримо более сложна, чем защита обычных станций.

Еще одна проблема, о которой постоянно говорят противники атомной энергетики, например члены партии «зеленых» в ФРГ (один из их лозунгов: «Атомная энергия? Спасибо, не требуется»), — проблема радиационной безопасности. Оппоненты атомной энергетики утверждают, что постройка атомных электростанций окончатель-

но заразит окружающую среду, подвергнет население близлежащих пунктов многочисленным заболеваниям, вызванным облучением. Подсчеты, однако, показывают, что уровень радиации от воздействия атомной электростанции в радиусе 80 километров от нее по меньшей мере в 6000 раз ниже дозы облучения от естественного радиоактивного фона.

Анализ «аргументов» противников атомной энергетики в некоторых случаях показывает, что в их число входят отнюдь не только ревнители чистоты полей, лесов и водоемов. Против атомных станций борются, например, представители военно-промышленного комплекса США, не желающие расставаться с ураном и плутонием: их не устраивает, что эти редкие элементы будут эффективно использоваться в атомных реакторах станций, а не в атомных боеголовках. Против атомных электростанций выступают также могущественные в капиталистическом мире владельцы гигантских нефтяных и угольных компаний, чьи барыши окажутся под угрозой при широком развитии атомной энергетики.

Не только технические проблемы возникают в связи с использованием атомной энергии. Как, например, совместить развитие атомной энергетики и неизбежное накопление плутония — прекрасного материала для изготовления атомных бомб — с идеей нераспространения атомного оружия? Не следует ли изымать накапливающийся плутоний, оставив лишь «урановую» атомную энергетику? Эти законные опасения и естественные предложения выходят за сферу техники и вторгаются в область политики, в ту область, где наша страна уже давно зарекомендовала себя последовательным борцом за ядерное разоружение.

Еще одна неожиданная опасность. Некоторые ученые высказывают сомнения: не может ли слабый контроль за хранением образующегося плутония на некоторых электростанциях (а число их уже измеряется сотнями и скоро будет измеряться тысячами) привести к тому, что отдельные злоумышленники, или политические шантажисты, или просто преступники будут похищать этот редкий элемент, чтобы самим изготовить примитивное атомное оружие? Это — сфера тоже не техническая, скорее уголовно-полицейская. И все же она неразрывно связана с развитием атомной энергетики.

Наконец, действительно насущной остается проблема хранения или уничтожения радиоактивных отходов, образующихся при работе атомных электростанций. В первое время серьезность этого вопроса была явно недооценена. Так, США и Англия радиоактивные отходы своих плутониевых заводов сбрасывали в моря и океаны. Во Франции эту проблему решали еще проще — радиоактивные отходы попросту сливали в Сену. Теперь подход к этой проблеме куда серьезнее; некоторые считают даже, что она неразрешима.

Советские ученые гораздо оптимистичнее смотрят на перспективу решения задачи захоронения радиоактивных отходов. Прежде всего отходов этих крайне мало — всего одна тонна на 10 миллиардов киловатт-часов выработанной энергии, стоящей десятки миллионов рублей. Естественно, что какие бы меры ни предпринимать для захоронения столь малого количества отходов, на стоимости электроэнергии это почти не отразится. Кроме того, основной вклад в радиоактивность отходов вносят короткоживущие осколки деления ядерного горючего. Отработавшее в реакторе горючее выдерживается несколько лет в специальных помещениях прямо на станции. При этом его радиоактивность снижается в тысячи раз, и захоронение таких отходов становится гораздо более простым делом.

Сейчас подыскиваются такие геологические формации на суше и на дне морей и океанов, герметичность которых обеспечена самой природой. Например, рассматривается возможность хранения долгоживущих осколков деления уранового топлива в соляных куполах. Ведь если там в течение сотен миллионов лет хранилась соль, значит, вода не попадала туда с поверхности и купол был закрыт совершенно герметично.

И последнее: надолго ли хватит урана, не встанет ли перед человечеством та же проблема, что и сейчас, — проблема ограниченности запасов природных источников энергии? По подсчетам ученых, атомного топлива хватит очень надолго. На несколько сотен лет хватит урана, находящегося в земной коре. Еще около 4 миллиардов тонн урана растворено в водах Мирового океана. Правда, извлечение его из морской воды пока еще недостаточно освоено. Нет, однако, никаких сомнений, что эта техническая задача будет решена.

Главная надежда энергетиков — использование так называемых реакторов-размножителей, реакторов на быстрых нейтронах. В них первоначально заложенный уран почти полностью превращается в плутоний, который тоже является атомным «горючим». Совсем как в знаменитой сказке братьев Гримм о чудесном горшочке! Реактор такого типа успешно эксплуатируется в Советском Союзе уже более 10 лет в атомном опреснителе на полуострове Мангышлак. А совсем недавно реакторный блок на быстрых нейтронах мощностью 600 тысяч киловатт введен в строй на Белоярской АЭС. Советский Союз в области строительства реакторов на быстрых нейтронах значительно опередил все другие страны.

Нет сомнений в том, что атомная энергетика заняла прочное место в энергетическом балансе, она будет успешно развиваться и впредь, безотказно снабжая человечество столь необходимой ему энергией.

Солнце на Земле

Миллионы лет смотрят далекие звезды на Землю. Тысячелетия люди смотрят на звезды, чтобы и ночью находить верный путь. Но сравнительно недавно познал человек удаленность и величину звезд, понял, что дарующее жизнь Солнце — всего лишь ближайшая к нам звезда. И уж совсем недавно задумались ученые, откуда звезды берут энергию, позволяющую им светить постоянно и неизменно миллиарды лет.

Ответ на этот вопрос смогла дать только ядерная физика. Оказалось, что единственный процесс, который может обеспечить энергией звезды, — это процесс ядерного синтеза, когда легкие ядра сливаются в более тяжелые. Невероятна, огромна выделяемая при этом энергия — при синтезе одного грамма гелия из водорода получается столько же энергии, как при сгорании 25 тонн самого лучшего угля! Поставить ядерный синтез на службу человеку, обеспечить его поистине неисчерпаемым источником энергии — серьезнейшая задача, стоящая перед физиками в наши дни.

Советские ученые приступили к решению задачи управляемого ядерного синтеза еще в начале 50-х годов. В Институте атомной энергии была создана большая лаборатория, к работе в которой были привлечены крупнейшие ученые. И. В. Курчатов, называя проблему

овладения энергией синтеза ядер «величайшей», считал, что к ее решению должны быть привлечены усилия всех стран, что эта проблема интернациональна.

В 1956 году Курчатов посетил английский атомный центр в Харуэлле. Доклад, с которым выступил советский ученый, на следующий день стал главной сенсацией мировой прессы — в нем были подробно изложены результаты советских работ по управляемому термоядерному синтезу. Советские ученые первыми в мире сняли завесу секретности с термоядерных исследований, результаты которых необходимы всему человечеству. Доброму примеру последовали и другие государства — через два года на конференции в Женеве все страны обнародовали результаты своей деятельности в этой области.

Теоретически схема высвобождения термоядерной энергии совершенно ясна и могла бы быть предложена уже тогда, когда ученым стало ясно, откуда берется неиссякаемая энергия звезд. Да и практически ядерный синтез осуществлен в земных условиях — при взрывах водородных бомб. Поэтому, как сказал в своей нобелевской лекции академик П. Л. Капица, «вызывает некоторое недоумение» вопрос: почему же до сих пор не удалось осуществить ядерный синтез не при взрыве, а так, чтобы он стал неиссякаемым источником энергии?

Действительно, чтобы осуществить управляемый термоядерный синтез, нужно «всего лишь» разогнать ядра легких атомов до таких скоростей, чтобы при столкновениях они не разлетались в разные стороны, а сливались. Кроме того, таких атомных ядер должно быть достаточно много, чтобы столкновения и слияния были частыми событиями. Теоретически все довольно просто, но вот на практике...

Многие пути осуществления звездных реакций в земных условиях ищут ученые. Одни из этих путей оказались тупиковыми, на других, возможно, будет достигнут успех. Пока наиболее перспективными считаются два из них.

Первый путь — это реализация предложений, возникших в самом начале работ по термоядерному управляемому синтезу. Прежде всего физики решили создать «солнечное вещество» — плазму на Земле. Ученые подсчитали, что для того, чтобы в таком газе ядра атомов приобрели энергию, достаточную для их слияния при столкновении, плазму следует разогреть до температуры

большей, чем 100 миллионов градусов. При этом плазма должна быть и довольно плотной, чтобы количество столкновений ядер было большим.

Понятно, что такое экзотическое вещество не может быть хранимо ни в одном из сосудов, выполненных из земных материалов, — плазма при соприкосновении с ними сразу же остынет, а сосуды — сгорят.

В нашей стране еще в 50-е годы родилась идея магнитного удержания плазмы. При этом способе плазма помещается в «мешок», сотканный из силовых линий мощнейшего магнитного поля, она висит в вакууме и ни с чем не соприкасается.

Плазма оказалась очень капризной субстанцией, сопротивляющейся всем попыткам ограничить ее свободу. Много трудностей пришлось преодолеть ученым, пока не были созданы установки с магнитными ловушками, в которых удастся постепенно приручать строптивую плазму. Эти установки получили название «токамак» («тороидальная камера с аксиальным магнитным полем», или «ток, камера, магнитные катушки»). Эта русская аббревиатура стала таким же общеупотребительным в мире словом, как «спутник».

Летом 1975 года в Институте атомной энергии имени И. В. Курчатова был запущен крупнейший в мире «Токамак-10». По мнению академика Е. П. Велихова, возглавляющего исследования по магнитному удержанию плазмы, это — последняя чисто экспериментальная установка. На очереди создание первого демонстрационного термоядерного реактора-токамака.

Строятся установки с магнитным удержанием плазмы и за рубежом. Это — установка «Джет», создаваемая европейскими учеными, установка «Вендельшейн VIIA», на которой удалось добиться устойчивого удержания плазмы, нагретой до 10 миллионов градусов. В июле 1978 года ученые Принстонского университета в штате Нью-Джерси сообщили, что им удалось довести в токамаке плазму до 60 миллионов градусов. Однако при этом энергия, затраченная на разогрев и удержание плазмы, в 100 раз превысила выделившуюся.

Второй перспективный путь к управлению термоядерным синтезом — это так называемое «инерционное удержание» плазмы. При этом способе на «таблетку» из смеси тяжелого водорода — дейтерия и сверхтяжелого — трития в миллионную долю секунды передается

огромная энергия. В недрах «таблетки» создаются гигантские температуры и давления, при которых может начаться термоядерная реакция. Хотя такие исследования начались сравнительно недавно, развиваются они очень быстро — ведь у ученых в руках имеются могучие лазеры, которые способны со скоростью света передать необходимую энергию на мишень.

Мысль использовать лазерный луч для мгновенного нагрева маленького кусочка вещества до термоядерных температур, создать водородную микробомбу, возникла почти одновременно в разных странах.

К началу 70-х годов в лабораториях Физического института имени П. Н. Лебедева АН СССР под руководством академиков Н. Г. Басова и А. М. Прохорова были разработаны первые экспериментальные установки, на которых удалось получить плазму с помощью лазеров.

Сначала опыты проводились на девятиканальной лазерной установке, названной «Кальмар». Девять лучей одновременно ударяли по мишени — шарик диаметром всего две десятых миллиметра, расположенному в вакуумной камере. Поверхностный слой этого зернышка сразу испарялся, превращаясь в плазму, реактивная сила улетающего вещества сдавливала шарик со всех сторон, вызывая всестороннее сжатие, возрастание плотности. Мощность лучей «Кальмара» была еще очень далека от требуемой, но в наиболее удачных опытах удавалось зафиксировать появление нейтронов — проводников начинающейся термоядерной реакции. Хотя этих нейтронов было немного, само их наличие свидетельствовало о том, что исследователи идут верным путем, вселяло надежду на успех.

Совершенствовались лазеры, увеличивалась их мощность, усложнялась дейтериевая мишень. Чтобы оценить сложность задачи, приведем небольшой пример. По расчетам теоретиков, оказалось, что условия протекания реакции будут лучше, если газообразный дейтерий закачать под давлением в 100 атмосфер в стеклянный шарик диаметром 100—200 микрон, причем толщина стенок шарика должна быть не больше 2—3 микрон. Сделать такой шарик — задача очень непростая, а ученые вдобавок выдвинули требование — толщина стенки по всей поверхности шарика должна быть одинаковой, отклонение не может превышать 1%! И эту невероятно сложную

задачу удалось решить, причем за сравнительно небольшое время.

Сейчас в лабораториях работают лазеры нового поколения, намного более мощные и совершенные. У советского лазера «Дельфин» будет 212 лучей, каждый из которых более чем в 100 раз превосходит по мощности луч «Кальмара». Уже в самом начале опытов на первой очереди «Дельфина» температура в центре мишени достигла 100 миллионов градусов, а нейтронов выделялось в десять тысяч раз больше, чем при работе «Кальмара».

Американские ученые создали установку «Шива», названную в честь многорукого индийского божества. В этой установке лучи 20 сверхмощных лазеров обрушивают на дейтериево-тритиевую таблетку энергию, мощность которой в 25 раз превышает мощность всех электростанций США! Но не только лазерными пучками можно передавать энергию на мишень. Это может осуществляться на установке, в которой мишень будет бомбардироваться электронами, вылетающими из электронных ускорителей.

Большие трудности предстоит преодолеть ученым при осуществлении термоядерной реакции таким способом. Нелегко найти материал для камеры, в которой каждую секунду будет происходить хоть и маленький, но все-таки термоядерный взрыв, трудно преобразовать выделившуюся энергию в электрическую.

Солнце на Земле пока еще остается мечтой ученых. Но многие достижения последнего времени свидетельствуют о том, что эта мечта станет явью. Видимо, уже к концу этого столетия человечество получит в свое распоряжение неиссякаемый источник энергии — ведь запасы дейтерия в Мировом океане таковы, что их хватит на миллиарды лет даже при многократном увеличении производства энергии.

* * *

Мы подошли к концу рассказа о грандиозном пути человечества в поисках энергии. Начало этого великого путешествия совпадает с первыми шагами человека по Земле. Современники нашего далекого пращура, оставившего цепочку следов в Олдовайском ущелье, сделали первые шаги на этом пути. Теперь следы людей и творе-

ний их рук и разума можно обнаружить на далеких планетах и в бескрайних глубинах космоса.

Трудным был этот путь. Он отмечен и гениальными озарениями, и человеческими драмами, быстрое продвижение вперед сменялось временами застоя, накопления сил перед новым рывком. Но никогда этот путь не прерывался. Не прервется он и в будущем, ибо он так же бесконечен, как бесконечно развитие человечества.

Контуры будущей энергетики видны уже сегодня. Могучие атомные электростанции будут производить большую часть потребной человечеству энергии. В XXI веке к ним, наверное, присоединятся электростанции термоядерные, не загрязняющие атмосферу и Землю, использующие в качестве топлива обычную воду. Они надолго смогут обеспечить человечество любым необходимым ему количеством энергии.

Часть энергетической нагрузки возьмут на себя установки на возобновляемых источниках энергии — гидроэлектростанции, гелиоустановки, ветровые двигатели, установки, использующие энергию Мирового океана и тепло земных недр. Пусть невелика будет их доля в мировом энергетическом балансе, но доля эта очень важна — такие установки обеспечат энергией небольшие человеческие поселения, где невыгодно строить крупные электростанции или прокладывать линии электропередач.

Изобилие энергии даст человечеству возможность осуществить самые дерзновенные планы. Человек сможет изменить лицо планеты — повернуть в нужное ему русло могучие реки, превратить нынешние пустыни в цветущие поля, оградить себя от страшных стихийных катастроф, изменить климат обширных районов. Смогут быть решены и экологические проблемы, залечены раны, нанесенные природе веками бездумной ее эксплуатации.

Проблема энергии — одна из важнейших глобальных проблем, в решении которых равно заинтересованы все народы Земли, все страны и развитые, и развивающиеся. Необходимость решения глобальных проблем неизбежно приведет человечество к построению общества с социалистической структурой, ибо только при этом условии можно осуществить совмещение интересов отдельных государств и всего человечества в целом.

«Захватывают и волнуют только дела человеческие», — писал Антуан де Сент-Экзюпери. И дела чело-

веческие, творения могучего разума и умелых рук людей, всегда будут залогом того, что никогда не остановится прогресс, никогда недостаток энергии не станет препятствием на пути развития человеческой цивилизации!

Послесловие

В «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года», принятых XXVI съездом КПСС, предусмотрено обеспечить дальнейший рост благосостояния советских людей на основе поступательного развития народного хозяйства, ускорения научно-технического прогресса и перевода экономики на интенсивный путь развития, более рационального использования производственного потенциала страны, всемерной экономии всех видов ресурсов и улучшения качества работы.

Наращивание промышленного потенциала требует соответственного роста производства различных видов энергии. За последние пятнадцать лет потребность в топливно-энергетических ресурсах у нас практически удвоилась, в одиннадцатой пятилетке она возрастет еще на 18 процентов. Следовательно, от того, как будут работать отрасли топливно-энергетического комплекса, зависят темпы развития всего народного хозяйства, а в конечном итоге — и благосостояние советских людей.

Исходя из огромных задач, стоящих перед страной в одиннадцатой пятилетке, определены и масштабы развития энергетики за этот период. Электроэнергетика будет развиваться и дальше опережающими темпами — рост производства электроэнергии будет несколько опережать рост национального дохода. Производство электроэнергии увеличится за пятилетие с 1293,9 до 1550—1600 миллиардов киловатт-часов, в том числе на атомных электростанциях — до 220—225 миллиардов киловатт-часов и гидроэлектростанциях — до 230—235 миллиардов киловатт-часов.

Во многих направлениях будет развиваться электроэнергетика в ближайшее десятилетие.

Предусмотрено строительство крупных гидроэлектростанций на реках Сибири и Дальнего Востока, на горных реках Средней Азии. В европейской части СССР намечается сооружение гидроаккумулирующих электро-

станций, которые должны будут вырабатывать электроэнергию в период ее наибольшего потребления.

Новые тепловые электростанции будут строиться в местах, где имеются залежи угля, в первую очередь — на базе Экибастузского и Канско-Ачинского бассейнов. Намечено строительство тепловых электростанций, использующих в качестве топлива природный и попутный газ месторождений Западной Сибири. Для передачи выработанной электроэнергии к местам потребления прокладываются сверхмощные линии передачи Экибастуз—Центр напряжением 1500 киловольт постоянного тока и Экибастуз—Урал напряжением 1150 киловольт переменного тока.

В Европейской части СССР, где уже почти исчерпаны запасы гидроэнергии и природного топлива, прирост производства электроэнергии будет осуществляться путем строительства атомных электростанций.

Новое развитие получит Единая энергетическая система СССР, основа которой заложена еще в плане ГОЭЛРО. К 1985 году мощность электростанций, входящих в ЕЭС, превысит 300 миллионов киловатт, а производство электроэнергии составит около 94 % общей выработки в стране.

Много ископаемого топлива сэкономит развитие централизованного теплоснабжения. Будут сооружены мощные теплоэлектроцентрали и крупные районные котельные для теплоснабжения городов и крупных поселений.

Такие масштабные планы могут быть осуществлены только при широком освоении новой техники в энергетике, новых мощных энергоустановок.

Атомные электростанции будут оснащаться реакторами единичной мощностью 1 миллион киловатт, на сооружаемой Игналинской АЭС монтируются реакторы единичной мощностью 1,5 миллиона киловатт. На подходе сооружение опытно-промышленных энергоблоков с реакторами на быстрых нейтронах единичной мощностью 800 и 1600 миллионов киловатт.

Горячая вода для теплоснабжения городов и промышленных предприятий будет получаться с помощью мирного атома — намечено строительство атомных теплоэлектроцентралей и атомных станций теплоснабжения.

Планируется создание опытно-промышленной магнетогидродинамической установки мощностью 500 тысяч киловатт.

В ближайшие годы вплотную приступят к освоению и использованию низкопотенциальной теплоты слабонагретых вод и вентиляционных выбросов. Намечено сооружение установок для широкого использования солнечной и ветровой энергии. Геотермальная энергия будет широко использоваться на Камчатке, в Дагестане и в Ставропольском крае.

В ближайшие 10—15 лет в строй должны вступить первые демонстрационные термоядерные установки, в которых полученная энергия превзойдет затраченную.

Такие грандиозные по масштабу задачи, стоящие перед современной энергетикой, не могут не привлекать пристального внимания ученых и инженеров к проблемам получения и использования энергии. Не менее широк и общественный интерес к энергетическим проблемам, потому что в конечном счете все население прямо или косвенно участвует в производстве или потреблении энергии.

В связи с этим выход в свет в серии издательства «Знание» «Жизнь замечательных идей» книги В. Карцева и П. Хазановского «Тысячелетия энергетики» весьма своевременен.

В книге на многочисленных примерах показано, что энергетические проблемы возникали на всех стадиях человеческого общества. И всякий раз усилия ученых и изобретателей помогали решать эти проблемы, обеспечивая дальнейший рост возможностей человечества. Авторы справедливо утверждают, что развитие энергетики всегда стимулировалось развитием техники вообще, подчеркивают неразрывную связь между уровнем техники и ее энергетическим обеспечением.

Вся история энергетики служит основанием для оптимистического вывода авторов книги «Тысячелетия энергетики» — никогда недостаток энергии не станет препятствием на широком пути развития человеческой цивилизации!

Член-корреспондент АН СССР Д. Г. ЖИМЕРИН

СОДЕРЖАНИЕ

Глава 1. Живая энергетика	5
Один против всего и всех. Первые помощники. У истоков науки. Раб нерадив... или энергетический кризис в рабовладельческом обществе	
Глава 2. Паруса и колеса	26
Под парусами — через века и тысячелетия. Энергетика мельничного колеса. Колеса становятся все больше и больше. Накануне энергетической революции. В поисках вечного двигателя	
Глава 3. Его величество пар	47
Чудеса на пару. Еще претендент на звание изобретателя. Помочь пытаются физики... Дени Папен — «мученик науки». Паровая машина начинает работать. «Муж, делающий истинную честь своему отечеству». О пользе прогулок. Огонь, пар и колеса. Ошибка Наполеона Бонапарта. Теория спешит за практикой	
Глава 4. Золотой век электричества	109
Споры вокруг портрета, или Заря электротехники. Когда тайны не разгадывают, а дарят... Где вы, таинственный П. М.? На дне температурного колодца. Второе слагаемое	
Глава 5. Энергетический голод или энергетическое изобилие?	171
Энергетические запасы скудеют... По способу Архимеда. Возвращение к парусам и мельницам? Котельная под ногами. Нестареющее водяное колесо. Надежда и страх человечества. Солнце на Земле	
Послесловие	221

Владимир Петрович КАРЦЕВ,
Петр Михайлович ХАЗАНОВСКИЙ
ТЫСЯЧЕЛЕТΙΑ ЭНЕРГЕТИКИ

Главный отраслевой редактор *В. П. Демьянов*
Редактор *С. П. Столпник*
Мл редактор *Н. А. Васильева*
Художник *В. И. Пантелеев*
Технический редактор *С. А. Птицына*
Корректор *С. П. Мосейчук*

ИБ 5667

Сдано в набор 30.05.83. Подписано к печати 09.12.83. А 14617. Формат бумаги 84×108^{1/32}. Бумага кн.-журн. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 11,76. Усл. кр.-отт. 12,08. Уч.-изд. л. 12,40. Тираж 100 000 экз. Заказ 4-18. Цена 80 к. Издательство «Знание», 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 847703.

Отпечатано с матриц ГПРПО «Полиграфкнига» на Киевской книжной фабрике, 252054, Киев, ул. Воробского, 24.



Владимир Петрович Карцев — доктор технических наук, член Союза писателей СССР, популяризатор науки, автор книг „Максвелл“, „Приключения великих уравнений“, „Новеллы о физике“, „Кржижановский“, „Стихам не подвластен“ (совместно с П. М. Хазановским). Книги В. П. Карцева неоднократно награждались дипломами I и II степени на конкурсах Всесоюзного общества „Знание“ на лучшие произведения научно-популярной литературы и переведены на многие иностранные языки.



Петр Михайлович Хазановский — кандидат химических наук, специалист в области электроэнергетики и надежности технических систем. Популяризацией науки в периодике занимается с 1967 г. Вместе с В. П. Карцевым им написана книга „Стихам не подвластен“.