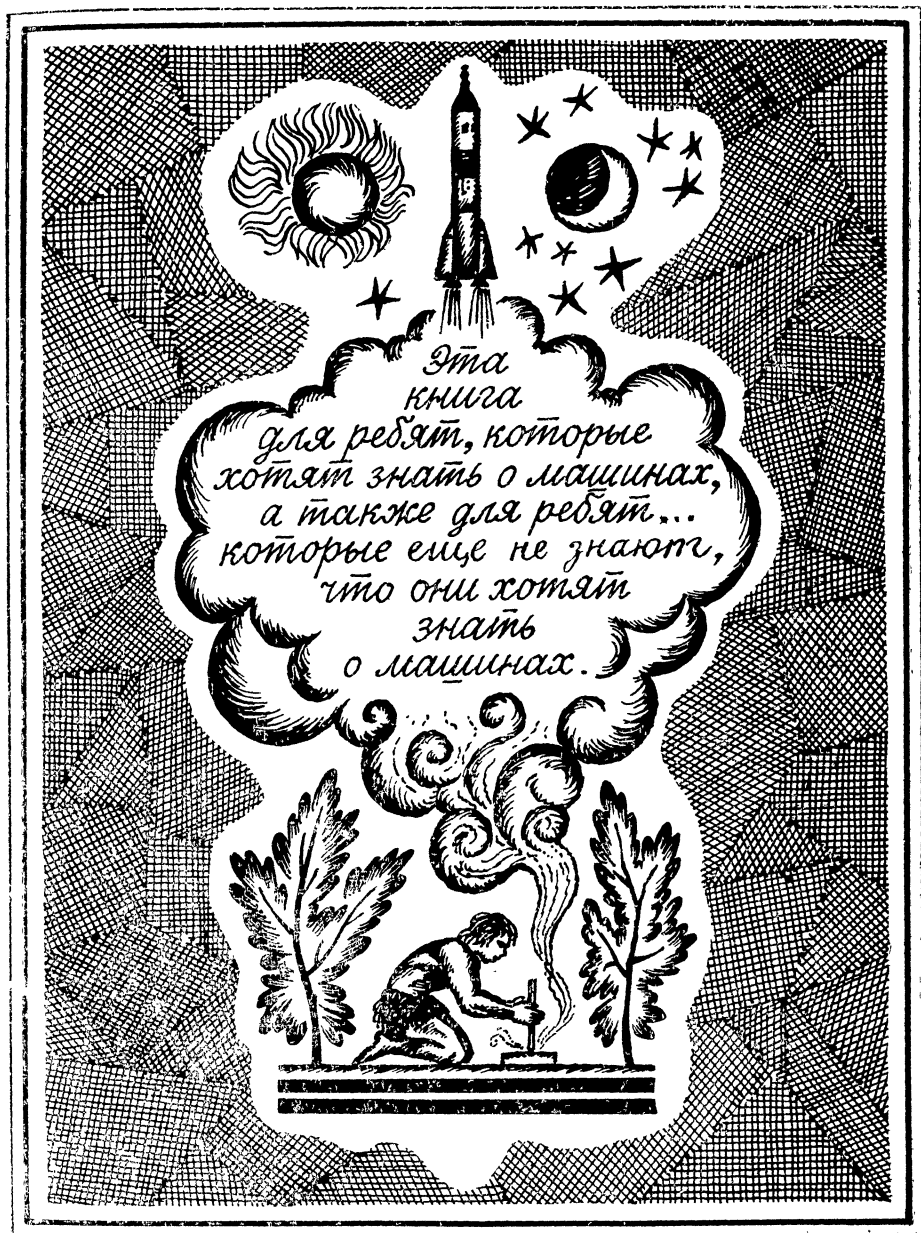




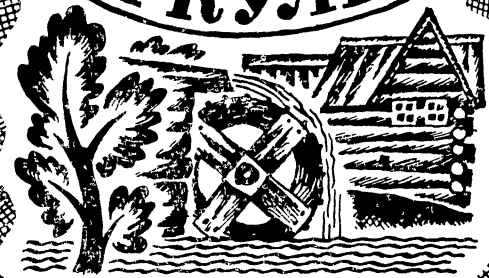
А. ЕФИМОВ
СИЛЬНЕЕ
ГЕРКУЛЕСА





Эта
книга
для ребят, которые
хотят знать о машинах,
а также для ребят...
которые еще не знают,
что они хотят
знать
о машинах.

А. ЕФИМОВ



Издательство
Советская Россия
Москва • 1971

Самый первый изобретатель умер около миллиона лет тому назад. Никто не знает, как это случилось. Возможно, он погиб, затерявшись в диких первобытных лесах, или стал добычей кровожадного саблезубого тигра — своего злейшего врага, а быть может, он дожил до глубокой старости и скончался в окружении благодарных сородичей.

Неизвестно так же и имя этого изобретателя. Первобытная история не помнит своих героев. Впрочем... имени он не имел, потому что в те времена, о которых идет речь, люди еще учились ходить и произносить первые звуки.

Мы можем только очень приблизительно, по останкам древнейших людей, найденным при раскопках, установить, что представлял собой первый «инженер».

Ученые полагают, что он был маленького роста, гораздо меньше людей, живущих в настоящее время. Сгорбленная спина, непомерно длинные руки и кривые короткие ноги делали его фигуру малопривлекательной. Голову и почти все тело покрывала густая шерсть. Лоб был низкий, приплюснутый, с толстыми надбровными дугами, под которыми прятались маленькие глазки. Челюсть выдавалась вперед, как у дикого животного.

Однако современные инженеры единодушно признают его своим учителем: он первый начал пользоваться камнем, чтобы разбить твердый орех, и большой палкой, чтобы повернуть тяжелый валун. Он был изобретателем молотка и рычага — первых орудий труда, и он сделал больше, чем всякое другое существо, потому что дал человеку огромное преимущество перед другими животными, населявшими в то время нашу планету.

Памятник этому изобретателю не поставлен, хотя ему по праву принадлежит почетное место в шеренге «неизвестных солдат» великой армии ученых и инженеров — людей, преобразующих природу.

Продолжая начатое им дело, потомки принялись изобретать. Они постепенно заменяли свои руки и ноги, выполнявшие тяжелую, изнурительную работу, «руками» и «ногами» машин, а свои мускулы — двигателями, которые теперь приводили в действие машины.

Легко можно убедиться, что стрела башенного крана или экскаватора — это рука человека, замененная стальной «рукой» машины, а автомобиль, пробегающий два километра в минуту, — это пара быстрых ног. Огромный пресс, в мгновение ока превращающий лист железа в изящный кузов автомобиля, — это могучий кулак кузнеца, а станки, вырабатывающие красивые ткани, — это искусные пальцы ткачихи.

Люди уже давно поняли, что в будущее можно добраться только с помощью машин.

Вот почему появились машины, которые обрабатывают землю и добывают уголь, делают колбасы и печатают книги, режут металлы и пекут булочки, строят дома и шьют платье...

Машины взяли на себя тяжелую человеческую работу. Но не только работу. Они позволили человеку осуществить самые дерзновенные мечты: взлететь в небо и...

опуститься на дно морское. Об этом веками складывались легенды. Но приходит XX век, и крылья Дедала и Икара превращаются в реактивный самолет, а придуманный Жюлем Верном подводный корабль «Наутилус» — в атомную подводную лодку, свободно совершающую кругосветное плавание под водой.

Мы живем в окружении самых разнообразных машин. Без машин мы были бы похожи на наших древних предков — доисторических людей, тративших все свои силы и время на добывание пищи.

В этой книге мы будем говорить только о машинах-двигателях, без которых любая другая машина, будь то автомобиль, токарный станок или космический корабль, — просто мертвый кусок металла. Двигатель вдыхает в них жизнь и является непременной частью любой машины. Ведь в каждой машине во время работы что-то движется или перемещается она сама целиком. А для того, чтобы это происходило, машине необходимо поставлять энергию движения, или, как ее называют, механическую энергию. Эту роль и выполняют двигатели.

Энергия — трудное слово, хотя его с большой легкостью произносят все. «Атомная энергия, электрическая энергия, тепловая энергия...» — эти слова стали привычными, но не всегда достаточно понятными.

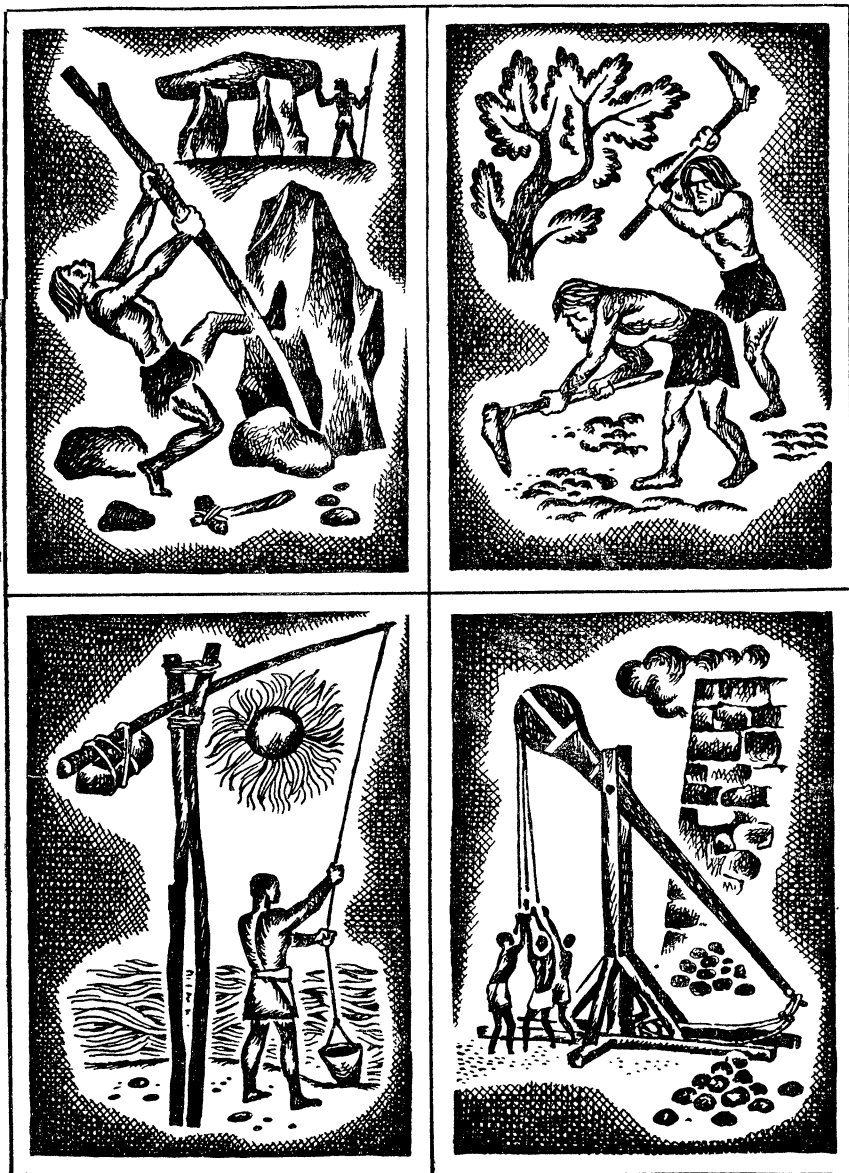
Подробнее об энергии мы поговорим позже. А сейчас заметим только, что от того, какой энергией умел пользоваться человек и какими двигателями он располагал, зависела его власть над природой.

Я приглашаю вас отодвинуть завесу времени и взглянуть, как двигатели умножили силу рук человеческих и как человек, шагая через века и тысячелетия, стал сильнее всех сказочных Геркулесов.



РЫЧАГ

РЫЧАГ

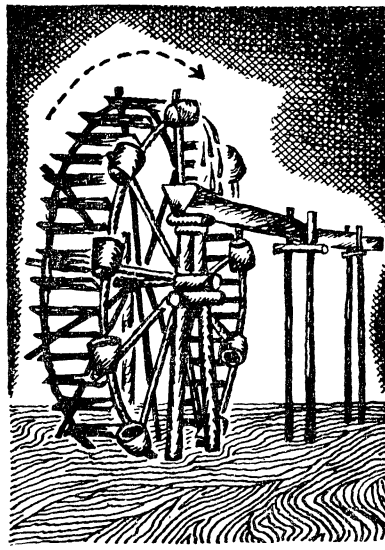


РЫЧАГ

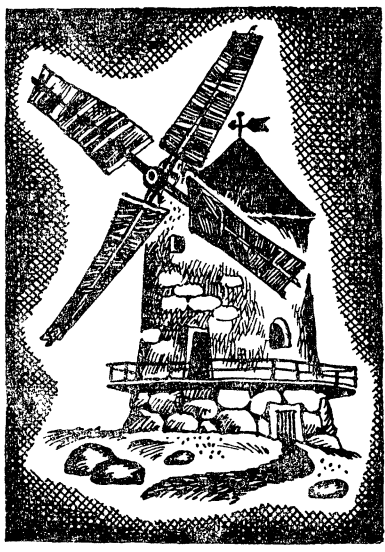
РЫЧАГ

СИЛЫ ПРИРОДЫ

СИЛЫ ПРИРОДЫ

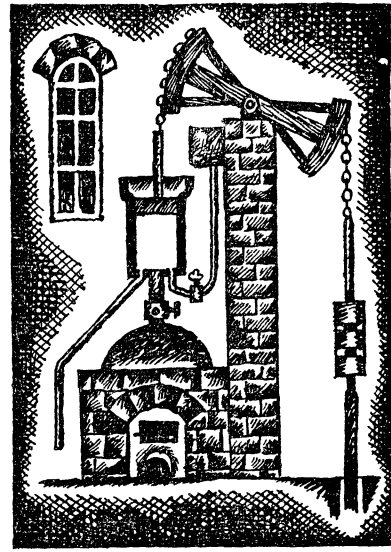
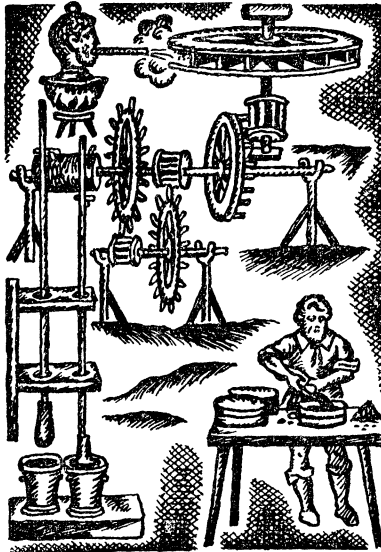


СИЛЫ ПРИРОДЫ



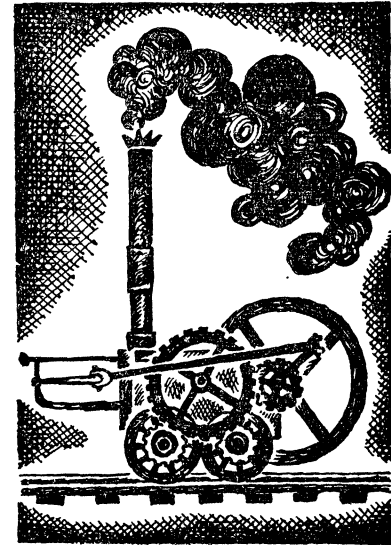
СИЛЫ ПРИРОДЫ

ПАР



ПАР

ПАР



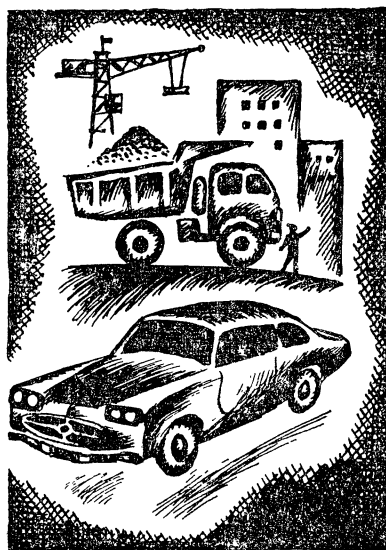
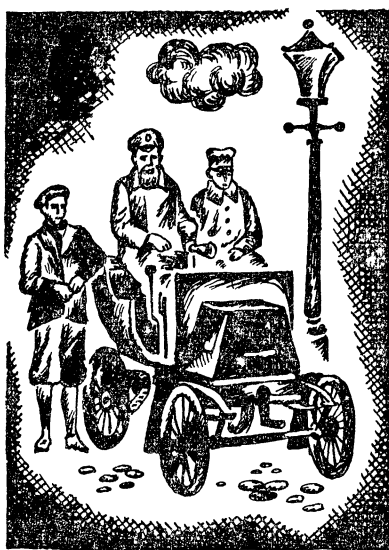
ПАР

ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ



ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ



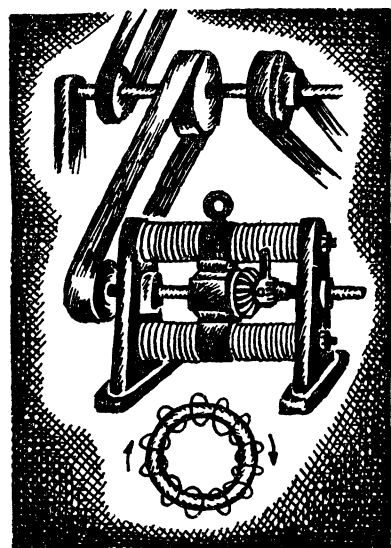
ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО



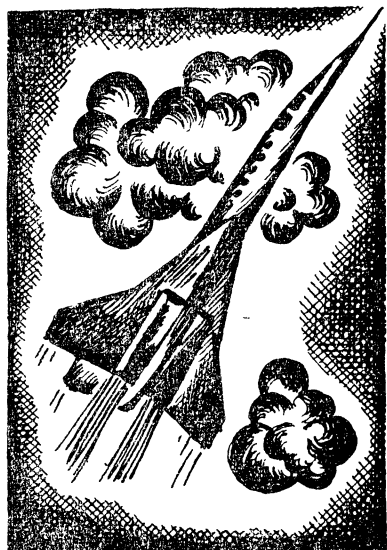
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО



ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

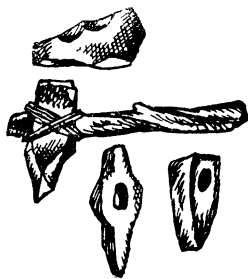
ТУРБИНЫ И РАКЕТЫ

ТУРБИНЫ И РАКЕТЫ



ТУРБИНЫ И РАКЕТЫ

ТУРБИНЫ И РАКЕТЫ



ЭХО ВЕКОВ

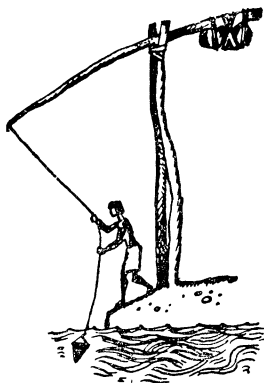
Мы начнем наш рассказ с событий одного счастливого дня в жизни нашего далекого предка — первобытного человека.

Много опасностей и трудностей подстерегало его на каждом шагу, когда он бродил по дремучим первобытным лесам в поисках пищи. Ночью он вместе со всеми людьми своей стаи прятался в дуплах деревьев или пустых пещерах. Это спасало его от бродивших вокруг хищных зверей.

Но день, о котором идет речь, был особый. В этот день наш далекий прапрапрадед изобрел орудие труда, называемое в наши дни рычагом.

Свою радость он поведал всей стае, издав вопль, который в переводе на современный язык означал: «Смотрите, какой я сильный. Я беру простую длинную палку и с ее помощью, один, сдвигаю с места огромный камень. Я могу пустить его с горы на голову пещерному медведю, если он вздумает вернуться и выгнать нас из пещеры. Мы стали сильнее наших врагов». Ему было очень





радостно от того, что он такой умный и сильный.

Это простейшее орудие труда, изобретенное на заре человеческой жизни, служило многим поколениям людей и дожило до наших дней.

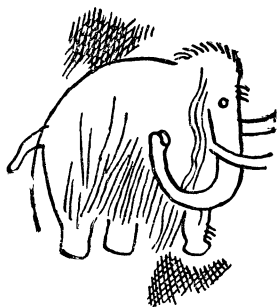
Когда рабы древнего Египта по велению своих царей-фараонов возводили знаменитые гробницы-пирамиды, рычаг был одной из основных «машин», передвигавшей огромные камни. А ведь только вес каменных плит, уложенных в величественную пирамиду царя Хуфу (греки называли его Хеопсом), составляет миллионы тонн. Ее строили в течение двадцати лет свыше ста тысяч рабов.

Сегодня мы тоже иногда вспоминаем о рычаге, когда надо, например, передвинуть тяжелый предмет.

Но самое главное применение рычага в наши дни, конечно, не в этом: рычаг входит составной частью почти в каждую сложную машину.

Вот почему мы так высоко ценим подвиг безвестного изобретателя, который начал утверждать господство человека над природой.

Теперь нам надо ответить на воп-



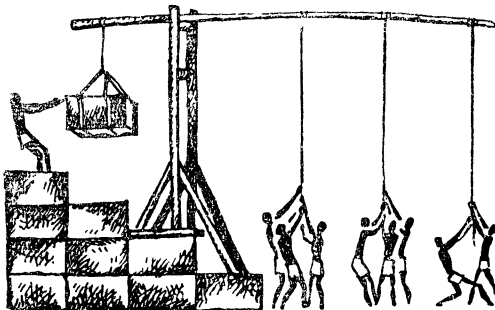
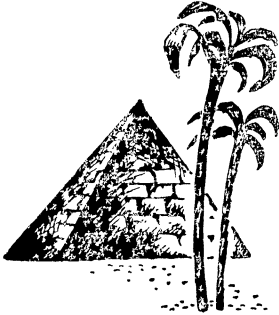
рос: какой двигатель был использован в этом простейшем орудии? Нетрудно догадаться, что двигателем здесь был сам человек, его мускулы.

...Проходили годы. Человек боролся за свое право жить на земле. Главное — надо было выжить, не умереть с голоду. Поэтому все свое время первые люди тратили на собирательство. Собирали все: плоды, корни растений, ягоды, мед диких пчел. Иногда удавалось поймать какую-нибудь птицу или небольшого зверька.

Такая тяжелая жизнь оставляла мало времени для размышлений и изобретательства. Так длилось много тысяч лет.

Но вот на земле случилось что-то страшное. Стало холодно. С Севера двинулись огромные ледники. Они ползли медленно, словно окаменевшие реки, уничтожая все живое на своем пути. Птицы, звери — все бросились наутек в поисках теплого солнца.

Грозная опасность нависла над человеком. И это заставило работать его мозг. Прежде всего ему пришлось позаботиться об одежде, и это научило его охотиться на крупных животных,

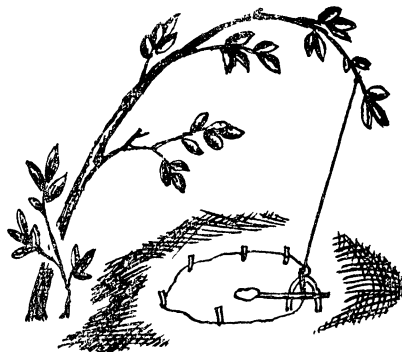
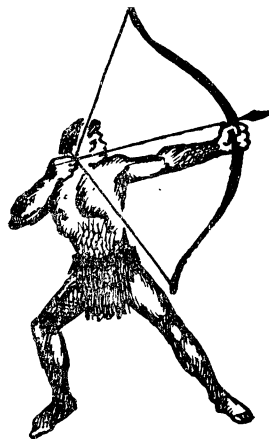


шкур, которые могли защитить от холода. Затем человек научился пользоваться огнем. И в его жизни настал день, когда в пещере запылало веселое пламя домашнего очага.

Человек стал охотником. В руках его появились каменный нож и топор, а потом лук, стрелы и первые охотничьи «машин».

Одной из таких «машин» была охотничья ловушка. Над тропой, где проходил зверь, сгибалось тонкое упругое дерево, на конце которого привязывалась петля из гибкой лианы. Дерево в согнутом виде закреплялось так, что достаточно было дернуть за петлю, чтобы оно с силой распрямилось. Когда зверь, попав головой в петлю, хотел освободиться из нее, то через несколько мгновений он оказывался вздернутым на распрямившемся дереве.

Эта «машина» — очень простая охотничья ловушка — была великим изобретением древних охотников. Она работала без помощи охотника. Он только приходил и ставил ее на звериной тропе. Приводили ловушку в действие не мускулы человека, а упругая сила дерева. Пожалуй, это был один из пер-





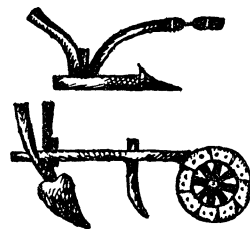
вых случаев, когда человек нашел источник силы, заменивший его самого в окружающей природе.

...Потом настал час, когда человек понял: чтобы быть сытым и одетым, совсем не обязательно подвергаться опасности на охоте. Можно привести к себе домой детенышей диких кабанов, козлов, туров, приручить их и иметь всегда в своих загонах живой запас мяса и шкур. Со временем у некоторых племен появились стада овец, яков, коров, свиней, а затем и табуны лошадей.

Так люди начали заниматься скотоводством.

А другие племена стали земледельцами. Они собирали семена съедобных растений, высевали их на полях, ухаживали за ними и затем снимали урожай, который обеспечивал им вполне сытую жизнь. Поля обрабатывались палкой, мотыгой, сохой. Двигателем у всех этих орудий труда по-прежнему был сам человек. Обливаясь потом, еле передвигая ноги от усталости, тащил он за собой тяжелую соху.

Затем, в один прекрасный день произошло еще одно важное событие,

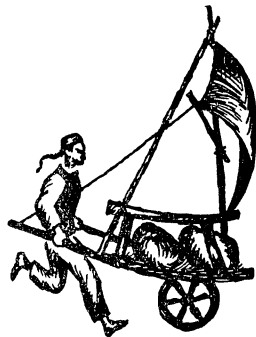




В соху был запряжен буйвол, а впоследствии — лошадь. Человек нашел в окружавшем его мире новую рабочую силу, которая способна была заменить его в очень тяжелом труде. Теперь уже не он сам, а живой двигатель — лошадь приводила в движение соху. Этот живой двигатель оказался верным помощником человека на протяжении всей его жизни вплоть до наших дней.

А однажды человек поймал ветер. До этого дня разгуливал ветер на свободе и, кроме неприятностей или несчастий, ничего не приносил людям. С ветром приходила зимняя стужа, налетающие ураганы разрушали постройки, разгоняли скот, опустошали поля.

Но вот как-то раз люди одного племени, жившие на берегу большой реки, решили навестить своих соседей. Смастерили из нескольких бревен плот и установили на нем сплетенную из листьев циновку, в тени которой можно было в пути укрыться от палящих лучей солнца. Взяли длинные шесты и поплыли. Вдруг подул ветер. Циновка изогнулась, затрепетала и... стала двигать плот. Эта циновка была, возможно, самым первым парусом, с помощью которого мно-



го тысячелетий спустя Колумб на своих немудреных суденышках открыл новый материк — Америку, а Магеллан первым проплыл вокруг земного шара.

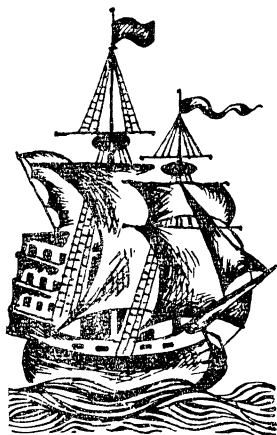
Человек понял, что ветер, пойманный в парус, может служить отличным двигателем.

Теперь мы подошли к тому времени, когда человечество, покончив с доисторическим периодом жизни, начало писать свою историю. Около шести тысяч лет тому назад древние египтяне изобрели письменность, придумав тем самым способ сохранения человеческого опыта и знаний.

В это время возникают древнейшие государства: сначала в долинах рек Нила в Африке, Тигра и Евфрата на Аравийском полуострове, а несколько позже в долинах Инда в Индии и Хуанхэ в Китае.

Люди селились вдоль рек. И это не было случайностью. Реки превращали места поселения людей в цветущие сады.

Ежегодно Нил во время своих разливов приносил в долину плодородный ил, удобрявший землю, и люди снимали по несколько урожаев в год.



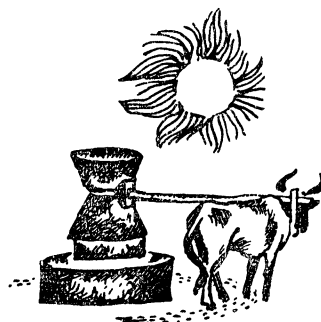


А когда земли в долине стало не хватать, они начали осваивать дальние участки, проводя к ним оросительные каналы и пустив по ним воду.

С рекой была связана вся жизнь человека того времени...

С рекой связано и появление нового двигателя. Сначала в Китае, а несколько позже в древнем Вавилоне и в древнем Египте люди придумали водяное колесо. Внешне оно напоминало «чертово колесо», которое имеется на детских площадках многих парков. По ободу водяного колеса подвешивались черпаки. Колесо с черпаками-лопатками устанавливалось посреди реки. Течение реки приводило его во вращение. Зачерпнет черпак воду и медленно поднимается вверх, а там наклонится и выльет ее в желоб, по которому вода бежит в оросительные каналы. Так древние землепашцы решили важную задачу — как подать воду на поля, расположенные на высоких берегах.

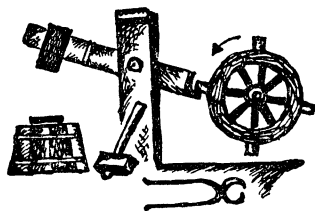
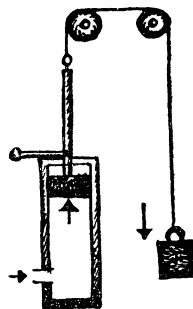
Потом водяные колеса заставили вращать мельничные жернова. Раньше это делали сами люди или другие живые двигатели — быки и лошади. Теперь же где-либо на небольшой речушке





ставилась плотина и рядом мельница. Вода, падая с плотины, ударялась о лопатки водяного колеса и начинала его вращать. А колесо, в свою очередь, приводило в движение тяжелые каменные жернова, которые размалывали зерно.

Затем человек придумал еще один двигатель. На этот раз — ветряной и тоже для того, чтобы вращать мельничные жернова. На открытых местах, где дуют частые ветры, сооружались высокие башни-мельницы с большими крыльями. Вращаясь, крылья приводили в движение жернова. Ветряных мельниц было понастроено очень много. Кое-где они остались стоять и до сего времени...



НЕДАЛЕКОЕ ПРОШЛОЕ

А теперь страницы истории можно перевернуть всего на двести с лишним лет назад, в конец XVII — начало XVIII века. Невольно возникает вопрос: неужели человек не построил к этому времени никаких двигателей, кроме водяного колеса и ветряка? Может показаться странным, но было это действительно так.

Возникали и умирали государства.

Были древние Египет и Вавилон, оставившие потомкам письменность, начала математики, астрономии, прекрасные образцы строительного искусства, развитое сельское хозяйство.

Была Финикия, подарившая миру первый алфавит из двадцати букв.

Была Греция со своим государственным устройством, своими учеными, философами, скульпторами, архитекторами, поэтами, своим театром.

Был Александр Македонский, который завоевал весь известный тогда мир, превратив его в огромную Греческую империю.

Была Великая Римская империя с хорошо организованной армией, поработившей много других народов, которая оставила миру прекрасные дороги, мосты, роскошные дворцы.

Были Византия, возникшая как часть Римской империи, Киевская Русь, свободный Новгород, Московское царство; были мировая магометанская держава со столицей Багдад и Мавританское царство на территории современной Испании; были многочисленные европейские государства и империи... много сделавшие для развития культуры, науки и техники. Однако созданием новых двигателей люди в те времена не занимались.

Не занимались потому, что все хозяйство тех времен держалось на рабах, а позже, в средние века, на крепостных. Рабы и крепостные были самыми дешевыми машинами, которые выполняли всю работу, необходимую для жизни всего общества.

Этим объясняется, почему греки или римляне, среди которых были ученые и инженеры, не создавали двигателей, хотя работы некоторых из них оказали большое влияние на последующее развитие техники. Высокообразованные греки смотрели на изобретение рабочих механизмов, как на занятие недостойное, позорное. Легче было пойти на рынок и купить по недорогой цене партию рабов. Даже великий Архимед, который в отличие от других «чистых» ученых придумал довольно много разных машин и приспособлений, всячески открещивался от звания механика и просил, чтобы его считали математиком.

В средние века условия труда крепостных почти не отличались

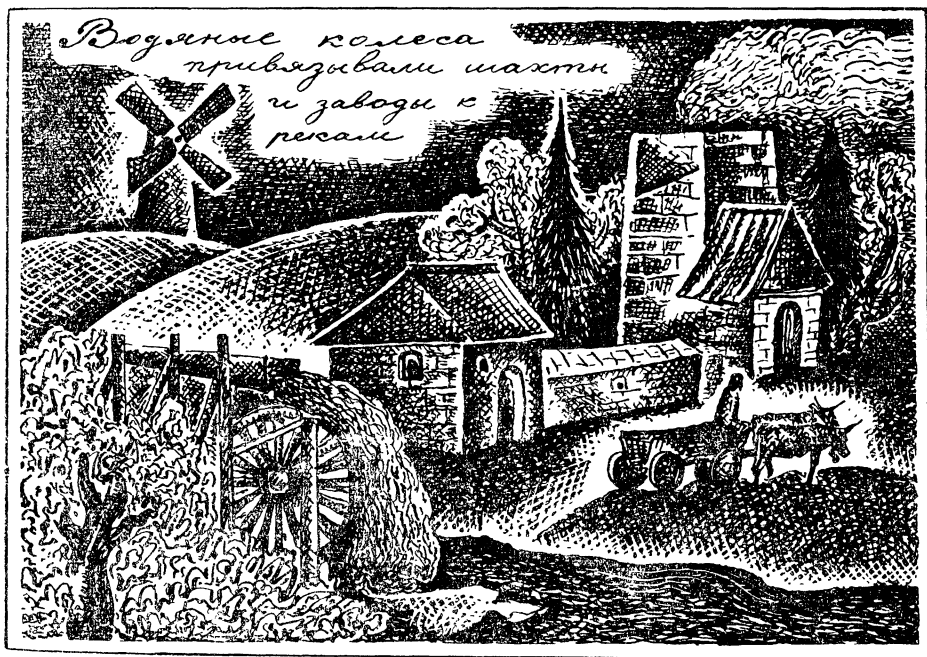
от условий труда рабов. Все они были приписаны к своим феодалам и помещикам и с утра до ночи гнули на них спину, не зная других «машин», кроме мозолистых рук и тощих лошадей.

Крепостной в отличие от раба имел право на небольшом клочке земли, принадлежащем господину, вести свое собственное хозяйство, кормившее семью. Небольшая часть свободных крестьян могла уходить от своих хозяев на заработки в города и заниматься каким-либо ремеслом.

...В городах начали зарождаться первые ремесленные цехи: кузнечные, гончарные, сапожные, ткацкие. Объединенные общим делом, ремесленники начинают вырабатывать больше предметов своего ремесла. Бурно развивается торговля. Из ремесленных цехов вырастают более крупные производства — мануфактуры, на которых хозяева беспощадно эксплуатируют наемных рабочих.

Только что родившиеся капиталисты спешат разбогатеть. Их уже не устраивает 14—16-часовой ручной каторжный труд рабочих. Они стараются заменить их более высокопроизводительными машинами.

В развитых странах Европы зарождается машинное производство. На смену мануфактурам приходят фабрики и заводы.



Появляются различные машины, которые сортируют, прядут, ткнут и отделывают шерсть, превращая ее в красивые ткани.

Для обработки металлов и дерева стали применяться станки.

На изготовление машин и станков требовалось много металла. Чтобы плавить металл, необходим большой огонь. Сначала для этого использовались дрова, а потом каменный уголь, который нужно было добывать из глубоких шахт.]

Но одних машин недостаточно. Их надо приводить в действие.

Как заставить работать станки? Как подать воздух в плавильные печи? Как привести в действие лесопилки, кузнечные молоты и дробилки для размельчения руды? Как откачать воду из шахты и спасти ее от затопления? Как поднять уголь на-гора? Чем заменить лошадей, доставлявших уголь и руду с шахт и рудников к плавильным печам? Как, наконец, кораблям, перевозившим сырье для фабрик и заводов, избавиться от парусов и перестать зависеть от воли ветра?

...Требовался такой двигатель, который мог бы выполнять всю эту работу, не будучи привязанным к воде, как водяное колесо, и не зависящий от погоды, как ветряной двигатель.

Но пока он еще не был создан, велись большие работы по усовершенствованию уже имевшихся двигателей — водяных колес. Одно за другим возле плавилен, шахт, кузниц, рудников, ткацких фабрик, жавшихся к рекам, появляются гидротехнические сооружения — плотины с водяными колесами.

С помощью водяного колеса подавали воздух в печи, подымали уголь и откачивали воду из шахт, приводили в движение кузнечные молоты и ткацкие станки.

Одно из крупнейших в мире водяных колес было построено в России на Алтае на Змеиногорском руднике, где добывали в то время медную и серебряную руду и золото. Построил его сын мастерового, горный мастер Кузьма Фролов, создавший немало различных механизмов, которые облегчали труд крепостных рабочих и увеличивали добычу руды. Колес было несколько. Установлены они были в вырытых под землей огромных пещерах-залах. Колеса эти приводили в движение пилы на «пильной мельнице» (лесопилке), а также рудоподъемники и насосы, поднимавшие руду и выкачивавшие воду из нескольких шахт. Это были колеса-гиганты. Самое большое из них, которое рабочие называли «слоновым», имело высоту шестиэтажного дома.

Но не только размерами колес знаменита эта установка. Фролов заставил один водный поток работать много раз. Вода с реки Змеевки, на которой была установлена плотина, по подземному отводному каналу подводилась поочередно к каждому колесу. Заставив вращаться одно колесо, она поступала на другое, потом на третье, и так постепенно все колеса и соединенные с ними механизмы прихо-

дили в движение. Это было важно — строить одну плотину и один отводной канал для нескольких водяных колес. По тем временам такое сложное и мощное гидротехническое сооружение казалось чудом техники. К наиболее интересным гидротехническим установкам того времени можно отнести фонтаны Версаля — резиденции французских королей. Насосы фонтанов приводились в действие большими водяными колесами. Сооружение это было также совершенно, хотя и служило совсем другим целям — развлекательным.

Крупная установка с огромными колесами, приводящая в действие водяные насосы, была построена англичанами на острове Мэн...

Однако, несмотря на все усовершенствования, водяные колеса имели много недостатков. Они привязывали фабрики, заводы, шахты и рудники к реке; были чрезвычайно громоздкими, тихоходными и маломощными. Мощность их можно было повышать только путем увеличения размеров колес или высоты плотины. «Слоновые» колеса, как мы уже знаем, были величиной с шестизэтажный дом, и это было почти пределом, а строить более высокие плотины в то время еще не умели.

Кроме того, работа водяных колес зависит от природных условий. Когда река замерзала, приходилось останавливать всю установку; если падал уровень воды в реке — снижалась мощность водяного двигателя.

ОГНЕМ И ВОДОЙ РОЖДЕННЫЙ

Итак, нужен был новый двигатель, способный приводить в действие различные станки и машины, вести поезда, двигать корабли и автомобили, которые должны были прийти на смену основному транспорту тех лет — лошади и парусному кораблю.

Появление нового транспорта было необходимо потому, что живые «поезда» — лошади — уже не справлялись с перевозкой руды, угля, металла и других материалов и готовых изделий. А парусные суда, которые везли в Индию, Африку, Среднюю Азию, Америку готовые товары, а обратно — сырье, часто из-за бурь погибали или застревали в пути. Получилось так, что старый транспорт стал задерживать развитие промышленности. Человеку нужен был паровоз, пароход, автомобиль. Их появление тормозило отсутствие двигателя.

Новый двигатель должен был быть универсальным. Он должен был также одинаково устраивать владельцев небольших мастерских и хозяев крупных фабрик, заводов, рудников, шахт. Он должен был работать не за счет энергии падающей воды или энергии ветра, а за

счет какого-то другого источника энергии, который бы имелся всюду и в любое время. И поскольку его собирались ставить на паровоз или пароход, то он должен был быть легким, иметь небольшие размеры и работать от источника энергии, который находился бы тут же — на паровозе, пароходе.

И человек такой двигатель построил.

Рождение его было нелегким. Много изобретателей в разных странах работало над его созданием, много было побед и разочарований, не у всех счастливо сложилась судьба. Но каждый из них в большей или меньшей мере внес свой самоотверженный и благородный труд в создание нового двигателя, появление которого совершило целый переворот в жизни человеческого общества, названный историками промышленным переворотом.

Новый двигатель был построен не случайно и не внезапно. За его созданием стоит огромная, напряженная работа. Рождение двигателя связано с тем, что человек научился использовать пока еще новый для него вид энергии — тепловую энергию.]

До этого времени, как нам уже известно, люди использовали энергию ветра и энергию падающей воды (не считая собственную мышечную энергию и энергию животных). Водяные колеса и ветряк не превращали эти виды механической энергии в какой-то другой вид энергии. Они просто преобразовывали движение ветра или воды во вращение, например, мельничных жерновов или в движение насоса.

Новый двигатель выполнял более сложную задачу. Он превращал тепловую энергию пара в механическую энергию движения.] И здесь мы на время прервем наш рассказ и поговорим подробнее о том, что такое «энергия».

Слово «энергия» пришло к нам из греческого языка и означает — «деятельность».

Сегодня в это слово вкладывается более широкий смысл: энергия — это способность производить работу. Что под этим понимается?

Когда мы говорим о работе, или, точнее, о физической работе, мы обычно представляем себе, что имеется какая-то сила (источник силы), например, мускульная сила человека или лошади, или механическая сила какого-либо двигателя, которая перемещает или поднимает грузы, двигает автомобиль, вращает станок и так далее. Человек вскопал грядку. Он совершил работу: силой своих мышц он сообщил лопате нужное движение. Трактор вспахал поле. Он также совершил работу: сила двигателя привела в движение трактор и плуги, прикрепленные к нему.

Работа совершается тогда, когда имеется сила и она что-то приводит в движение.

А теперь зададим себе вопрос: в чем источник силы, за счет которой совершается работа?

Источник силы в питании. Без белков, жиров, углеводов, входящих в пищу человека, он не смог бы поднять лопату. Без бензина — «пищи» мотора, трактор не сдвинулся бы с места.

Значит, и в пище человека и в бензине, а можно также говорить и о других видах топлива — каменном угле, дровах, нефти и т. д., имеется что-то общее, порождающее силу, делающее человека или двигатель способным к работе, к деятельности.

Вот эта способность к деятельности, работоспособность называется энергией.

В нашем примере и человек и трактор для выполнения своей работы должны были иметь определенный запас энергии. И количество работы, которую они могли проделать, как раз зависело от запаса энергии. Так, человек мог копать два часа подряд. А потом он устал, израсходовав большую часть своей энергии. Трактор работал с рассвета до обеда и остановился. Кончился бензин, исчез запас энергии.

Когда производится работа, то затрачивается энергия. Количество работы и энергии строго соответствуют друг другу. Чем большей энергией мы располагаем, тем большую работу имеется возможность выполнить. Вот почему человечество на протяжении всей своей жизни занято (и будет занято впредь) поисками новых источников энергии; человек непрерывно стремится пополнить собственный запас энергии, потому что его способность выполнять физическую работу очень мала.

Теперь нам нужно отметить одно из важнейших свойств энергии. Ученые установили, что все виды энергии: химическая, тепловая, электрическая, механическая, атомная и др. — способны превращаться друг в друга. Например, энергия, которая двигала трактор, была заключена в бензине. Это была химическая энергия топлива, которая при работе двигателя сначала превращалась в тепловую энергию (мы позже узнаем, как работает такой двигатель), а затем в энергию движения трактора, или, как ее еще называют, механическую энергию.

У человека, копавшего грядку, энергия хранилась в мускулах. Это была также химическая энергия, которая во время работы превратилась в энергию движения лопаты.

Человечеству в его деятельности нужно очень много механической энергии. Ведь миллионы всевозможных машин, созданных человеком, нужно заставить работать. А для этого требуется механическая энергия. Мы уже говорили о том, что поставляют механическую энергию рабочим машинам и механизмам двигателя, которые как раз и заняты преобразованием различных видов энергии в механическую. Тот же двигатель трактора преобразовал химическую энергию

топлива в механическую энергию движения трактора. А знакомый всем (хотя бы внешне) электрический двигатель поставляет рабочим машинам механическую энергию вращения, преобразовывая ее из электрической энергии, подведенной к нему по проводам.

А теперь о том, как люди договорились оценивать различные двигатели по их способности выполнять механическую работу.

Ясно, что человек, копавший два часа (в данном случае он был двигателем лопаты), и трактор, пахавший эти же два часа, выполнили за одно и то же время совсем не равную работу.

Трактор механически более работоспособен, мощнее человека и поэтому выполнил гораздо большую работу.

И так всегда: более мощный двигатель способен выполнить большую работу, чем менее мощный двигатель. Чтобы определить, какой из двух двигателей мощнее, достаточно знать, какое количество работы каждый из них способен произвести в какую-то единицу времени, например, секунду, минуту или час.

И тогда условились работу в единицу времени называть мощностью и измерять ее в лошадиных силах или киловаттах (одна лошадиная сила равна 0,735 киловатта). Двигатель, который обладает большим количеством лошадиных сил, или киловатт, естественно будет мощнее.

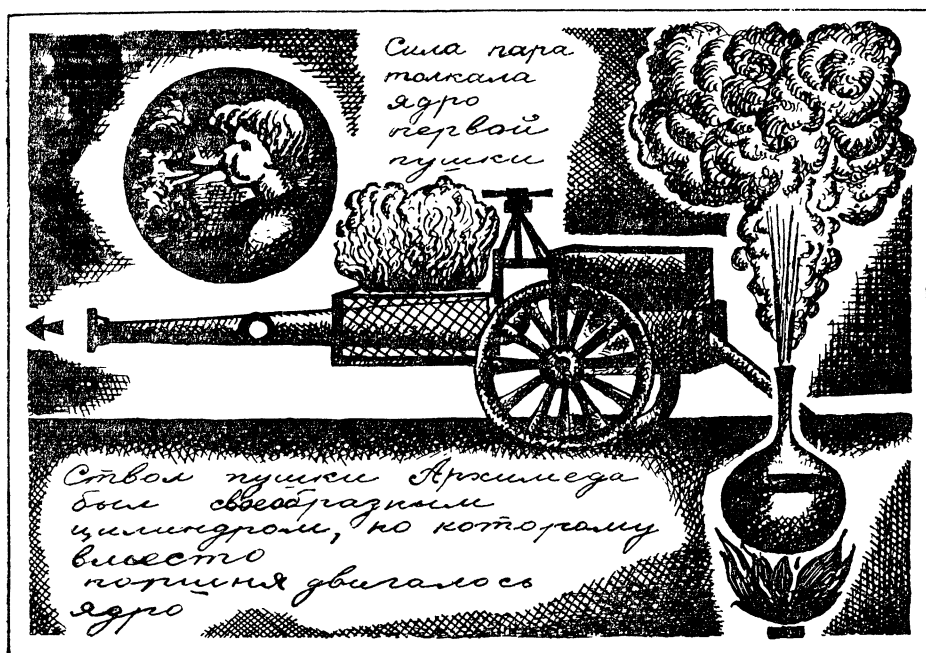
Интересно заметить, что единица измерения мощности двигателя — «лошадиная сила» — появилась в обиходе в те времена, когда первые создатели паровых двигателей (об этом у нас речь впереди), доказывая преимущество своих машин, сравнивали их с работоспособностью лошадей.

Но вернемся к новому двигателю.

Говорят, что еще две тысячи с лишним лет тому назад, в III веке до нашей эры, великий греческий математик и механик Архимед построил пушку, которая стреляла с помощью пара. Рисунок пушки Архимеда и ее описание были найдены спустя восемнадцать столетий в рукописях великого итальянского ученого, инженера и художника Леонардо да Винчи.

Как же стреляла эта пушка? Один конец ствола сильно нагревался на огне. Затем в нагретую часть ствола наливали воду. Вода мгновенно испарялась и превращалась в пар. Пар, расширяясь, с силой и грохотом выбрасывал ядро. Конечно, если такая пушка и была построена, то стреляла она очень недалеко. Но для нас интересно здесь то, что ствол пушки представлял собой цилиндр, по которому пока еще вместо поршня скользило ядро.

Примерно тремя столетиями позже в Александрии — культурном и богатом городе на Африканском побережье Средиземного моря, жил и работал другой выдающийся инженер по имени Герон, которого историки называют Героном Александрийским.



Герон оставил несколько сочинений, дошедших до нас, в которых он описал разные машины, приборы, механизмы, известные в те времена. Сочинения Герона очень ценны потому, что, в отличие от других древних ученых, он не презирал занятие техникой и сумел оставить потомкам описание не только собственных изобретений, но и многих других, существовавших раньше и известных ему.

Оказывается, очень много технических идей, начиная от счетчика пройденного расстояния (спидометр на современном автомобиле) и кончая автоматом, отпускающим за монетку воду, были известны и осуществлены еще в древности.

Есть у Герона и описание интересного театра автоматов, где представление давали механические человечки, изображавшие богов, вельмож и рабов. Вот что пишет сам Герон об этом театре: «Представление автоматических театров пользовалось большой любовью, во-первых, потому, что в устройстве их проявлялось много механического искусства, а затем и потому, что и самое представление было поразительно... Устройство автоматов было таково. Делают храм или алтари умеренного размера, и они сами движутся и в определенных

местах останавливаются; затем каждая из находящихся в них фигур движется сама собой сообразно плану представления или содержанию легенды...» Заметим, что приводил в движение весь этот театр опускающийся груз.

Оставил Герон описание еще одной игрушки, придуманной им и называемой сейчас Геронов шар. В закрытый со всех сторон сосуд наливалась вода, и под ним разводился огонь. На сосуде устанавливался пустой металлический шар, который мог вращаться вокруг своего «экватора». На противоположных вершинах шара (на «северном» и «южном» полюсах) приделывались полые трубки, концы которых были загнуты под прямым углом в разные стороны. Когда в сосуде образовывался пар, он поступал внутрь шара, а оттуда со свистом и силой через трубки вырывался наружу. От этого шар начинал вращаться — тепловая энергия пара превращалась в механическую энергию движения шара.

Проходит пятнадцать столетий. Во времена нового расцвета науки и культуры, наступивших после мрачного периода средних веков, Леонардо да Винчи задумывается над тем, как можно было бы использовать тепловую энергию пара.

В его рукописи мы находим несколько рисунков с изображением цилиндра и поршня. Под поршнем в цилиндре находится вода, а сам цилиндр подогревается. Леонардо да Винчи полагал, что образовавшийся в результате нагрева воды пар, расширяясь и увеличиваясь в объеме, будет искать выход и толкать поршень вверх. Во время своего движения поршень мог бы совершать полезную работу. Великий ученый не предполагал, что через три столетия потомки используют эту идею в тепловых двигателях.

Примерно сто с лишним лет после Леонардо да Винчи другой итальянец, Джиованни Бранка, представлял себе двигатель, в котором использовалась бы энергия пара в другом виде. Это было колесо с лопатками, в которые с силой ударяла струя пара, благодаря чему колесо начинало вращаться. Забегая вперед, заметим, что этот принцип, а также принцип действия Геронова шара впоследствии будут использованы в замечательном двигателе, названном паровой турбиной.

Вот некоторые идеи, которые были известны к тому моменту, когда человек начал создавать не игрушечный, а настоящий рабочий тепловой двигатель, способный приводить в действие различные машины и механизмы.

НЕ ПОРОХ, А ПАР

В один из дней 1680 года несколько членов Лондонского королевского общества были приглашены на обед, который устраивали известный ученый, профессор Роберт Бойль и его ученик и друг Дени Папен.

Мы вспоминаем об этом обеде потому, что там впервые гостей угощали отличным рагу, приготовленным в специальной кастрюле, названной в честь ее изобретателя «папеновым котлом».

Это был закрытый сосуд с водой, под которым была устроена топка, где разводился огонь. Вода в сосуде закипала, и образовавшийся пар начинал давить на его стенки. Для того чтобы сосуд не разорвало, Папен устроил в верхней его крышке предохранительный клапан — пробку, закрывающую отверстие, которую прижимал рычаг с грузом. Когда давление в сосуде становилось слишком большим, пар приподнимал клапан и выходил наружу; давление падало, и клапан под тяжестью груза закрывался. Впоследствии предохранительный клапан в более усовершенствованном виде стал применяться во всех паровых установках.

Дени Папен изготовил этот котел для изучения свойств пара и попутно применил его на кухне для приготовления мясных блюд.

Мы должны с большим уважением относиться к этому котлу, потому что впоследствии он сделался очень важной частью нового двигателя. Он — прародитель всех современных котельных установок, вырабатывающих огромные количества пара на тепловых электростанциях.

Дени Папен был человеком необычной судьбы. Он родился во Франции в семье врача и сам стал врачом, получив прекрасное медицинское образование. Отец его мечтал о блестящей карьере сына, надеясь, что со временем тот займет должность королевского лекаря. Но этому не суждено было случиться. Встретившись в Парижской академии наук со знаменитым голландским ученым Христианом Гюйгенсом, молодой Папен, еще и раньше увлекавшийся различными техническими идеями, окончательно порывает с медициной. Он решает посвятить себя интереснейшей и важнейшей по тому времени области техники — изучению тепла и созданию тепловой машины. Под руководством Гюйгенса он начинает производить первые опыты, в которых использовался порох.

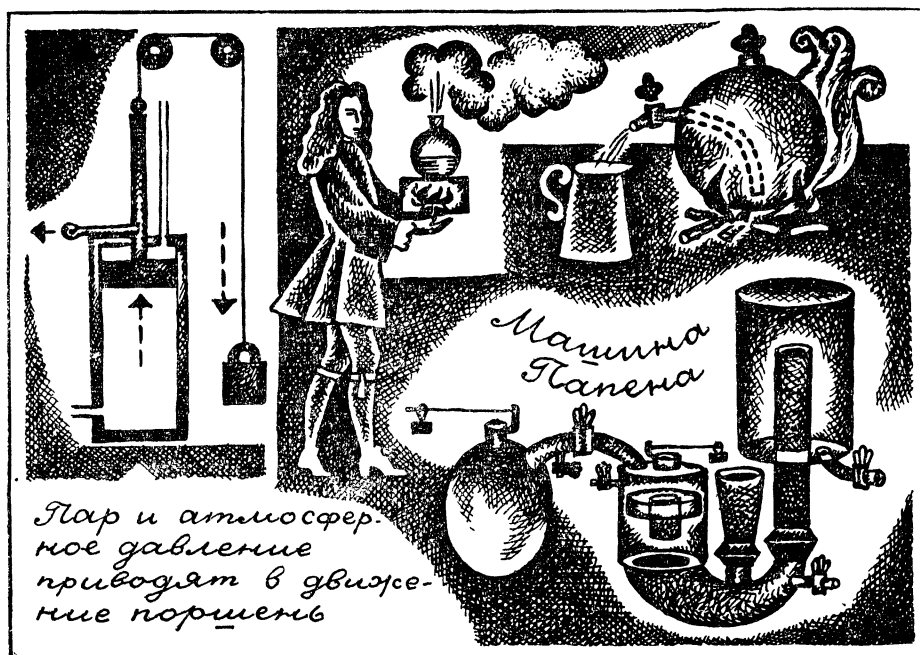
Папен построил цилиндр, по которому вверх и вниз мог свободно перемещаться поршень, связанный тросом, перекинутым через блок, с грузом, который тоже вслед за поршнем мог подниматься и опускаться.

По мысли Папена, поршень можно было связать с какой-либо ма-

шиной, например, водяным насосом, и тогда насос смог бы качать воду. В нижнюю, откидывающуюся часть цилиндра насыпался порошок, который затем поджигался. Образовавшиеся газы, стремясь расшириться, толкали поршень вверх. После этого цилиндр с наружной стороны начинали охлаждать холодной водой. Газы в цилиндре также охлаждались, и давление их на поршень уменьшалось. Поршень под силой собственного веса и наружного атмосферного давления опускался вниз, поднимая при этом груз. Двигатель совершал полезную работу.

Но, как понимали это и сами авторы, для практических целей он не годился. Немыслимо было каждый раз насыпать в цилиндр порошок, поджигать его, затем пускать воду, и так до бесконечности, пока двигатель работает. Кроме того, применение взрыва для поднятия поршня было далеко не безопасно.

Папен приходит к мысли, что для этой цели нужно использовать пар. Однако начатые работы приходится прервать. Папену, подвергнутому религиозным преследованиям, необходимо было покинуть



Францию. Он переезжает в Англию, где, как мы уже знаем, начинает серьезно заниматься изучением пара и строит свой котел.

Дальше судьба забрасывает его в Венецию, затем опять в Лондон и, наконец, в Германию. Здесь в Марбургском университете продолжается его работа над тепловым двигателем.

В новом двигателе Папен вместо пороха использовал воду. Вода наливалась под поршень, и цилиндр снизу начинали разогревать. Образующийся пар поднимал поршень. Затем цилиндр охлаждали, и весь находящийся в нем пар конденсировался — превращался снова в воду. Поршень, как и в случае порохового двигателя, под действием своего веса и атмосферного давления опускался вниз. Этот двигатель работал лучше, чем пороховой.

Но для практической работы он был также малоприспособленным: нужно было подводить и отводить огонь, подавать охлаждающую воду, ждать, когда пар сконденсируется, закрывать воду... Были еще хлопоты с отводом воздуха, остановкой поршня в крайних положениях... Эти недостатки были главным образом связаны с тем, что приготовление пара, необходимого для работы двигателя, происходило в самом цилиндре.

А что, если в цилиндр впускать уже готовый пар, приготовленный, например, в отдельном котле? Тогда достаточно было бы попеременно пускать в цилиндр то пар, то охлаждающую воду и двигатель работал бы с большей скоростью и с меньшим потреблением топлива.

Увы, Дени Папен этого не сделал, забыв свое же собственное изобретение — паровой котел. Об этом догадался современник Папена, англичанин Томас Севери, построивший паровой насос для откачки воды из шахты, в котором приготовление пара происходило вне цилиндра — в котле.

Применив впоследствии отдельный котел, Папен все же построил паровой двигатель, который он установил на небольшом судне. О достоинствах этого судна, которое, как легко можно догадаться, было первым пароходом, он писал своему другу, немецкому математику и философу Лейбницу. Говорят, что на этом пароходе он предпринял путешествие в Англию. Папен проплыл по реке Фульде несколько десятков миль. Люди сбегались со всех сторон, чтобы посмотреть на невиданное до сих пор «чудище», которое, пыхтя и извергая клубы дыма, само, без парусов и гребцов, двигалось по реке. У одного селения его встретили владельцы парусных судов и разломали в щепки пароход. Они боялись, что появление пароходов разорит их.

Но, независимо от того, действительно ли построил Дени Папен свой пароход или нет, его работы по созданию теплового двигателя были очень важны для всех последующих изобретателей.

Папен хотел создать универсальный двигатель, который мог бы

работать и на заводах, и на шахтах, и на судах. Но что самое главное — Папен положил начало появлению сразу двух видов тепловых двигателей: парового двигателя, или паровой машины, как ее называли, и двигателя внутреннего сгорания, без которого ни один современный автомобиль не смог бы сдвинуться с места. Ведь именно цилиндр, в котором пар двигал поршень, стал главной частью паровых машин, а принцип сгорания топлива внутри цилиндра, положенный в основу работы всех двигателей внутреннего сгорания (потому так и называемых), был применен Папеном в его пороховом двигателе.

Заметим еще, что паровая машина, работающая по принципу, предложенному Папеном, называется пароатмосферной машиной. В ней подъем поршня вверх производит пар, а ход поршня вниз происходит за счет атмосферного давления (на каждый квадратный сантиметр площади поршня давит столб атмосферы весом в один килограмм). Между двумя рабочими ходами поршня имеется довольно длительная пауза. Такой двигатель работает прерывисто.

Дени Папен умер в Англии, в 1714 году, в глубокой нищете, забытый всеми. Никто не знает, где он похоронен.

Только много лет спустя в его родном городе во Франции благодарные соотечественники поставили ему памятник: каменный изобретатель стоит в глубоком раздумье, заложив руку за борт камзола; другая рука его опирается на созданный им цилиндр.

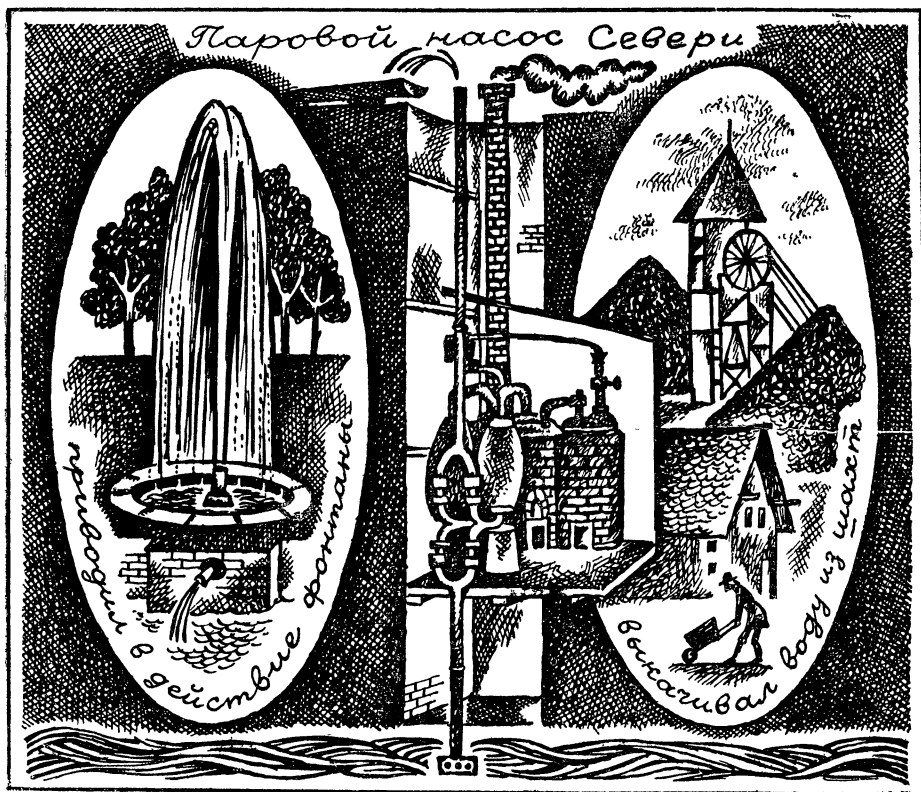
...Какой же двигатель предложил Томас Севери? Этот двигатель очень отличается от двигателя Папена. В нем не было цилиндра с поршнем, который бы при своем перемещении приводил что-то в движение. Правильнее было бы называть машину Севери паровым насосом. Интересным в нем было то, что именно в этом насосе пар, необходимый для его работы, приготавливался в отдельном котле.

Работал насос следующим образом. В котле, который непрерывно топили, вырабатывался пар. Котел соединялся трубой с насосным резервуаром. Открывая кран на этой трубе, можно было впускать пар в насосный резервуар. От резервуара отходили еще две трубы: одна — всасывающая — опускалась в шахту, другая — нагнетательная — проходила к сточному желобу.

Когда в резервуар впускали пар, он начинал выталкивать имеющуюся в нем воду по нагнетательной трубе в сточный желоб. Затем подачу пара прекращали и по специальной трубке впускали в резервуар холодную воду. Пар конденсировался — превращался в воду, которая занимала небольшой объем, и в резервуаре образовывалась «пустота», или «разряжение». Вода из шахты, вытесняемая атмосферным давлением, устремлялась по всасывающей трубе в «пустой» резервуар. На всасывающей и нагнетательной трубах были установлены клапаны — устройства, которые пропускали воду только из

шахты в резервуар и из резервуара в сточный желоб; в обратном направлении они воду не пропускали.

Это был уже вполне пригодный для практических нужд паровой насос. Применяли его для откачки воды из неглубоких шахт и рудников. Насос Севери был первой появившейся в России машиной, которая использовала для своей работы пар. По указанию Петра I такой насос был установлен в Петербурге в Летнем саду. Он наполнял водой напорный бак, из которого она поступала к фонтанам. Насос Севери называют иногда насосом Севери—Дезагюлье, добавляя имя французского ученого, занимавшегося его усовершенствованием. Однако все улучшения не избавляли насос от его недостатков: он был мало-мощный, «съедал» во время работы очень много топлива, работал прерывисто — вода откачивалась отдельными порциями. Его нельзя было использовать как универсальный двигатель для привода раз-



личных рабочих машин и механизмов, которые в большинстве своем требовали непрерывно работающего двигателя. Предпринимались попытки приспособить этот насос для непрерывной работы. Для этого его соединяли с водяным колесом. Паровой насос качал воду из нижнего бака в верхний, откуда она поступала на водяное колесо, заставляя его непрерывно вращаться. А уже от этого колеса могли приводиться в движение различные механизмы. Установка получалась громоздкой и дорогой. Она не могла, конечно, удовлетворить потребность промышленности в универсальном двигателе.

...Вслед за Севери английский кузнец Томас Ньюкомен со своим помощником Коули на одной из шахт Варвикшира строят паровую машину, также приспособленную для откачивания воды из шахты. В этой машине Ньюкомен очень умело использует многое из того, что было придумано до него. Он берет цилиндр с поршнем Папена, но пар для подъема поршня получает в отдельном котле, как это сделал Севери в своем паровом насосе.

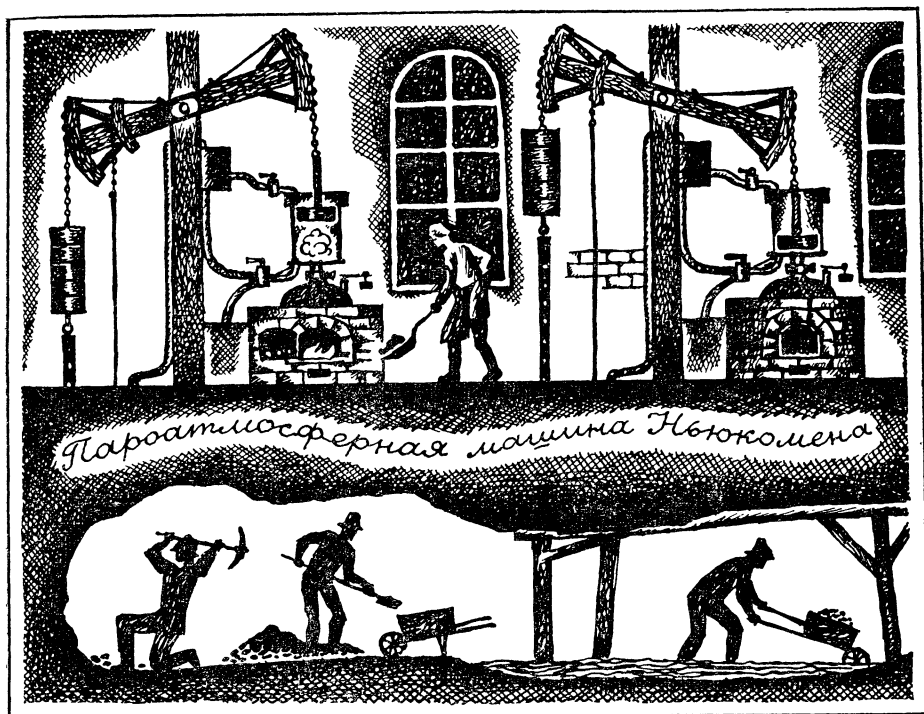
Когда поршень в цилиндре находился в нижнем положении, открывали кран, и поступающий в цилиндр пар начинал поднимать поршень вверх. Поршень через цепь и качающийся рычаг (балансир, как его называют) был связан со штангой водяного насоса, которая при ходе поршня вверх опускалась вниз.

Когда поршень доходил до верхнего положения, перекрывали кран, впускающий пар, и открывали другой кран, через который в цилиндр впрыскивалась холодная вода. Пар конденсировался, и поршень под действием атмосферного давления опускался вниз. Штанга водяного насоса при этом шла вверх, и насос откачивал очередную порцию воды. Далее все повторялось сначала.

По принципу действия это была уже знакомая нам пароатмосферная машина, в которой вверх поршень поднимался силой пара, а вниз опускался силой атмосферного давления. И, конечно, она не была еще универсальным двигателем, потому что не могла приводить в действие рабочие машины и механизмы, которые требовали для своей работы непрерывного движения.

Машина Ньюкомена так же, как и построенные до нее машины, работала прерывисто — между двумя рабочими ходами поршня была пауза и она была пригодна только для механизмов прерывного действия. Но Ньюкомен и не стремился создать универсальный двигатель. Он хотел сделать насос, которым можно было бы откачивать воду из глубоких шахт и который работал бы лучше насоса Севери. Это ему удалось.

Машина Ньюкомена была высотой с четырех-пятиэтажный дом. От своих предшественниц она унаследовала огромную «прожорливость»: пятьдесят лошадей еле-еле успевали подвозить ей топливо. Обслуживало машину в одну смену не менее двух человек. Один —



кочегар непрерывно подбрасывал топливо в «ненасытную пасть» котла, а второй — управлял кранами, впускающими пар и холодную воду в цилиндр. Это была очень тяжелая, изнурительная работа.

Стоит вспомнить рассказ об одном мальчике, которого звали Гемфри Поттер. Этот мальчик вынужден был зарабатывать сам себе на жизнь и работал с утра до ночи на машине Ньюкомена, открывая и закрывая краны. Однажды он задумался: «Нельзя ли как-нибудь отделаться от этой возни с кранами? Не смогла бы сама машина, когда ей надо, открывать и закрывать их? Я бы мог тогда хоть немного побегать по улице». Гемфри был сообразительным парнем. Он взял два куса проволоки и соединил ими паровой и водяной краны с балансиром. И балансир, поворачиваясь вслед за ходом поршня, в нужное время стал открывать и закрывать краны, так надоевшие Гемфри.

Скорее всего, что этот рассказ выдуман, и, возможно, сам Ньюкомен или другие механики придумали это устройство, конечно, в более усовершенствованном виде. Но еще долгое время это устройство называли «механизмом Поттера».

«...И БУДЕТ СОБСТВЕННЫХ ПЛАТОНОВ И БЫСТРЫХ РАЗУМОМ НЕВТОНОВ РОССИЙСКАЯ ЗЕМЛЯ РОЖДАТЬ...»

Паровые машины начали свое шествие по земле. Казалось, до создания универсального парового двигателя оставалось совсем немного. Нужно было только добиться, чтобы паровая машина могла приводить в действие не только механизмы прерывистого действия (например, водяные насосы), но и такие машины, как станки, у которых вал вращается непрерывно.

Однако понадобилось еще 50 лет, чтобы универсальный двигатель наконец был построен. Произошло это сначала не в Англии — стране, где наиболее бурно развивалась промышленность и много изобретателей трудилось над созданием парового двигателя, а в отсталой крепостной России, на одной из далеких ее окраин — Алтае.

На первый взгляд это может показаться странным. Почему — в России, где труд крепостных не имел никакой цены и чьи натруженные руки были самыми дешевыми двигателями? Неужели царское правительство так заботилось об облегчении каторжных условий работы крепостных крестьян на рудниках, плавильных заводах, шахтах? Конечно, нет.

Машины на предприятиях России в то время начали появляться благодаря усилиям отдельных выдающихся изобретателей. Они понимали огромное значение машин и стремились «...облегчить труд по нас грядущим...» и «...славы Отечеству достигнуть...» Чаще всего это были выходцы из простого народа — им особенно были близки и понятны его нужды.

Мы уже знаем о Кузьме Фролове, построившем на Змеиногорском руднике мощнейшие по тем временам водяные колеса.

В то же время на Алтае работал и другой гениальный русский изобретатель, солдатский сын Иван Ползунов. Ему-то и принадлежит честь создания проекта первого универсального парового двигателя. Иван Ползунов так же, как и Кузьма Фролов, учился в Екатеринбургской (сейчас это город Свердловск) горнозаводской школе. Эту школу создал Василий Татищев — питомец Петра I и первый начальник учрежденной на Урале Горной канцелярии. В школе обучали математике, началам механики, черчению, горному делу и набирали туда трудолюбивых мальчиков, хорошо окончивших начальную «словесную» школу. Ваня Ползунов попал в горнозаводскую школу (она еще называлась «арифметической») десяти лет от роду. Он очень хорошо учился, но окончить школу ему не довелось. Никита Бахарев, механик Горной канцелярии, забрал его к себе в помощники — «механическим учеником». В то время Ване Ползунову было всего

четырнадцать лет, и с этого дня началась его трудовая жизнь. Шесть лет набирается опыта у Никиты Бахарева его ученик. За это время они строят на рудниках водоподъемные и рудоподъемные машины, пильные мельницы и много других сооружений.

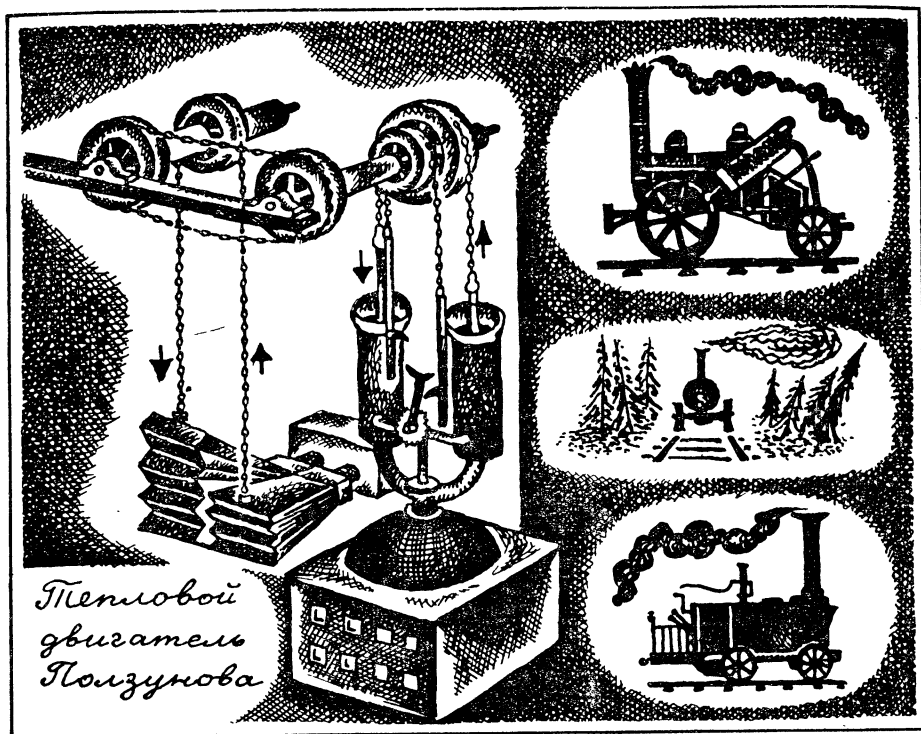
В двадцать лет Ползунов направляют на самостоятельную работу в Барнаул. Здесь находились принадлежавшие царской казне рудники, в том числе и уже известный нам Змеиногорский рудник и несколько заводов, выплавлявших серебро.

На Барнаульском плавильном заводе Ползунов и построил свою «огнедействующую» машину. Изобретение это было делом всей его жизни, и можно сказать, что оно стоило ему жизни. «Механикус» Ползунов, такое звание пожаловала ему императрица Екатерина, подорвав свое здоровье тяжелой работой, не дожил недели до пуска своего детища.

...Работал Ползунов чрезвычайно много. Жажда знаний у него была огромная. После тяжелого трудового дня долгими ночами просиживал он за книгами, изучая физику, механику, металлургию, горное и строительное дело, природу теплоты, и самостоятельно завершил свое образование. Длительный и упорный труд сделал его одним из самых технически образованных людей своего времени.

Ползунов лучше многих понимал, что невозможно уже довольствоваться водяным двигателем, хотя недалеко в Змеиногорске Фролов продолжал их совершенствовать и достиг немалых успехов в этом. Нужен двигатель для заводов и рудников, расположенных далеко от реки, на которых труд крепостных был особенно невыносимо тяжелым. Он предвидел большое будущее такого двигателя и потому поставил перед собой цель создать его.

В апреле 1763 года Ползунов заканчивает расчеты машины и подает проект на рассмотрение. В отличие от паровых насосов Севери и Ньюкомена, о которых Ползунов знал и недостатки которых он ясно понимал, это был проект универсальной паровой машины непрерывного действия. Машина предназначалась для воздуходушных мехов, нагнетающих воздух в плавильные печи. Главной ее особенностью было то, что рабочий вал качался непрерывно, без холостых пауз. Это достигалось тем, что Ползунов в своей машине предусмотрел вместо одного цилиндра, как это было в машине Ньюкомена,— два попеременно работающих. Пока в одном цилиндре поршень под действием пара поднимался вверх, в другом цилиндре пар конденсировался и поршень шел вниз. Оба поршня были связаны с одним общим рабочим валом, который они поочередно поворачивали то вправо, то влево. От рабочего вала качательное движение передавалось мехам — они то надувались, то сжимались. В этой машине рабочий ход осуществлялся не за счет атмосферного давления, как в машине Ньюкомена, а за счет работы пара в цилиндре машины. Усилия от двух поршней



как бы складывались на общем валу, отчего машина должна была работать непрерывно.

Долго рассматривался проект Ползунова. И когда пришло из Петербурга высочайшее разрешение на ее постройку, в нем предлагалось проект машины упростить и, что самое главное, отказаться от общего вала для двух цилиндров. Машину начали строить как двухцилиндровую пароатмосферную машину, в которой поршни каждого цилиндра были связаны с собственным балансирам, как в машине Ньюкомена. Строительство ее было связано с огромными трудностями. Нелегко было, не имея специальных станков, изготовить цилиндры в три метра высотой, с ровной внутренней поверхностью и поршни, которые бы плотно прилегали к стенкам цилиндра. Все делали сами: построили станки, изготовили инструмент, научились работать на этих станках. Не хватало материалов. Вместо чугунного котла пришлось изготовить котел из клепаных медных листов, а это вызывало большие опасения — выдержит ли он давление пара. Трудно бы-

ло изготовить и все другие части машины, которых насчитывалось больше сотни, и вес иных из них составлял несколько десятков пудов.

На эту поистине титаническую работу ушло два года. Весной 1766 года ученики Ползунова — Дмитрий Левзин, Федор Овчинников, Иван Черницын и Петр Вятчин, спустя неделю после похорон своего учителя, испытали машину.

Она работала в течение 43 суток и приводила в движение мехи трех плавильных печей. Потом котел дал течь; кожа, которой были обтянуты поршни, чтобы уменьшить зазор между стенкой цилиндра и поршнем, истерлась, и машина остановилась навсегда. Больше ею никто не занимался.

Ползунов умер, когда ему было всего 38 лет. Вскоре о нем забыли. Судьба гениального изобретателя не была исключением в царской России.

«УВЕЛИЧИЛ СИЛЫ ЧЕЛОВЕКА»

И только спустя двадцать лет после Ползунова английский механик Джеймс Уатт, судьба которого сложилась счастливее, чем у многих изобретателей, построил универсальный паровой двигатель, завоевавший сначала Англию, а потом весь мир.

Мы говорим о счастливой судьбе Джеймса Уатта не потому, что он легко, без труда, благодаря случайному совпадению различных обстоятельств, построил свой двигатель. Нет, все было совсем не так, как рассказывалось впоследствии в сложенных о нем различных историях. Так, в одной из них упоминалась тетя Уатта, которая, как-то уходя по своим делам, велела племяннику присмотреть за кастрюлей с супом. Но Джеймс так увлекся видом прыгающей крышки, что не заметил, как суп весь выкипел. И хотя он получил хорошую взбучку, этот случай с супом и тетей, когда он впервые наблюдал силу пара, привел его к изобретению универсального парового двигателя.

Со времени, когда Уатт впервые занялся паровым двигателем, до 1784 года, когда он построил универсальную паровую машину двойного действия, ученым был пройден длинный двадцатилетний путь, отмеченный огромным трудом.

Уатт оказался счастливее многих других изобретателей потому, что ему не только удалось построить и организовать производство своих двигателей, но и увидеть, как они начали быстро распространяться по земле и совершили переворот в промышленности. На его

глазах рушилось старое мелкое производство с водяными колесами и ветряками. Он стал свидетелем того, как задымили трубы фабрик и заводов, на которых его паровые машины приводили в действие сотни различных станков.

На могиле Уатта в Вестминстерском аббатстве (Уатт прожил 83 года), где хоронят выдающихся людей Англии, сделана надпись: «Увеличил силы человека». Справедливо было бы расценивать эту надпись и как признание заслуг всех предшественников Уатта, потому что свой двигатель он построил не на пустом месте. В этом заслуга и Дени Папена, и Севери, и Ньюкомена, и Ползунова, и многих других изобретателей. Если бы в царской России чтили память своих изобретателей, то думается, что Ползунов за свое изобретение и жизненный подвиг заслужил в дополнение к словам, начертанным на памятнике Уатта, такие слова: «...и отдал жизнь во имя человека».

Какой же двигатель предложил Уатт? Что заимствовал он от уже известных до него двигателей и что изобрел сам? Каким путем он шел к своему изобретению?

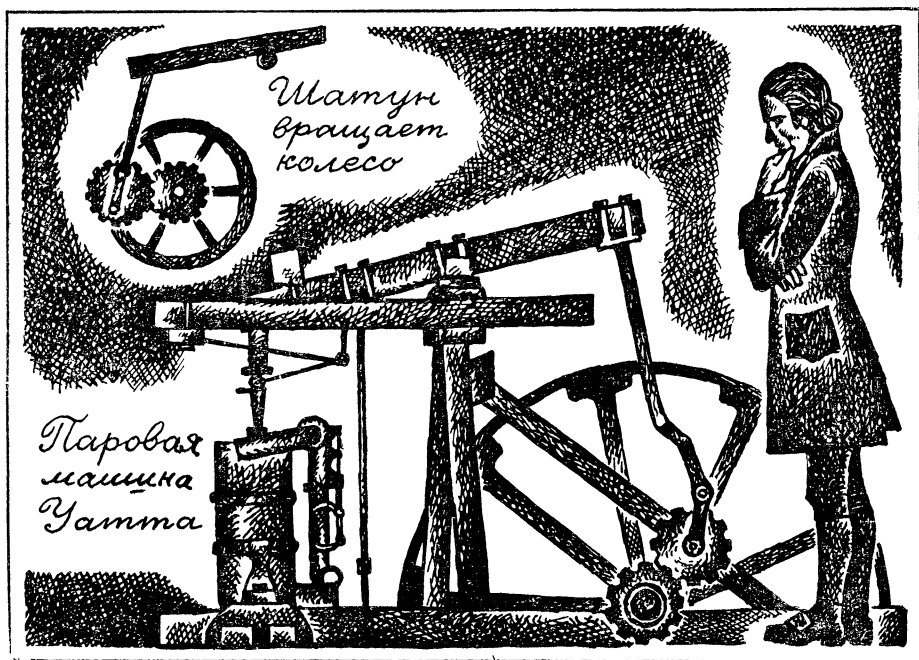
Работать над паровым двигателем Уатт начал в 1763 году, в том году, когда Ползунов закончил проект своей универсальной машины. В то время Уатту было уже 27 лет и он слыл опытным механиком. Его попросили отремонтировать модель парового насоса Ньюкомена, которую демонстрировали на лекциях по физике студентам университета в Глазго. Справившись довольно быстро с починкой модели, он на всю жизнь «заразился» паровой машиной.

В насосе Ньюкомена его внимание привлекла «прожорливость» этой машины. Топлива уходило очень много, пара в котле получалось, казалось бы, достаточно, а вот в цилиндре его не хватало: поршень двигался медленно, не делая нужного числа ходов. В чем же тут дело? Много времени и сил потратил Уатт на разрешение этой загадки. И решил ее.

Мы уже знаем, что рабочий ход в насосе Ньюкомена осуществлялся за счет атмосферного давления, которое перемещало поршень вниз. Но предварительно нужно было сконденсировать пар под поршнем, и для этого туда впрыскивалась холодная вода. Вода не только конденсировала пар, но и охлаждала цилиндр. А кроме того, она частично успевала испариться. Это дополнительное количество пара и тормозило поршень при движении вниз. И только когда цилиндр сильно охлаждался, поршень мог полностью опуститься вниз. Для того чтобы охлаждение цилиндра происходило быстрее, приходилось впрыскивать как можно больше холодной воды. Но что же тогда получалось при обратном ходе поршня, когда под него поступал пар? Этот пар, соприкасаясь с охлажденными стенками цилиндра, конденсировался и не совершал никакой полезной работы по перемещению поршня. Так длилось до тех пор, пока стенки цилиндра не разогре-

вались. Тогда продолжавший поступать пар начинал двигать поршень вверх. Вот, оказывается, куда девалась часть пара! Она непроизводительно тратилась на разогрев охлажденного цилиндра, а это стоило лишнего топлива. Разогрев и охлаждение цилиндра происходили непрерывно, при каждом ходе поршня. И получалось, что сколько топлива не жги, сколько пара в котле не вырабатывай, а в цилиндре его все равно не хватит — часть пропадает.

Поняв это, Уатт зашел в новый тупик. Казалось, что в насосе Ньюкомена заложен неустранимый недостаток: для того чтобы насос работал, необходимо попеременно охлаждать и снова нагревать цилиндр, а с этим неизбежно связана потеря части тепла. Задача выглядела неразрешимой. После долгого и мучительного поиска решение, как это иногда бывает, пришло неожиданно. Вот что рассказывает об этом сам Уатт в своих воспоминаниях. «Это было возле Глазго, я вышел на прогулку около полудня. Был прекрасный день. Я проходил мимо старой прачечной, думая о машине, и... в голову пришла мысль, что пар — упругое тело и легко устремляется в пустоту. Если соединить цилиндр с резервуаром с разреженным воздухом, то пар устремится туда и цилиндр не надо будет охлаждать...»



Если Севери догадался кипятить воду и приготавливать пар не в самом цилиндре, а в отдельном котле, то Уатт пришел к выводу, что охлаждать пар нужно также не в цилиндре, а в отдельном резервуаре, который получил название «конденсатор».

Итак, первое, что изобрел Уатт после своих предшественников, был конденсатор. Он представлял собой соединенный с цилиндром простой резервуар с разреженным воздухом. Внутри конденсатора было много трубок. По трубкам пропусклась холодная вода. Пар, поступавший в конденсатор из цилиндра, соприкасался с холодными трубками и конденсировался. Благодаря конденсатору цилиндр оставался все время горячим, и это позволяло расходовать меньше пара и экономить топливо.

Продолжая совершенствовать насос Ньюкомена, Уатт столкнулся с новыми трудностями. В этом насосе цилиндр сверху оставался открытым, и атмосферное давление непосредственно воздействовало на поршень. Между поршнем и стенкой цилиндра имелись неплотности (зазоры), через которые пар вырывался наружу. Для того чтобы этого избежать, над поршнем сверху наливали слой воды. Теперь же, когда был придуман конденсатор, эта вода мешала: проникая через те же зазоры под поршень, она не только ухудшала переход пара из цилиндра в конденсатор, но и дополнительно охлаждала цилиндр.

Напрашивалось решение: избавиться от воды над поршнем и для того, чтобы пар не выходил через неплотности, закрыть сверху цилиндр. Но тогда машина перестанет работать, потому что поршень окажется изолированным от внешней атмосферы.

Опять тупик... и опять находка. Уатту приходит счастливая мысль. А нельзя ли заменить атмосферное давление давлением пара? Нужно закрыть цилиндр сверху и впускать пар попеременно под поршень и над ним. Тогда машина из пароатмосферной превращается в чисто паровую, в которой оба хода поршня вверх и вниз совершаются за счет давления пара на поршень. Правда, рабочим по-прежнему, как и в машине Ньюкомена, оставался только ход поршня вниз, ход вверх был нерабочим.

Перед изобретателем открылись новые пути увеличения мощности машины. Если в насосе Ньюкомена мощность можно было увеличивать путем увеличения площади поршня (за счет увеличения диаметра цилиндра), то в новой машине этого можно было добиться и путем увеличения давления пара.

И еще одно новшество придумал Уатт для насоса Ньюкомена. Он поместил цилиндр в деревянный футляр, куда подавался пар. Эта «паровая рубашка» также помогала сохранять цилиндр горячим.

Итак, первые изобретения Уатта были связаны с насосом Ньюкомена. Поэтому свою первую паровую машину он так и называл «Усовершенствованная машина Ньюкомена».

Новая машина заинтересовала предпринимателей. Уатт берет на нее патент — документ, дающий исключительное право распоряжаться своим изобретением. Патент помечен датой: «5 января 1769 года». Вскоре ему удастся организовать производство этих машин.

Была ли эта машина способна приводить в действие любые станки и механизмы? Нет, пока еще это только водоотливная машина — насос. Лучше, чем ее предшественники, но все же только насос. Вместе с тем в ней были скрыты возможности, которые через 15 лет превратили водоотливную машину в универсальный паровой двигатель. Для этого Уатту прежде всего пришлось придумать, как превратить колебание балансира, который сообщал насосу движение то вверх, то вниз, в непрерывное вращение вала или колеса, от которого в свою очередь могли бы вращаться станки и другие механизмы, требующие для своей работы вращательного движения. Для этого был применен так называемый кривошипно-шатунный механизм. Он состоит из шатуна (шатающаяся тяга) и кривошипа (кривой шип). Кривошип закреплен на валу колеса и может вращаться вместе с ним. Шатун одним концом связан с балансиром, а другим концом с кривошипом. Когда поршень машины начинал колебать балансир, то шатун передавал это колебание кривошипу, свободный конец которого начинал описывать круги. Вместе с кривошипом начинало вращаться колесо и жестко связанный с ним вал.

Потом было придумано «двойное действие» машины. Применив вместо цепной передачи от поршня к балансиру жесткую тягу (она называется штоком) и подавая поочередно пар то под поршень, то над ним, Уатт превратил оба хода поршня вверх и вниз в рабочие. Машина стала мощнее. Пар в верхнюю и нижнюю часть цилиндра подавал специальный парораспределительный механизм, который впоследствии был усовершенствован и назван «золотником».

Затем Уатт пришел к выводу, что не обязательно все время, пока поршень движется, подавать в цилиндр пар. Достаточно впустить какую-то порцию пара и сообщить поршню движение, а дальше этот пар начнет расширяться и перемещать поршень в крайнее положение. Это сделало машину экономичней: меньше требовалось пара, меньше расходовалось топлива.

И наконец Уатт придумал еще и так называемый центробежный регулятор, который сам, автоматически, то увеличивал, то уменьшал подачу пара в цилиндр, в зависимости от того, больше или меньше мощности требовали приводившиеся в движение от парового двигателя станки и механизмы.

Все эти введенные Уаттом усовершенствования и превратили его паровой насос в универсальный паровой двигатель, рождения которого так долго ждали.

Впоследствии много конструкторов продолжало работать над тем, как сделать паровую машину более надежной и экономичной. Со временем машины стали выпускать с горизонтальным расположением цилиндра без балансиров, в которых поршень связывался непосредственно с кривошипно-шатунным механизмом.

Итак, что нового дал Уатт по сравнению со своими предшественниками? Он изобрел конденсатор, превратил качание балансира во вращение вала, изобрел способ двойного действия машины и создал центробежный регулятор подачи пара.

На долю Джемса Уатта выпала задача завершить многолетний труд многих изобретателей, стремившихся создать, говоря словами Ползунова, «огненную машину, способную по воле нашей что будет потребно исполнять».

Уатт с этой задачей справился блестяще.

ЭКИПАЖ, КОТОРОМУ ЛОШАДЬ НЕ НУЖНА

Паровая машина Уатта удовлетворила многие нужды бурно развивающейся промышленности. Но без двигателя пока еще оставался транспорт. Машина Уатта была слишком громоздкой и неспособной «к езде».

Над двигателем для транспорта работали другие изобретатели.

В том же 1763 году, когда Ползунов выполнил проект своего парового двигателя, а Уатт впервые взял в руки модель парового насоса Ньюкомена, в Париж приезжает Никола Жозеф Кюньо — французский военный инженер, многие годы живший за границей.

Кюньо обращается в военное министерство с предложением построить «паровую телегу» для перевозки пушек. Неожиданно скоро он получает разрешение и деньги на постройку своей машины. Кроме того, его предупреждают, что в Швейцарии такой же работой занят лейтенант Планта и что надо обязательно опередить его.

Для постройки своего двигателя Кюньо избрал другой путь, чем тот, по которому шли изобретатели универсального парового двигателя. Он придерживался мнения, что паровая машина может обойтись и без конденсатора. Можно пар из цилиндра выбрасывать прямо наружу, в атмосферу. Но для этого его давление должно превышать атмосферное давление. А это в свою очередь требовало, чтобы пар, поступающий из котла в цилиндр, также имел гораздо большее давление, чем в паровой машине с конденсатором. По расчетам Кюньо, поступающий в цилиндр пар должен был превышать атмосферное давление в пять-десять раз. В то время это было сложной задачей,

потому что не умели еще строить котлы и цилиндры, выдерживавшие столь высокие давления.

Заслуга Кюньо состоит в том, что он первый построил паровую машину высокого давления без конденсатора.

В 1769 году состоялись испытания «паровой телеги». На испытание был приглашен и лейтенант Планта. Он высоко отозвался о проекте Кюньо, который послало ему на отзыв военное министерство Франции.

Довольно неуклюжего вида телега на трех колесах, спереди которой возвышался котел, с невообразимым шумом и грохотом сделала почти три круга по двору парижского арсенала. Телегу вел сам Кюньо, а сзади него стояли Планта и еще два пассажира. Скорость телеги была невелика: всего пять километров в час. Приводила ее в действие паровая машина с двумя цилиндрами. Движение поршней с помощью кривошипно-шатунного механизма и цепей передавалось на переднее колесо. Колесо начинало вращаться, и телега приходила в движение.

Машина простояла пятнадцать минут, и после того, как давление



пара в котле вновь поднялось, она тронулась и, сделав опять три круга — это заняло десять минут времени, — вновь остановилась. Присутствовавшие на испытаниях зрители поздравили Кюньо с успехом, а военный министр объявил ему благодарность и предложил заниматься дальнейшим совершенствованием «паровой телеги».

Впоследствии Кюньо добился, что «телега» возила за собой по двору арсенала пушку, довольно успешно преодолевая ухабы на дороге.

Неожиданно военный министр, покровительствовавший Кюньо, был смещен. Работу из-за отсутствия денег пришлось прекратить. Вскоре об изобретателе забыли.

«Паровая телега» Кюньо случайно сохранилась и находится сейчас в Парижском музее искусств и ремесел.

Кюньо дожил до тех дней, когда начали строить паровозы. О его машине тогда мало кто знал, и другие изобретатели не избежали многих неудач, которые в свое время познал Кюньо.

...Вести из Европы в Америку в те времена доходили не скоро. Часто случалось, что в разных местах изобретатели работали над одним и тем же, а иногда изобретали уже изобретенное.

Можно полагать, что ученик каретного мастера Оливер Ивенс из небольшого американского городка Ньюпорт, задумавший заставить экипажи, которые он ремонтировал, передвигаться без лошадей, ничего не знал о двигателях Ньюкомена, Ползунова, Уатта и о «паровой телеге» Кюньо.

Лишь потом, когда он самостоятельно пришел к мысли об использовании силы пара, он узнал, что в Англии работают паровые насосы Ньюкомена.

Построить паровой экипаж Ивенсу так и не довелось. Всю жизнь ему сопутствовали неудачи, а за свои смелые идеи и одержимость он снискал славу сумасшедшего.

Его идеи настолько опережали время, в которое он жил, что люди отказывались его понимать. Им казались фантастически невозможными утверждения изобретателя, которые он приводил в своих проектах. «Я не сомневаюсь, — писал Ивенс, — что мои машины будут гнать суда по реке Миссисипи против течения и двигать экипажи по дорогам... Наступит время, когда в паровых экипажах можно будет передвигаться из города в город со скоростью птиц...»

Значение работ Ивенса было понято после его смерти, когда американцы, убедившись на деле, что паровые двигатели прочно вошли в жизнь, объявили его «американским Уаттом».

Заслуга Ивенса состоит в том, что он создал паровую машину двойного действия, работавшую без конденсатора на высоком давлении. В 1784 году ему удается взять на нее патент. Но, не имея денег

и не находя понимания и поддержки, Ивенс не может начать строить свою машину.]

Новые идеи беспрестанно рождаются в его беспокойной голове. Год спустя он предлагает проект парового экипажа, но вместо выдачи патента его объявляют больным «паровой болезнью». Везде, куда бы не обращался Ивенс, он наталкивался на глухую стену недоверия.

Лишь однажды счастье улыбнулось ему. Администрация Филадельфийской гавани поручила ему построить землечерпательную машину. Это была замечательная машина. Она могла передвигаться и по воде и по суше. Ивенс назвал ее «Амфибия». Паровой двигатель высокого давления изобретатель установил в лодке, а сама лодка имела ходовые колеса для передвижения по суше. Когда лодка работала на воде, очищая дно гавани, то двигатель приводил во вращение землечерпательное колесо. При передвижении по суше двигатель вращал ходовые колеса.

Ивенс независимо от Уатта построил свой двигатель как машину двойного действия, где пар подавался в обе части цилиндра: под поршень и над поршнем — и оба хода поршня были рабочими. Управляло распределением пара специальное парораспределительное устройство, но не такое, как в машинах Уатта.

Испытание машины проходило при огромном стечении народа. Немногие из стоявших в толпе понимали важность того, что они видели, и уж, наверное, все они не предполагали, что дальнейшее бурное развитие американской промышленности будет связано с этим паровым чудищем.

Успех «Амфибии» принес Ивенсу немного денег, позволивших ему открыть собственные мастерские, в которых он организовал производство своих двигателей. Кроме того, ему удалось напечатать книгу «Руководство машиностроителя», где он описал все свои проекты. Эта книга впоследствии принесла немало пользы многим изобретателям.

Ивенс построил около пятидесяти двигателей. Все они были предназначены для приведения в действие мельниц и различных станков. Интересно, что отсутствие конденсатора у таких паровых машин не являлось их достоинствами. Ведь громоздкий конденсатор, если он устанавливался не на «паровой телеге», а, как говорят, стационарно, на земле, не служил особой помехой. В то же время он позволил бы сделать двигатель более мощным и экономичным, потому что при выбросе пара не в атмосферу, а в конденсатор лучше используется тепло пара и не нужно преодолевать сопротивление воздуха. А это означает, что пар в цилиндре может совершить большую полезную работу и для этого не потребуется дополнительного топлива.

Такая мысль галантливому Ивенсу в голову не пришла. Уатт впоследствии соединил в паровой машине и высокое давление и кон-

денсатор. Но к этому он пришел постепенно, путем повышения давления в своих первых машинах.

Ивенс умер в 1819 году, не выдержав очередного несчастья, свалившегося на него. Во время пожара сгорели его мастерские. Это окончательно сломило силы изобретателя.

Ивенса по праву можно считать одним из основоположников строительства паровых двигателей в Соединенных Штатах Америки.

...Тринадцатилетнему сыну управляющего рудниками в небольшом английском городке Кембрене Ричарду Тревитики никто не запрещал осматривать и трогать руками различные рудничные машины и механизмы. Напротив, ему охотно все показывали и объясняли.

Особенно мальчик подружился с инженером Вильямом Мердоком, помощником Джемса Уатта. Он устанавливал на руднике, где работал отец Ричарда, паровую машину. Эта дружба во многом определила жизненный путь Тревитика.

Юный Ричард стал ближайшим помощником инженера.

Позже Мердок устраивает его учеником на завод Уатта и Болтона, где работал сам. К девятнадцати годам Тревитик становится хорошим специалистом по паровой технике.

Тревитики принадлежит заслуга в создании двигателя высокого давления без конденсатора. Кроме того, он является изобретателем парового экипажа. На оба эти изобретения он получил патенты. Его бесконденсаторный двигатель высокого давления был меньше машины Уатта и в то же время мощнее, чем она.

На первых порах случай чуть было не подорвал доверие к изобретению. Взрыв одного из двигателей, происшедший по вине машиниста, позволил конкурентам Тревитика поднять вокруг машины шумиху и вызвать недоверие к изобретателю. Но, несмотря на это, двигатели высокого давления Тревитика все же строились и находили применение в промышленности.

Самоходный экипаж был изготовлен в 1802 году, и это был первый паровой автомобиль, который с десятью пассажирами проехал по улицам Кемброна. Для экипажа был построен специальный двигатель, в котором цилиндр располагался горизонтально и движение поршня при помощи зубчатых колес и кривошипно-шатунного механизма передавалось на задние ведущие колеса. Переднее небольшое колесо служило рулем. С этой повозкой так же, как и с паровым двигателем высокого давления, произошло несчастье — он сгорел. Пожар произошел по недосмотру самого Тревитика. Однажды он оставил экипаж, забыв погасить огонь в топке. Вода вся выкипела, котел раскалился, и карета вспыхнула.

Вскоре Тревитик строит новый экипаж, но привлечь к нему внимание покупателей ему не удается. Самоходный экипаж никого не

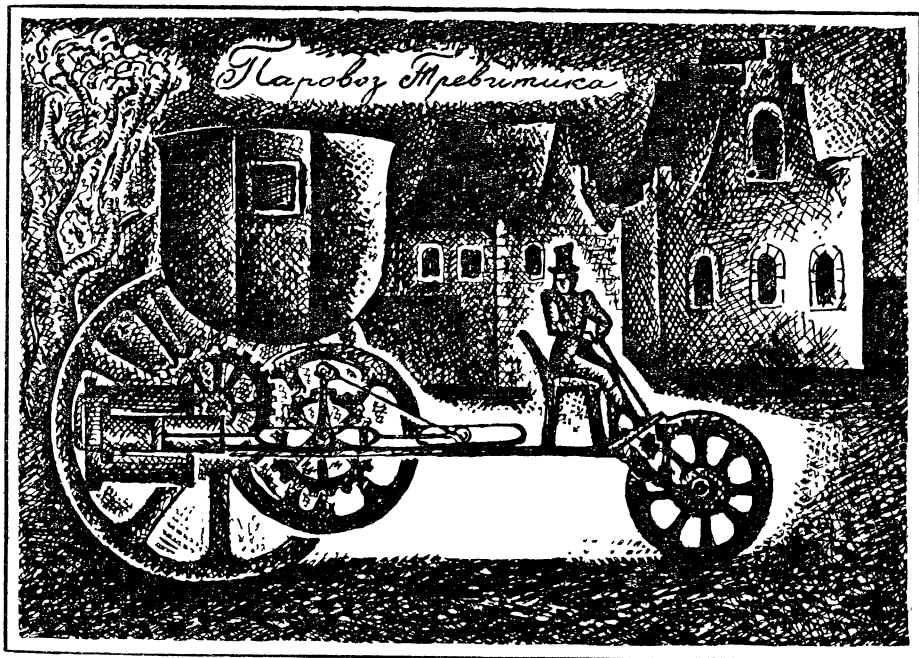
интересует: он не умеет передвигаться по плохим дорогам, а хороших дорог в то время в Англии еще не было.

Первыми над улучшением дорог задумываются владельцы рудников и угольных копей. Им нужно было вывозить много руды и угля, и они искали способы, как это легче, быстрее и дешевле сделать. Появляются настиленные деревянные дороги и дороги с деревянными рельсами. Потом деревянные рельсы заменяются чугунными, по которым ходили «конные поезда».

Неутомимый Тревитик приходит к мысли: а что, если паровой экипаж поставить на рельсы и заставить его возить вагонетки с углем или рудой? Так, паровой автомобиль, который не мог существовать без хороших дорог, превращается в паровоз, предназначенный для перевозки промышленных грузов.

Идея изобретателя находит горячую поддержку у владельца железнодорожного завода Самуэля Гомфрея. Он не жалеет денег на постройку паровоза.

Испытание этого первого в мире паровоза происходило в феврале 1804 года.



Паровоз прошел расстояние в десять километров со скоростью около восьми километров в час. Он доставил с завода на пристань четыре вагона с железом весом в десять тонн и пятьдесят человек рабочих. Двигатель паровоза размещался на раме с четырьмя колесами. Движение поршня передавалось ведущим колесом при помощи кривошипно-шатунного механизма и зубчатых колес.

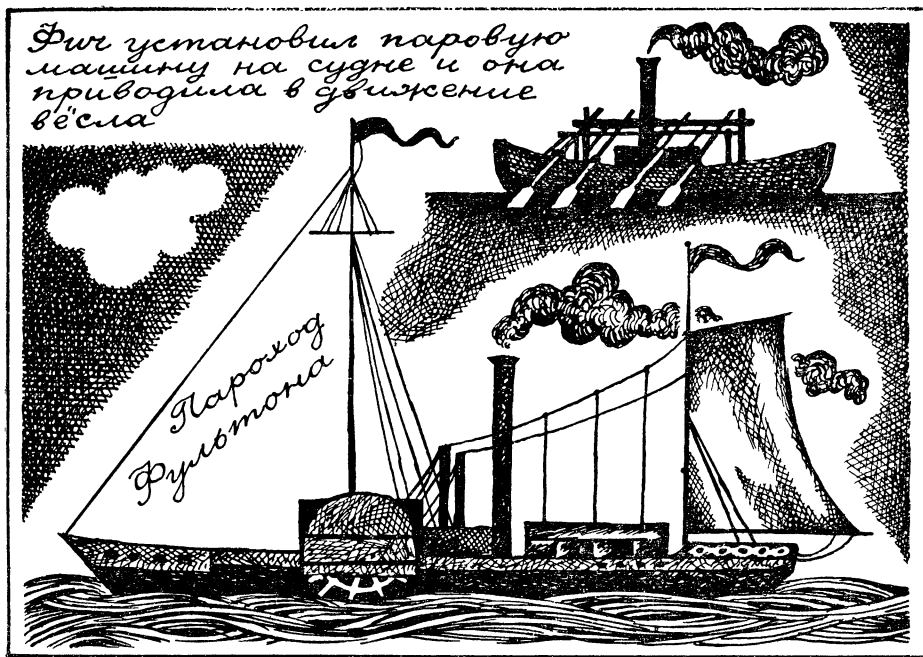
В том же году Тревитик принялся за постройку нового, более усовершенствованного паровоза (первый паровоз он оставил Гомфрею, который, кстати говоря, в основном использовал его на своем заводе как стационарную паровую машину).

Тревитик решает познакомить с паровозом широкую публику. С этой целью он строит в Лондоне показательную железную дорогу. На «железного коня» ходили смотреть, о нем много говорили, писали, но... покупать никто не покупал. А вскоре из-за чистой случайности — лопнувшего рельса, паровоз опрокинулся и разбился. Рассердившись на лондонцев за непонимание практической ценности своего изобретения, Тревитик продал его на металлолом и больше никогда паровозом не занимался, хотя в этом втором паровозе изобретатель воплотил некоторые технические новшества. Он отказался от махового колеса и зубчатой передачи, соединив шток поршня прямо через кривошипно-шатунный механизм с ведущими колесами. Он применил также предварительный подогрев воды, поступавший в котел, и улучшил тягу в дымовой трубе, пустив в нее часть отработанного пара. Все это делало машину более совершенной и экономичной.

Тревитик не вошел в историю как изобретатель паровоза, хотя и был одним из первых его создателей. С изобретением паровоза обычно связывают имя соотечественника Тревитика — Джорджа Стефенсона, успешно испытавшего в 1829 году свою «Ракету». «Ракета» на испытаниях прошла пятьдесят три километра с грузом в тридцать тонн, со скоростью около тридцати километров в час. В истории техники не раз случалось, что изобретателем считался не тот, кто первым изобрел какую-либо машину, а тот, кто сумел ее широко распространить. Конечно, паровоз Стефенсона — отец всех впоследствии созданных паровозов, значительно и выгодно отличался от паровоза Тревитика. Но ведь идею создания паровоза Тревитик воплотил в металле на двадцать пять лет раньше Стефенсона.

Тревитик не значится также изобретателем парохода, хотя проект судна с паровой машиной был им разработан и представлен военному ведомству.

С изобретением парохода связаны имена американцев: Джона Фича, построившего в 1787 году весельный пароход, в котором паровая машина приводила в движение весла; Джемса Рамзея, построившего в те же годы пароход, который приводился в действие водяной струей, выбрасываемой с кормы паровым насосом; Роберта Фульто-



на, построившего в 1800 году во Франции подводную лодку «Наутилус» (он проплыл на ней под водой двадцать пять километров), которую не сумел оценить Наполеон. Позже в Америке, в 1807 году, Фультон построил пароход «Клермонт», совершавший регулярные рейсы между городами Нью-Йорк и Олбени по реке Гудзон.

Мы не рассказываем подробно о создании паровоза и парохода, потому что в этой книге мы договорились вести речь только о двигателях. А двигатели, которые устанавливали на своих паровозах и пароходах Стефенсон и Фультон, были те же паровые двигатели Уатта, с которыми мы уже познакомились.

Но вернемся к Тревитику. Чтобы закончить разговор о нем, мы должны сказать, что он относится к людям, прокладывающим в технике новые пути, по которым впоследствии другие изобретатели в других обстоятельствах двигаются с большим успехом. Еще много разных проектов и предложений выдвигал этот беспокойный, творчески неистощимый и одаренный изобретатель. Но ничто не находило поддержку: то его проекты казались ненужными, то дорогими, то неосуществимыми.

Тревитик умер в 1833 году и был похоронен на «кладбище нищих» в небольшом городке Дартфорде. Спустя много лет, когда стали ясны и признаны заслуги Тревитика и англичане захотели воздать ему должное, могилу изобретателя разыскать не удалось.

КАРНО, СЫН КАРНО

Паровую машину создавали талантливые изобретатели. Некоторые из них имели инженерное образование, многие были механиками-самоучками, а иные и вовсе не имели никакого отношения к технике, но однажды «заболев» паровой машиной, полностью отдавали себя нелегкому изобретательскому труду.

Это были люди практического склада. Большинство из них мало представляло, что происходит в паровой машине, каким законам подчиняется ее работа. Они не знали теории тепловых двигателей и, как теперь бы сказали, изобретали впотьмах, на ощупь.

Это понимали многие и в первую очередь сторонники научного подхода к созданию машин.

В том же 1784 году, когда Уатт получил патент на универсальную паровую машину двойного действия, известный французский механик и математик, философ и поэт, член Конвента и один из Директоров республики Лазарь Карно пишет в одном из сочинений: «Заметьте, какое количество ручной работы может быть сбережено в промышленности, когда будут лучше знать теорию тепла. Я имею основание думать, что эта теория произведет изумительный переворот в промышленности...»

Основателем этой теории, положившей начало науке, названной «термодинамикой», стал его сын — Сади Карно, который спустя сорок лет после приведенных высказываний отца написал небольшую брошюру под названием: «Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу».

Эта тоненькая книжечка была издана в Париже в 1824 году небольшим тиражом. Сади Карно в том году исполнилось еще только двадцать восемь лет. Книжечка оказалась единственным сочинением Сади Карно, сочинением столь же удивительным и значительным, как и сам ее автор.

Сади Карно родился в 1796 году и до шестнадцати лет учился дома под руководством своего отца, сумевшего привить сыну широту взглядов и склонность к точным наукам. Затем талантливый юноша два года учится в Парижской политехнической школе и в восемнадцать лет получает диплом инженера.

Дальнейшая жизнь и деятельность Сади была связана с армией. Имея много свободного времени, он мог заниматься всем, что его интересовало. А интересы его были обширны. Он знал и любил искусство — музыку, литературу, живопись, театр, и в то же время страстно увлекался математикой, химией, физикой, технологией.

С раннего детства у него была развита склонность к обобщениям — умение за разрозненными фактами и явлениями увидеть нечто общее, объединяющее их. Будучи инженером, он хорошо знал устройство паровой машины и отчетливо видел все ее недостатки. Он понимал, что до сих пор создатели паровой машины мало задумывались над законами, которые управляют тепловыми процессами. Вместе с тем за время создания и совершенствования парового двигателя накопилось много фактов, никем еще не продуманных и не обобщенных.

Молодой инженер ставит перед собой цель разобраться в тепловых явлениях, происходящих в паровом двигателе, попытаться вывести общие законы, которым подчиняется работа теплового двигателя. И ему первому удастся это сделать.

Сади Карно несомненно был выдающейся личностью своего времени, хотя его современники, да и он сам этого не подозревали. Впервые мир узнал о его заслугах много лет спустя из высказываний великого английского физика Вильяма Томсона (лорда Кельвина), который на своих лекциях назвал Карно гениальным ученым. Впоследствии Томсон и выдающийся немецкий физик Рудольф Клаузиус, создавая современную термодинамику, обобщили выводы Сади Карно в виде строгого закона, получившего название второго начала термодинамики.

О чем же писал Карно в своей тоненькой книжке, принесшей ему бессмертную славу?

Карно рассмотрел в ней законы превращения теплоты в работу, или, как говорят, законы превращения тепловой энергии в механическую, и показал, как нужно строить тепловые двигатели, чтобы они были более мощными и в то же время экономичными, то есть потребляли бы как можно меньше топлива.

Его выводы были общими и касались не только известных ему поршневых паровых машин, но вообще любых двигателей, использующих для своей работы тепловую энергию (нам предстоит еще познакомиться с этими двигателями). Прежде всего он установил, что тепло может переходить только «...от тела с более высокой температурой к телу с менее высокой температурой...» и, когда температура обоих тел сравняется, наступает тепловое равновесие.

Далее, тепло может быть превращено в механическую работу, если на пути тепла поставить какое-либо устройство, в котором часть

этого переходящего тепла использовалась бы, например, для расширения пара или газа,двигающего поршень. При этом наибольшее количество полезной работы может быть получено в том случае, если разность температур тел, между которыми происходит переход тепла, будет наибольшей.

Тогда Карно делает вывод: всякий тепловой двигатель, в котором тепло превращается в механическую работу, должен иметь два температурных уровня — верхний (источник тепла) и нижний (охладитель-конденсатор); кроме того, в таком двигателе должно находиться вещество — это может быть не обязательно пар, — способное изменять свой объем при нагревании и охлаждении и тем самым превращать тепло в механическую работу, перемещая поршень в цилиндре. Такое вещество называется «рабочим телом». Для того чтобы паровой двигатель совершил наибольшую механическую работу, нужно, чтобы температура и давление рабочего тела — пара, вводимого в цилиндр, были как можно большими, а температура и давление пара, отводимого в конденсатор, — наименьшими.

Кроме того, Карно указал, как лучше подводить тепло к рабочему телу, как лучше расширять это рабочее тело, как лучше отводить от него тепло и как лучше вновь подготовить рабочее тело к расширению. Эти указания были настолько точными, что если бы удалось построить тепловой двигатель, работающий в соответствии с рекомендациями Карно, — такой двигатель был бы идеальным: в нем почти все тепло при переходе от источника к охладителю превращалось бы в механическую работу, не теряясь на теплообмен с окружающей средой.

Такая работа двигателя названа в термодинамике работой по идеальному циклу Карно. По тому, как далеко отклоняется работа любого теплового двигателя от работы по циклу Карно, судят о совершенстве этого двигателя: чем больше цикл двигателя похож на цикл Карно, тем лучше в таком двигателе используется теплота.

Вместе с маленькой книжечкой Сади Карно в жизнь вошла новая наука — наука о теплоте. Создатели тепловых двигателей стали «зрячими». Они могли уже конструировать тепловые двигатели с открытыми глазами, не блуждая на ощупь в потемках. В их руках оказались законы, по которым нужно строить двигатели. Эти законы легли в основу совершенствования не только паровых машин, но и всех тепловых двигателей на многие годы вперед вплоть до наших дней.

Нам остается добавить, что жизнь этого талантливого французского инженера и ученого оборвалась очень рано. Он умер от холеры в 1832 году, тридцати шести лет от роду. Все его личное имущество,

в том числе и ценнейшие рабочие тетради, было сожжено. Садик Карно оставил человечеству только одну маленькую книжицу, но и ее оказалось достаточным, чтобы сделать его имя бессмертным.

КОНЕЦ ОДНОГО ГОСПОДСТВА

...Казалось, ничто не могло «омрачить жизнь» и остановить «триумфальное шествие» паровой машины по земле. Она совершила промышленный переворот, прочно вошла в жизнь бурно развивающейся промышленности, оказала величайшую услугу капитализму в его победе над феодально-крепостным строем.

У паровой машины было много «родителей» и «наставников», которые ее «растили и пестовали». Их трудом и заботами паровая машина совершенствовалась, становилась более экономичной. Если в начале XIX века Уатт строил машины мощностью до 50 лошадиных сил, то сто лет спустя, к началу XX века, уже стали строить паровые машины мощностью 6—8 тысяч лошадиных сил. Но... несмотря на все старания многих талантливых изобретателей, инженеров и конструкторов паровая машина была «больна» с самого дня своего рождения неизлечимой болезнью. Она была невероятно прожорлива, то есть неэкономична.

У первых машин Уатта только 2—3% тепловой энергии превращалось в полезную механическую работу. Остальное тепло или топливо вылетало в трубу. И хотя у паровых машин, построенных позже, «показатели» были лучше, все равно они не могли соперничать с другими, более экономичными двигателями.

Кроме того, паровая машина была громоздка и тихоходна. Новые станки, механизмы, машины требовали для себя двигатели с большими оборотами. Повышать обороты у паровой машины оказалось невозможным. Мы помним, что вращательное движение на валу паровой машины получалось с помощью кривошипно-шатунного механизма, который превращал возвратно-поступательное движение поршня во вращательное движение вала. При повышении оборотов этот механизм, а также другие части машины не выдерживали и ломались. Неудобной была передача, соединяющая паровую машину со станками. Обычно паровая машина приводила в действие группу станков. Вал паровой машины проходил через весь цех, и от него при помощи ремней вращение передавалось станкам. В таком цехе был сплошной лес ремней, и передача эта была очень невыгодной и громоздкой.

Окончательно паровой машине пришлось отступить, когда встал

вопрос, чем же приводить во вращение электрические генераторы, вырабатывающие электрическую энергию на электростанциях. Но об этом мы будем говорить немного позже.

Последнее пристанище паровая машина нашла на паровозах и пароходах. Вместе с ними она и доживает свой век, потому что на смену паровозам и пароходам пришли тепловозы, электровозы, дизель-электроходы, турбоэлектроходы.

Нам в своем рассказе немного грустно расставаться с паровой машиной. Мы попытались окинуть взглядом трудности ее рождения и становления, мы чуть-чуть познакомились с судьбами некоторых замечательных людей, ее создававших, мы увидели, какую услугу она оказала человечеству, и вот теперь сразу же заговорили о ее кончине.

Но жалеть не надо. Этот двигатель послужил людям верой и правдой полтора столетия. Он многому научил человека и подсказал ему пути создания новых двигателей. Мы должны относиться к паровой машине с уважением — она славно потрудились и ушла на заслуженный отдых.

Сегодня паровая машина полностью уступила место другим двигателям.

НЕ ПАР, А ГАЗ

Одним из первых «врагов» паровой машины, который начал подкладывать под нее «мину» еще в период ее «расцвета и могущества», был двигатель, ведущий свою родословную от абсолютно неработоспособного порохового двигателя Папена.

Почему же у паровой машины уже тогда стали появляться соперники?

Дело в том, что владельцев мелких мастерских, а их в то время было очень много, паровая машина не устраивала. Для нескольких станков, которыми были оборудованы эти мастерские, необходим был небольшой экономичный двигатель, для которого не нужно было бы строить специальное машинное помещение и содержать машинистов и кочегаров, как этого требовала паровая машина.

Кроме того, мы помним, что и проблема транспорта еще не была разрешена. Автомобилю, предназначенному для передвижения по безрельсовым дорогам, невозможно было возить за собой паровой котел, воду и каменный уголь.

Жизнь требовала, чтобы наряду с достаточно мощной паровой машиной был создан и другой двигатель — легкий, удобный, без ко-

тельной установки. Но это означало, что он должен работать без... пара.

...Вряд ли подозревал Папен, отказываясь от опытов с порохом, что из его рук ускользает принцип действия совершенно нового двигателя, называемого в настоящее время двигателем внутреннего сгорания.

Конечно, самому Папену и другим изобретателям, работавшим после него, было ясно, что порох в качестве топлива для двигателя не годится. Папен после неудачи с порохом пришел к мысли о паре и стал работать над паровой машиной. Но сегодня мы понимаем, что существовал и другой путь. Достаточно было найти топливо, которое легко можно было бы вводить в цилиндр; при сгорании этого топлива должен образовываться расширяющийся газ, способный приводить в движение поршень.

Однако понадобилось еще 200 лет, после первых опытов Папена, для создания такого двигателя. Первым топливом для него оказался светильный газ, открытый французским инженером Филиппом Лебоном и впервые примененный им в 1801 году для освещения отеля «Севинье» в одном из парижских предместьев. Лебон предложил также первый промышленный способ получения светильного газа. Газ можно было выделять в больших количествах из древесных опилок или каменного угля, воздействуя на них высокой температурой без доступа воздуха. Вскоре светильный газ начал широко использоваться для освещения и отопления городов.

Думая о других областях применения светильного газа, Лебон создал проект газового двигателя. По его замыслу такой двигатель ничем не отличался от паровой машины. Только вместо пара в цилиндр должен был подаваться светильный газ. В определенные периоды времени газ поджигался. Образующиеся при этом газы должны были перемещать поршень. Но построить свой двигатель Лебону не довелось. Этому помешала внезапная смерть.

Одним из первых построил газовый двигатель Жак Этьен Ленуар, официант ресторана в Сен-Дени (пригород Парижа). Нас уже не должно удивлять, что никому не известный официант, не имеющий, казалось бы, никакого отношения к технике, вдруг создает очень важную машину и становится всемирно известным изобретателем.

Мы помним, что бурно развивавшаяся промышленность возбуждала в умах людей множество новых технических идей и многие талантливые и увлеченные люди бросали свои дела и начинали заниматься изобретательством.

Нельзя сказать, что Ленуар бросил свою работу в ресторане, движимый чистым желанием обогатить технику. Его увлечение скорее всего было связано с желанием быстро разбогатеть и прославиться. Не имея никакого специального технического образования, он, бла-

годаря своей пытливости и настойчивости, неплохо разбирался в технических вопросах, волновавших мелких предпринимателей — основных посетителей ресторана в Сен-Дени. Каждый день газеты приносили сенсационные известия о различных изобретениях, приносивших славу, почет и богатство их создателям. Если верить газетам, то все было легко и просто. Все дело в случае: повезет или не повезет. И Лемуар слепо верил в этот случай.

Возможно, Лемуар так и остался бы пустым мечтателем, каких во все времена хватало с избытком, если бы в дальнейшем он не занялся самообразованием.

Покинув ресторан, он переходит на работу в небольшую эмалировочную мастерскую. Там он быстро выдвигается среди других рабочих своей технической сообразительностью и деловитостью. А когда ему удастся скопить немного денег, он открывает собственную мастерскую. Став владельцем мелкой мастерской и испытав всю тяжесть конкурентной борьбы с крупными предприятиями — заводами и фабриками, Лемуар сам остро почувствовал необходимость в небольшом двигателе для мастерских.

Он понимает, что если такой двигатель удастся построить, то это как раз и откроет путь к заветной мечте о богатстве и славе.

И Лемуар решает попробовать. Мысль его все время вертится вокруг паровой машины. Цилиндр с поршнем, кривошипно-шатунный механизм — все это было привычным, проверенным и, казалось, не нуждалось ни в какой замене. Вот только бы освободить цилиндр от пара, и тогда можно было бы отказаться от котла.

Нужно сказать, что к тому времени идея замены пара светильным газом как бы носилась в воздухе и волновала многих изобретателей. Мы знаем уже, что сам Лебон — «отец» светильного газа — составил проект такого двигателя. Кроме того, еще до Лемуара в разных странах Европы было выдано несколько десятков патентов на газовые двигатели.

Работу над своим двигателем Лемуар и начал с изучения этих патентов.

Его предшественники, как он вскоре убедился, копировали паровую машину, заменяя в ней только пар светильным газом. От этого не отступил и Лемуар, но он придумал зажигать газ в цилиндре электрической искрой. Вот что он сам заявлял в своем патенте, взятом в 1870 году: «Мое изобретение заключается в том, чтобы применять светильный газ в смеси с атмосферным воздухом, зажигая его электричеством, и получать таким образом движущую силу через нагревание и значительное расширение газовой смеси». Постройку двигателя Лемуар ведет вместе с Маринони, владельцем небольшого заводика в Париже. Маринони оказался очень хорошим компаньоном, так как был человеком, знающим технику, и оказал самоучке

Ленуару большую помощь. Испытания двигателя прошли успешно. Работал он следующим образом.

Если привести в движение поршень, то в цилиндр через всасывающий клапан поступала смесь газа с воздухом. Примерно на половине пути поршня всасывающий клапан закрывался, и через запальник в смесь посылалась электрическая искра. Происходил взрыв смеси, и поршень продолжал движение благодаря давлению расширяющихся газов. В конце хода поршня открывался выхлопной клапан, через который удалялись отработанные газы. Затем, когда при помощи кривошипно-шатунного механизма поршень менял направление движения на обратное, открывался другой всасывающий клапан, через который начиналось новое всасывание смеси. Далее цикл повторялся. Для подачи искры на запальник служил специальный электрический прибор с батареей, дававший искру в нужный момент.

Окрыленные успехом компаньоны поспешили создать двигателю шумную рекламу. Газеты запестрели заметками, в которых сверх всякой меры расхваливались достоинства нового двигателя.

Но достоинства оказались явно раздутыми. Двигатель был чрезвычайно прожорливым и потреблял газа в три раза больше, чем это обещали изобретатели. Необходимо было продолжать работу и совершенствовать двигатель.

С первым успехом Ленуар стал превращаться в самодовольного человека, купающегося в лучах своей славы. Немало усилий стоило Маринони вернуть его к работе.

И тут-то Ленуар нашел в себе силы понять, что полная победа может прийти только через глубокие знания, которых ему всегда не хватало. Он с горечью начинает понимать, что, не имея собственных теоретических познаний, он вместе с патентами своих предшественников впитал в себя, а затем перенес на конструкцию двигателя все их ошибки и просчеты. А между тем, имея хороший арсенал знаний, можно было этого избежать.

Много лет понадобилось Ленуару, чтобы наверстать упущенное. Годы упорных занятий, размышлений и опытов позволили ему улучшить конструкцию двигателя и несколько повысить его экономичность. Но все равно газовый двигатель Ленуара был далек от совершенства. В самых лучших двигателях только 5% тепловой энергии потребляемого газа превращалось в полезную работу. Мощность их не превышала 10 лошадиных сил.

Звезда этого двигателя, который все же довольно широко распространился среди мелких мастерских, закатилась в 1867 году, когда на Всемирной Парижской выставке был выставлен новый, более экономичный газовый двигатель. Двигатели Ленуара быстро начали сходить со сцены. С ними вместе был забыт и Ленуар.

ЧЕТЫРЕ ТАКТА

На Всемирной Парижской выставке в 1867 году было представлено более десятка различных газовых двигателей. Главное место занимали двигатели Ленуара. Несмотря на то, что их прозвали «пожирателями газа», они при хорошем уходе работали вполне сносно. Да, кроме того, у мелких предпринимателей, покупавших эти двигатели, и выхода другого не было — конкуренты Ленуара предлагали им не лучшие двигатели. Сознавая все это, Ленуар не беспокоился за судьбу золотой медали — главного приза выставки. Он полагал, что приз у него в кармане.

Но вот жюри провело испытания, и неожиданно оказалось, что один из выставленных двигателей потреблял газа в три раза меньше, чем двигатель Ленуара, да и смазочного масла для него требовалось в несколько раз меньше.

Золотая медаль была присуждена этому двигателю, представленному немецкой фирмой «Отто и К^о». Построили этот двигатель коммерсант Отто и инженер Ланген. Николаю Отто было уже около тридцати лет, когда он впервые прочел в газете статью, восторженно восхваляющую на все лады двигатель Ленуара. Этому двигателю предсказывалось великое будущее: он проникнет на транспорт, поможет человеку подняться в воздух и будет применяться во всех отраслях промышленности. В статье указывалось на выгоды, которые получают те предприниматели, кто начнет выпускать эти двигатели. Статья заканчивалась призывом автора: «Конец паровым машинам!»

Прочитанное произвело на Отто большое впечатление. До этого времени он работал продавцом, конторщиком, бухгалтером. Машин он не знал и никакого отношения к ним не имел. Изю дня в день он добросовестно занимался своими торговыми делами и считался в своем кругу человеком, стоящим на хорошем пути.

А между тем в душе этого прилежного коммерсанта все время жила неудовлетворенность. Ему хотелось приложить свои силы к чему-то стоящему, и в мечтах своих он уносился гораздо дальше своего невысокого положения, занимаемого в жизни. К тому же он был достаточно практичным человеком и понимал, что усовершенствование и производство двигателей, столь нужных всем, дело хорошее и перспективное.

И вот Отто, к недоумению всех своих друзей, не имея никакой технической подготовки, зная о газовом двигателе Ленуара не больше, чем писалось в газетах, решает заняться этим делом. Приняв решение, он с головой уходит в учебу и работу. На небольшом опытном двигателе, отличавшемся от двигателя Ленуара только способом ввода в цилиндр горючей смеси и отводом отработанных газов, он

начинает производить опыты. И здесь обнаружилась одна замечательная особенность Отто. Не имея представления о настоящей научной работе и постановке опытов, у него в работе проявился подлинно научный подход. Многократно в разных количествах вводил он в цилиндр светильный газ и воздух и при разных положениях поршня производил взрыв смеси. Все результаты тщательно записывал, изучал и обобщал. Он искал условия, при которых бы двигатель работал наилучшим образом: потреблял меньше газа и развивал большую мощность. Вскоре Отто убеждается, что взрывать смесь надо в самом начале хода поршня, а не в середине хода, как это делал Ленуар. Затем он приходит к своему главному открытию — перед тем как произвести взрыв смеси в цилиндре, необходимо ее предварительно сжать; именно при этом условии можно получить большую работу.

Отто, сам того не подозревая, подтвердил предвидение Карно и других инженеров, знающих термодинамику. Результаты его опытов показали истинную причину неудач всех предшественников, работавших над газовым двигателем. Их неудачи заключались не в конструктивном несовершенстве машин (хотя они и были), а в неумении создать наивыгоднейшие условия работы двигателя, или, как говорят, в неумении определить наивыгоднейший режим его работы.

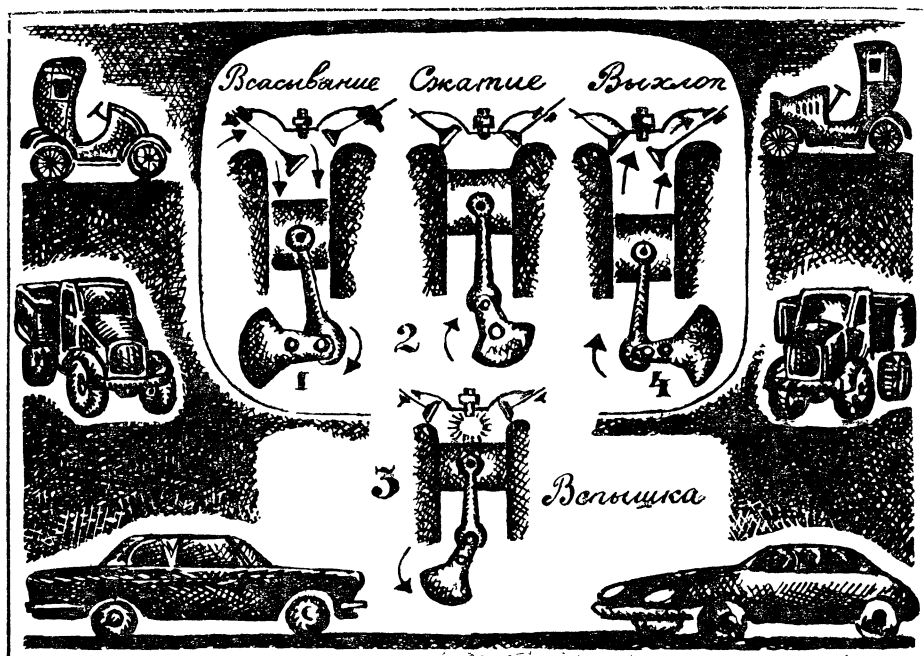
Не понял этого и сам Отто. Своим открытием он воспользовался только много лет спустя, когда, став хорошим теплотехником, построил четырехтактный двигатель, принесший ему мировую славу.

А пока... все его усилия вылились в создание атмосферного газового двигателя. На этот двигатель Отто берет патент. Вместе с очень способным инженером Лангеном они организуют фирму «Отто и К^о». Как мы уже знаем, двигатель, построенный ими, получил золотую медаль Всемирной выставки.

В этом двигателе один ход поршня осуществлялся за счет сгорания смеси светильного газа и воздуха, а другой ход — рабочий, за счет атмосферного давления. Это был известный нам еще со времен Папена принцип атмосферной машины. Двигатель превращал в полезную работу до 14% тепловой энергии подведенного к нему газа.

Более высокие, чем у других двигателей, экономические показатели и золотая медаль Всемирной выставки принесли ему признание. Двигатель начали покупать. Компаньоны расширяют производство. Недалеко от Кельна в местечке Дейтц завод «Отто—Дейтц» начал серийный выпуск новых двигателей.

Однако предприятие испытывает много трудностей. Над Отто все время висит угроза краха. Огромную помощь фирме оказал приглашенный для работы в качестве главного инженера Готлиб Даймлер. Прекрасный организатор производства и хороший инженер, он сумел сделать предприятие прибыльным.



Наступает 1878 год. В Париже открывается третья Всемирная выставка. Посетители выставки, интересующиеся двигателями, смогли убедиться, что фирма «Отто—Дейтц» все эти годы не дремала. Расширяя непрерывно производство атмосферных газовых двигателей, она сумела разработать новый двигатель внутреннего сгорания прямого действия. Это был одноцилиндровый четырехтактный газовый двигатель, созданный Отто с помощью Лангена и Даймлера.

Цилиндр двигателя располагался горизонтально на массивной плите. Поршень цилиндра был связан посредством шатуна с коленчатым валом двигателя, который превращал возвратно-поступательное движение поршня во вращательное движение вала двигателя. На валу двигателя было установлено маховое колесо, благодаря которому двигатель работал равномерно, без ударов. От главного коленчатого вала двигателя через шестерни приводился во вращение небольшой вспомогательный валик, с помощью которого в нужные моменты производилось открытие и закрытие всасывающих и выхлопных окон в крышке цилиндра. Рабочий процесс двигателя получил название

«цикла Отто» (Отто запатентовал его в 1877 году). По этому циклу двигатель работал в четыре приема, или четыре такта.

Сначала, когда внешним усилием, например, поворотом маховика, поршню сообщалось движение вниз, происходил процесс всасывания: через открытое всасывающее окно в цилиндр поступала рабочая смесь — газ с воздухом. Это был первый такт — всасывание.

Затем, когда коленчатый вал поворачивался на половину полного оборота и начиналось движение поршня вверх, всасывающее окно закрывалось и происходило сжатие рабочей смеси. К моменту подхода поршня к верхнему крайнему положению смесь сжималась примерно до одной пятой первоначального объема. Это был второй такт — сжатие. В это же время в небольшом промежутке между крышкой цилиндра и поршнем, когда он занимает верхнее крайнее положение, называемом камерой сжатия, зажигалась электрическая искра, от которой взрывалась рабочая смесь. Под действием расширяющихся газов поршень с силой направлялся вниз. При этом совершался рабочий ход двигателя: поворачивался вал. Это был третий такт — расширение (рабочий ход). И, наконец, когда поршень, достигнув крайнего нижнего положения, вновь начинал движение вверх, открывалось выхлопное окно, через которое происходило удаление из цилиндра отработанных газов. Это был четвертый такт — выхлоп.

Далее цикл повторялся, но уже не надо было, как в самом начале при пуске двигателя, поворачивать от руки маховик с валом. Он вращался теперь сам. В этом двигателе из четырех ходов поршня один был рабочим. Благодаря предварительному сжатию, удалось повысить мощность газового двигателя и сделать его более экономичным по сравнению с другими. В четырехтактном двигателе в полезную работу превращалось до 18% тепловой энергии подведенного газа. Новый двигатель начал быстро вытеснять атмосферные и другие менее совершенные двигатели.

Фирма «Отто—Дейтц» процветала.

Что же касается самого Отто, то ему пришлось пережить большое потрясение, от которого он не смог оправиться до конца своих дней (он умер в 1891 году).

Вскоре после того как по патенту Отто в разных странах началось производство четырехтактных двигателей и он стал получать денежные отчисления за использование его патента, против него было возбуждено судебное дело.

Нашлось немало людей, которые стали оспаривать право Отто называться изобретателем этого двигателя. Суду доказывали, что принцип предварительного сжатия и работа двигателя в четыре такта были известны до Отто. Оказывается, в 1862 году французский профессор Бо де Роша выпустил брошюру, в которой описал принцип предварительного сжатия и работу четырехтактного двигателя.

Между прочим, на возможность увеличения мощности двигателя за счет предварительного сжатия рабочей смеси указывал и русский инженер Павел Кузьминский, поделившийся в том же 1862 году на страницах журнала «Морской сборник» своими соображениями по этому поводу.

По патентным правилам новым считалось только то, что не было ни описано и ни заявлено. Претензии к Отто широко поддерживались фирмами, которые выпускали его двигатели и совсем не желали платить деньги за использование патента. Эти фирмы были заинтересованы в аннулировании патента Отто.

Изобретатель оказался втянутым в судебный процесс с наследниками Бо де Роша. Время и силы уходили на бесплодное оспаривание предъявляемых исков.

Враги Отто добились аннулирования его патентов. Теперь двигатели Отто могут беспрепятственно строить все, не платя ничего изобретателю.

Нужно сказать, что дела фирмы «Отто—Дейтц» от этого не пострадали. Завод имел множество заказов.

Однако сам Отто забросил творческую работу, растратив оставшуюся жизнь на доказательство самостоятельности и независимости своих изобретений.

Заслуги Николая Отто несомненны. Несмотря на то, что идеи, которые он воплотил в своем двигателе, были высказаны еще до него, и независимо от того, взял ли он их готовыми или пришел к ним сам (в этом вопросе нет полной ясности), именно ему первому, а не предшественникам, которые в основном ограничились изложением своих идей на бумаге, удалось построить работоспособный двигатель. Этот двигатель не только заменил все известные до него газовые двигатели, но и проложил дорогу новым двигателям, без которых невозможно было бы обходиться в наши дни.

КТО ЗАМЕНИТ ГАЗ?

Нетрудно догадаться, что до появления двигателя, который превратил бы простую телегу в автомобиль и поднял в небо самолет, оставалось совсем немного. Четырехтактный газовый двигатель Отто удовлетворил в какой-то мере потребности мелких мастерских. Но для того чтобы этот двигатель мог широко быть применен на транспорте, ему нужно было избавиться от... газа. Ведь для получения газа необходимы были громоздкие газогенераторные установки или специальные газовые заводы. Это препятствовало не только примене-

нию газового двигателя на транспорте, но и мешало также широкому распространению его в промышленности. Не везде газовые заводы имелись, и не все могли обзаводиться дорогостоящими газогенераторными установками. Подобно тому, как в свое время нашли заменитель пара и пришли к созданию газового двигателя, так теперь нужно было найти заменитель газа для четырехтактного двигателя Отто. Им оказалось жидкое топливо — бензин и керосин.

...В один из декабрьских дней 1879 года в Петербурге капитан русского флота, энтузиаст воздухоплавания Огнеслав Костович рассказывал в кругу друзей о своем проекте двигателя для управляемого воздушного корабля. Присутствовал здесь и выдающийся русский ученый Дмитрий Иванович Менделеев.

Зачем Костовичу понадобилось заниматься конструированием нового двигателя? Всего год назад в Париже на Всемирной выставке получил широкое признание четырехтактный газовый двигатель Отто. Почему бы не использовать его? Но дело в том, что для задуманного дирижабля этот двигатель не годился: слишком много места требовали баллоны с газом и слишком тяжелым был сам двигатель. И Костович предлагает свой двигатель внутреннего сгорания, работающий на бензине. Менделеев поддержал изобретателя. Он помог собрать необходимые средства, и Костович приступил к работе. Это был очень интересный двигатель. При весе в 240 килограммов он развивал мощность в 80 лошадиных сил. Другими словами, на одну лошадиную силу мощности двигателя приходилось всего три килограмма веса. В те времена это было замечательным достижением.

Двигатель имел четыре цилиндра, в каждом из которых перемещалось по два поршня. Сжатие рабочей смеси происходило тогда, когда поршни в цилиндре сходились. После подачи электрической искры рабочая смесь воспламенялась и поршни под давлением расширяющегося газа расходились (рабочий ход). Штоки всех поршней были связаны с валом двигателя и приводили его во вращение. Рабочая смесь, поступавшая в цилиндры, состояла из легких паров бензина и воздуха. Приготовление рабочей смеси происходило в специальном устройстве, которое в последствии стали называть карбюратором. Конечно, это не был еще карбюратор современного автомобиля, но в нем также происходило испарение бензина и смешивание его паров с воздухом. В цилиндр через впускной клапан рабочая смесь поступала уже в приготовленном виде.

Двигатель Костовича был одним из первых двигателей внутреннего сгорания, работавший на жидком топливе.

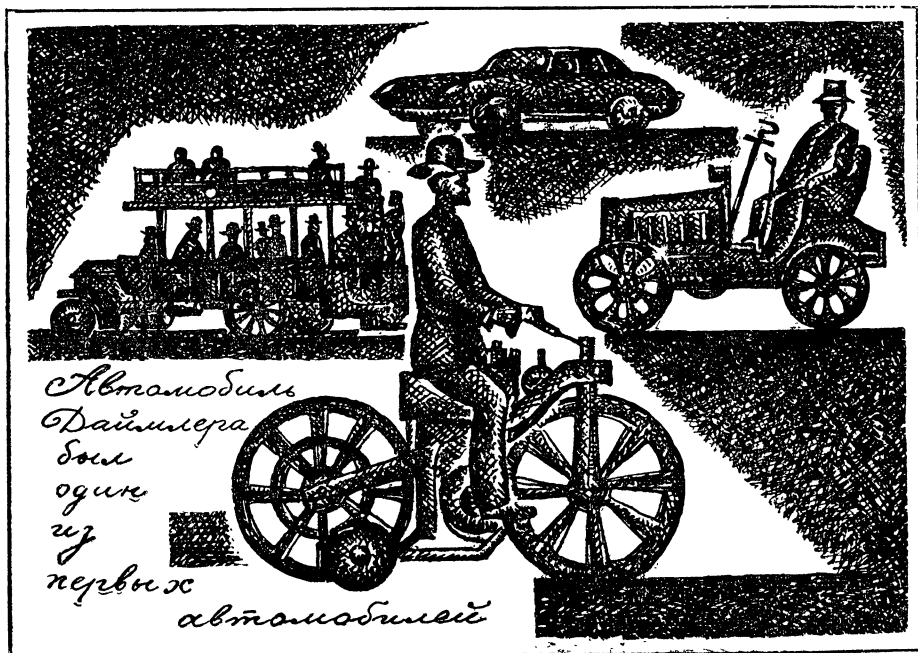
Однако построить свой дирижабль Костовичу не удалось. У царского правительства идеи воздухоплавания не находили понимания и поддержки.

В то время, когда в России Костович трудился над двигателем для дирижабля, в Германии на известном нам заводе «Отто — Дейтц» произошло следующее. Завод покинул Готлиб Даймлер — человек, чей организаторский и конструкторский талант во многом определил успех фирмы. Вместе с ним ушел его друг и тоже очень талантливый и опытный конструктор Майбах.

Ушли они для того, чтобы организовать собственную мастерскую и заняться постройкой двигателя для транспорта.

Даймлер задумал построить самоходный экипаж, известный сегодня под названием «автомобиль». Эту мысль подсказала ему повседневная жизнь. Если по рекам и железным дорогам уже ходили пароходы и паровозы, на которых трудилась паровая машина, на обычных дорогах по-прежнему, как и сто, и тысячу лет назад, пользовались лошадьми. Лошади перевозили грузы, они же перевозили и людей. Даймлер и Майбах очень хорошо понимали, что конный транспорт перестал удовлетворять и промышленность, и быстрорастущее городское население.

Как инженеры Даймлер и Майбах стояли гораздо выше своих патронов — Отто и Лангена. Это были технически грамотные люди, с



прекрасной теоретической подготовкой и большим конструкторским опытом. До прихода на завод «Отто — Дейтц» Даймлер прошел отличную производственную школу на машиностроительных заводах Франции, Англии и Германии; Майбаху довелось познакомиться с работой американских заводов.

Знания и опыт позволили им довольно быстро построить опытный двигатель, работавший на бензине. Этот двигатель во многом еще был похож на газовый двигатель Отто, и работал он также по четырехтактному циклу. Для распыления бензина и смешивания его с воздухом применялся простейший карбюратор — бачок с бензином, сквозь слой которого происходило всасывание воздуха в цилиндр. Воздух, проходя через бензин, насыщался его парами, и таким образом в цилиндр поступала уже приготовленная рабочая смесь.

В 1885 году Даймлер берет патент на применение бензинового двигателя на транспорте. В том же году он устанавливает свой двигатель на обычную извозчицью повозку.

Так родился автомобиль. Этот прапрадедушка современного автомобиля был, конечно, больше похож на телегу, чем на автомобиль. Но скорость 18 километров в час, которую он развивал, вызвала уважение и восхищение современников.

Итак, новый двигатель — бензиновый двигатель внутреннего сгорания — был вызван к жизни необходимостью развития транспорта.

СУДЬБА ИЗОБРЕТАТЕЛЯ

Проходит 3 года с тех пор как Даймлер начал производство автомобилей со своими бензиновыми двигателями (в 1890 году ему удалось организовать «Акционерное общество двигателей Даймлера»), и технический мир поражен появившейся брошюрой под громким и, казалось бы, не очень скромным названием: «Теория и конструкция рационального теплового двигателя, призванного заменить паровую машину и другие существующие в настоящее время двигатели».

Автором брошюры был мало кому известный инженер Рудольф Дизель.

Годом раньше, в 1892 году, Дизель получил патент на двигатель собственной конструкции. В патенте указывалось, что рабочий процесс этого двигателя отличается рядом особенностей: в цилиндре сжимается только воздух, причем очень сильно; от сильного сжатия температура воздуха возрастает настолько, что при впрыскивании в цилиндр топлива оно самовоспламеняется; образовавшиеся газы производят рабочий ход поршня.

По мнению Дизеля, изложенному в брошюре, двигатель с таким рабочим процессом должен быть самым простым и самым экономичным из всех известных до этого паровых двигателей и двигателей внутреннего сгорания. Ему не требовался котел, не нужен был газовый завод. Он способен был работать без карбюратора и запального устройства. Но что самое главное, по расчетам Дизеля, такой двигатель работал по циклу, близкому к идеальному циклу Карно, и расходовал горючего в 6—10 раз меньше, чем все известные до того времени тепловые двигатели. Топливом могли быть и бензин, и керосин, и просто сырая нефть, и угольная пыль. Двигатель был пригоден для работы в промышленности и на транспорте.

Были ли у молодого инженера основания для столь многообещающих заявлений?

Надо полагать, что были, потому что Рудольф Дизель во многих отношениях стоял гораздо выше своих предшественников — изобретателей двигателей. Это был инженер с отличным техническим образованием, необыкновенно упорный и настойчивый в достижении поставленной цели. Создание двигателя стало главным делом его жизни. Эту задачу он поставил перед собой еще в студенческие годы, когда слушал в Мюнхенской высшей технической школе (Германия) лекции по термодинамике.

Способного студента уже тогда поразили открывающиеся возможности в создании высокоэкономичных двигателей. Проходит 15 лет непрерывной учебы, размышлений и работы над задуманным делом.

И вот появляются теоретически обоснованные и глубоко продуманные предложения, изложенные под столь смелым названием, какое имела брошюра.

Предложения были крайне заманчивыми. Однако, как мы знаем, промышленники и денежные воротилы ни к кому еще не спешили с раскрытыми кошельками.

Дизелю потребовалось много усилий, чтобы заинтересовать своим проектом директора Аугсбургского машиностроительного завода Фон Буца и германского пушечного короля Круппа.

Эти два немецких капиталиста решают дать Дизелю деньги на постройку двигателя.

В 1893 году Дизель заключает с ними договор и приступает в Аугсбурге к постройке опытных образцов двигателей. Согласно договору, промышленники получали полное право на патент изобретателя.

Понадобилось пять лет, чтобы столь блестяще задуманный двигатель начал работать.

Немало разочарований и неудач пережил Дизель за это время. Прежде всего пришлось отказаться от угольной пыли. На этом топли-

ве двигатель не работал. А это весьма затрагивало интересы немецких промышленников, так как Германия в основном располагала запасами угля и не имела нефти. Когда Крупп. вкладывал деньги в работы Дизеля, он как раз рассчитывал на возможность использования угля в новом двигателе.

И второе, Дизелю не удалось получить высокого сжатия в цилиндре. А от этого во многом, по его расчетам, зависела хорошая работа двигателя.

Дизелю приходится отказаться от первоначальных обещаний создать двигатель, работающий по циклу, близкому к идеальному циклу Карно. Он берет новый патент, в котором закрепляет свое право строить двигатели, работающие на принципе самовоспламенения топлива.

И хотя построенный в конце концов двигатель был далек от обещанного, все же по экономичности он превосходил все другие тепловые двигатели: 34% тепловой энергии расходуемого двигателем топлива превращалось в полезную работу.

Двигатель работал в четыре такта по циклу, который получил в технике название «цикла Дизеля».

При первом такте происходило всасывание воздуха в цилиндр. Во втором такте — сильное сжатие этого воздуха так, что температура его достигала 600—700 градусов. И когда в начале третьего такта в цилиндр начинало поступать топливо (керосин), то оно самовоспламенялось и образовавшиеся газы производили рабочий ход поршня. При четвертом такте происходило удаление продуктов сгорания из цилиндра. Для ввода топлива в цилиндр было применено специальное устройство. В нем использовался компрессор, который в особой камере сжимал воздух до давления, несколько превосходящего давление сжатого воздуха в цилиндре. Из этой камеры воздух поступал в распылитель (форсунку), куда одновременно подавался керосин. Выход из форсунки в цилиндр запирался клапаном, похожим на иглу. Когда клапан в начале третьего такта открывался, то благодаря избытку давления в форсунке топливо впрыскивалось в цилиндр. Происходило это постепенно, по мере сгорания топлива. Поэтому взрыва, как в двигателях Отто и Даймлера, в двигателе Дизеля не происходило. Управление всеми клапанами, в том числе и клапаном ввода топлива, производилось от распределительного вала, связанного передачей с главным валом двигателя.

Так появились двигатели, получившие название дизель-моторы, или просто дизели.

Интересную и с первого взгляда неожиданную роль довелось сыграть этим двигателям в развитии техники. Мы знаем, что их появление, как и появление других двигателей, было связано с потребностью промышленности в дешевом, экономичном и простом двига-

теле. Но человечество уже стояло на пороге двадцатого века, и в мире царил капитализм. И вот случилось так, что новый двигатель и сам его создатель — Рудольф Дизель, оказались в центре жесточайшей борьбы, которую вели между собой во всем мире нефтепромышленники и углепромышленники. С появлением дизель-мотора началась открытая, непримиримая война между нефтью и углем. Углепромышленники не могли примириться с мыслью, что на смену паровой машине, работавшей в промышленности и на транспорте (паровозы и пароходы), которая обеспечивала им сбыт угля, могут прийти новые, более экономичные двигатели, работающие на нефти или ее продуктах (керосине, бензине).

И в первую очередь это не устраивало неимевших нефти немецких капиталистов. Случилось так, что двигатель, построенный в Германии немецким инженером на деньги немецких промышленников, именно там, в Германии, пришлось не «ко двору».

Второй родиной этого двигателя стала Россия. Можно сказать, что именно дизельный двигатель, построенный в России, и определил впоследствии дальнейшую судьбу изобретения Рудольфа Дизеля.

Крупнейший владелец нефтяных промыслов и заводов в России Нобель покупает у Дизеля за полмиллиона рублей золотом право на постройку его двигателей. Он решает создать двигатель, работающий на дешевом топливе — сырой нефти, и безвозмездно раздать всем желающим его чертежи, а заодно и право на их производство. Расчет миллионера прост. Появится много таких двигателей — возрастет и спрос на нефть. А это означает, что он с лихвой покроет все свои расходы по созданию двигателя и получит баснословные прибыли.

Так рассуждал Нобель, хотя на словах он всюду говорил о своем «бескорыстном» желании помочь промышленности России. Спустя год, в 1899 году двигатель был построен. Это сделали инженеры и рабочие завода «Людвиг Нобель» в Петербурге, переименованного впоследствии в завод «Русский дизель». Двигатель работал четко, без перебоев и был так же экономичен, как двигатель, построенный самим Дизелем.

В мире вновь заговорили об экономичном двигателе, называя его теперь «русским двигателем». Первые такие двигатели были установлены на оружейном заводе в Петербурге и мастерских бакинских нефтепромыслов. Многие заводы России и Европы начинают производство новых двигателей. Перед предпринимателями открываются большие перспективы применения дизель-моторов. Много выгод сулила замена паровой машины дизелями на пароходе и паровозе.

Простые расчеты показывали, что суда с дизельными установками (их стали называть теплоходами) могли проходить без пополнения топлива гораздо большее расстояние, чем пароходы. Кроме того, эти

установки были, конечно, экономичнее паровых машин. Однако для применения дизелей на судах существовало препятствие: они не допускали реверса (изменения направления вращения) и изменения числа оборотов, что было необходимо для маневрирования судна.

Конструкторы в разных странах начинают работать над созданием реверсивного судового двигателя. Но прежде чем такой двигатель был построен, инженерам Нобеля удалось отправить в плавание по Волге нефтеналивные баржи «Вандал» и «Сармат» — предшественники современных дизель-электроходов. На них были установлены дизель-моторы, приводившие во вращение динамо-машины. Электрический ток, вырабатываемый динамо-машиной, питал электрические двигатели (о них у нас речь впереди), а те в свою очередь вращали гребной винт.

Впоследствии на заводе «Русский дизель» были построены и четырехтактные реверсивные дизель-моторы для подводных лодок. Эти двигатели стали широко распространяться не только на подводных лодках, но и на других судах.

Несколько раньше поиск путей создания реверсивных двигателей для судов привел инженеров завода «Братья Зульцер» (Швейцария) к созданию нового типа двигателя Дизеля, работавшего не по четырехтактному циклу, а по двухтактному. Этот двигатель был построен ими по предложению англичанина Дугласа Кларка, и на нем также удалось осуществить реверс. Основная особенность этого двигателя состояла в том, что каждый второй ход поршня был рабочим, в то время как в четырехтактном двигателе рабочим является каждый четвертый ход поршня. Выходило, что при одинаковых размерах двухтактный двигатель может быть в два раза мощнее, чем четырехтактный. В действительности двойного увеличения мощности не получается, и, кроме того, двухтактный двигатель по сравнению с четырехтактным одной и той же мощности расходует больше топлива. В настоящее время строятся и те и другие двигатели.

Как же работал двухтактный двигатель?

Цилиндр двухтактного двигателя устроен несколько иначе, чем у четырехтактного. Выпускные окна в таком цилиндре находятся в нижней части и в зависимости от положения поршня могут быть либо открыты, либо закрыты. Когда поршень в конце рабочего хода оказывается в нижнем крайнем положении, то выпускные окна открываются и через них удаляется отработанный газ. В это же время в верхней части цилиндра открываются впускные клапаны, через которые специальным воздушным насосом в цилиндр нагнетается воздух. Этот воздух как бы продувает цилиндр и способствует более полному удалению отработанных газов из цилиндра.

Затем, когда начинается движение поршня вверх, перекрываются выпускные окна и находящийся в цилиндре воздух начинает

сжиматься. В конце этого такта воздух достигает наибольшего сжатия и сильно разогревается. Тогда через форсунку в цилиндр впрыскивается топливо. Оно воспламеняется, и образующиеся газы производят рабочий ход поршня. Таким образом, рабочий процесс двигателя состоит из двух тактов: первый такт — сжатие и второй такт — расширение (рабочий ход). Интересно заметить, что в двигателях Дизеля на продувку цилиндра расходуется воздух. А если двухтактный цикл осуществляется в двигателях, в которых сжатию подвергается не воздух, а рабочая смесь, состоящая из паров бензина и воздуха (двигатель Даймлера), то во время продувки часть рабочей смеси будет удаляться из цилиндра вместе с отработанными газами. Это непроизводительная потеря топлива.

В 1908 году истекли сроки действия патентов Дизеля. Во всем мире и особенно в странах, богатых нефтью, начинается широкое производство дизель-моторов. Постепенно двигатели Дизеля прокладывают себе дорогу в судостроении. Судьба паровой машины на флоте была предопределена.

Развертываются работы по созданию тепловозов. Один из первых локомотивов, на котором вместо паровой машины были применены дизель-моторы, построен под руководством самого Рудольфа Дизеля.

Несмотря на трудности и временные неудачи, которые терпели на первых порах создатели тепловозов, уже всем было ясно, что в этой последней схватке дизелей с паровой машиной победителем выйдут дизели. Так оно потом и получилось.

Ну, а как сложилась судьба самого изобретателя? Чего достиг и к чему пришел выдающийся инженер Рудольф Дизель? Первый год продажи патента делает его миллионером. Со всех сторон, как из рога изобилия, на него посыпались новые заманчивые деловые предложения. Но, несмотря на достигнутое материальное благополучие, Дизеля-инженера, человека творческого и требовательного к себе, не оставляют чувство неудовлетворенности. Он понимает, что полной победы нет. Его двигатель еще далек от совершенства, хотя и приблизился в большей степени, чем другие, к двигателю, работающему по идеальному циклу Карно.

Кроме того, он сознавал, что его детище не найдет признания у себя на родине. В Германии необходим был простой и дешевый двигатель, работающий на каменном угле, а не на нефти. И хотя Дизель предпринял несколько попыток построить двигатель, использующий каменноугольную пыль, из этого ничего не получилось. Часть угольной пыли из-за неполного сгорания превращалась в густую смолу, забивавшую клапаны и цилиндр и выводившую двигатель из строя. Получилось так, что двигатель Дизеля стал работать не на пользу Германии, а во вред ей, потому что усиливал промышленную мощь

ее конкурентов. Этого немецкие капиталисты не могли простить прославленному инженеру.

Против него возбуждаются судебные процессы, на которых принимаются попытки доказать, что все сделанное им предлагалось еще раньше другими изобретателями. Многие предприниматели, взявшиеся за постройку дизельных двигателей, не справлялись с трудностями изготовления и во всем винили изобретателя.

В странах, богатых нефтью, — России, Америке, Дизель встречал восторженный прием. А у себя на родине — враждебность, злобу, клевету. В своих преследованиях враги Дизеля не останавливаются ни перед чем. В Германии выходит книжка под названием «Миф Дизеля», в которой отрицаются все заслуги изобретателя и утверждается, что он незаслуженно пользуется доходами от своих патентов.

Удары сыпались на Дизеля со всех сторон и приносили ему невыносимые страдания. Постепенно его воля ослабевала, и он уже чувствовал себя неспособным трудиться и бороться. Рудольф Дизель погиб в 1913 году в возрасте 55 лет. Пароход, на котором плыл Дизель из бельгийского порта Антверпен в Англию, прибыл к английским берегам без своего пассажира. Обстоятельства гибели талантливейшего инженера, внесшего огромный вклад в создание двигателей, неизвестны и по сей день.

И СНОВА ПАР

...Ленуар, Отто, Даймлер, Дизель — это люди, с именами которых связано появление первых двигателей внутреннего сгорания. В одних двигателях для работы использовался газ, в других — бензин, керосин, сырая нефть. Но независимо от того, на каком топливе работает такой двигатель, у всех у них превращение тепловой энергии в механическую происходит путем сгорания топлива внутри цилиндра. Точнее можно сказать так: внутри цилиндров этих двигателей происходит двойное превращение энергии — сначала химическая энергия топлива превращается в тепловую, а затем тепловая в механическую.

Эти двигатели называют еще поршневыми двигателями внутреннего сгорания, потому что все они имеют движущийся внутри цилиндров поршень.

Нам, живущим менее чем сто лет спустя после их появления в окружении автомобилей, тракторов, самолетов, теплоходов и тепловозов, хорошо видно, какую огромную роль в жизни человека сыграли двигатели внутреннего сгорания. Конечно, современные двигатели многим отличаются от своих предшественников. Сменилось уже не-

сколько поколений инженеров и конструкторов, которые во многих странах для разных целей совершенствовали эти двигатели.

Сегодняшний бензиновый двигатель автомобиля «Волга» или самолетный поршневой двигатель так же мало похожи на двигатель Даймлера, как и современные могучие дизельные двигатели, установленные на теплоходах и тепловозах, на первые двигатели Дизеля.

Много труда было затрачено на то, чтобы улучшить их конструкцию, повысить экономичность и сделать эти двигатели более долговечными. Так появились и вошли в жизнь двигатели внутреннего сгорания, имеющие большие заслуги перед человечеством.

Последнее десятилетие уходящего XIX столетия подарило миру еще один двигатель — паровую турбину. Название нового двигателя — «турбина» происходит от латинского слова «турбо», что означает «вихрь», «волчок». Вдумавшись в эти слова, нетрудно догадаться, что новый двигатель отличался небывалой до сих пор скоростью вращения. Появление турбин было вызвано целым рядом важных причин.

Прежде всего мы помним, что большинство рабочих машин требовало для себя вращательного движения. Но поршень паровой машины имел возвратно-поступательное движение. Для того чтобы вал паровой машины мог вращаться, пришлось придумать кривошипно-шатунный механизм. Такая конструкция паровой машины мешала увеличивать ее мощность и быстроходность.

В то же время развитие техники требовало от двигателей, приводящих в движение рабочие машины, все больших скоростей и мощностей.

Почему же невозможно было построить паровую машину, работающую с большой скоростью? Дело в том, что при работе машины поршень в цилиндре движется неравномерно. Он то с ускорением идет в одну сторону, то останавливается, затем опять ускоренно движется в другую сторону, снова останавливается, и так все время, пока работает машина.

Из-за неравномерности хода поршня во всех частях машины возникают сильные толчки. Тяжелое маховое колесо, насаженное на вал машины, сглаживает эти удары. Но с этой задачей маховое колесо справляется лишь тогда, когда обороты машины сравнительно невелики.

Конструкторы паровых машин дошли до некоторого барьера, дальше которого увеличивать скорость и мощность паровой машины было невозможно — происходили частые поломки.

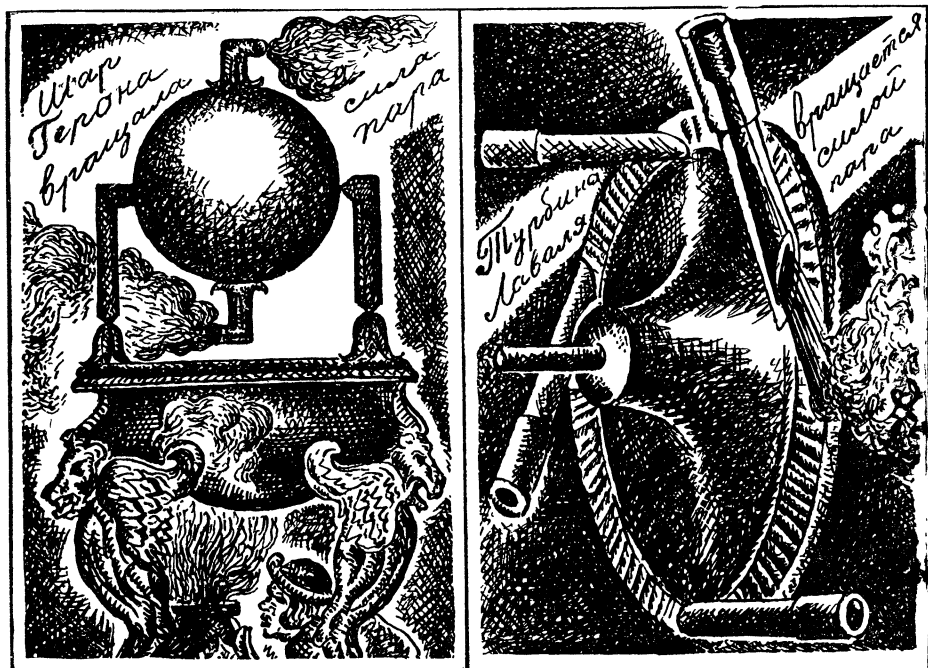
Скорость двигателей внутреннего сгорания также имела свой барьер. Эти двигатели, как мы помним, являются самыми близкими «родственниками» паровой машины. От нее они переняли и многие недостатки. Так, к двигателям внутреннего сгорания по наследству

отошли поршень и кривошипно-шатунный механизм. Изобретателям двигателей внутреннего сгорания пришлось немало потрудиться над тем, чтобы они работали равномерно.

Итак, необходим был новый принцип действия двигателя — с вращающимся валом. Но без поршня и кривошипно-шатунного механизма. И тогда вспомнили об идеях, высказанных еще Героном Александрийским и Джиованни Бранка. Герон, как мы знаем, построил шар, который вращался при помощи пара, с силой выходящего через трубки наружу. А Джиованни Бранка предложил колесо с лопатками. Оно вращалось благодаря струе пара, с силой ударявшей по лопаткам колеса. В этих «двигателях» сразу создавалось вращательное движение, и в какой-то мере они были прообразами турбин.

Предпринимается много попыток создать паровую турбину, в которой поступающий из котла пар создавал бы вращательное движение рабочего колеса, а вместе с ним и вала турбины.

Известно, что подобные работы проводились и русскими изобретателями. Так, еще в 1806—1813 годах на одном из алтайских заводов русский изобретатель Поликарп Залесов строил модели паровых



турбин. Но на примере Фролова и Ползунова мы знаем, что усилия и начинания отдельных выдающихся изобретателей неизменно наталкивались на глухую стену непонимания со стороны царского правительства.

Появление первых, пригодных для практической работы паровых турбин относится к 1890 году. Среди их создателей наибольшая заслуга принадлежит шведскому инженеру, француз по происхождению — Густаву Лавалю и сыну английского лорда Росса — Чарлзу Парсонсу. Примерно в одно и то же время и независимо друг от друга пришли они к своим изобретениям.

Нужно сказать, что рождению паровой турбины в немалой степени способствовало и беспокойство углепромышленников за свои барыши. Широкое распространение дизельных двигателей и наступление нефти внушало им большие опасения. Владельцы угольных копей были крайне заинтересованы в паровых двигателях, работающих на угле. Поэтому они всемерно поддерживали работы, направленные на создание нового парового двигателя.

Война угля и нефти была в самом разгаре. В это время и появляется паровая турбина.

Забегая вперед, мы можем сказать, что уже первые образцы турбин выгодно отличались от паровых машин. Это стало возможным потому, что в паровой турбине гораздо лучше используется тепловая энергия подведенного пара. В паровую машину пар поступает отдельными порциями. При расширении пара в цилиндре он охлаждается, и при этом охлаждаются частично и стенки цилиндра. Из каждой вновь поступившей порции пара часть тратится на подогрев цилиндра, не совершая при этом полезной работы.

В турбину же пар поступает непрерывным мощным потоком. И это создает в турбине постоянную температуру, что позволило уже первым турбинам, далеко несовершенным в конструктивном отношении, быть в два раза более экономичными, чем лучшие паровые машины того времени.

Итак, замена прерывистого потока тепловой энергии, подводимого к паровой машине, на непрерывный поток пара, поступающего в паровую турбину, открыла новые пути развития двигателей, использующих для своей работы тепловую энергию пара.

С появлением турбины дни паровой машины были сочтены. Мы должны еще сказать и о том, что паровая турбина явилась не только «могильщиком» паровой машины. Она вступила в борьбу за «сферы влияния» с дизельными двигателями. Здесь паровая турбина также одержала ряд крупных побед. И по сей день турбинам нет конкурентов на больших тепловых электростанциях, где они используются в качестве двигателей (первичных двигателей, как их еще называют) электрических генераторов.

В ПОИСКАХ БОЛЬШИХ СКОРОСТЕЙ

К созданию своей турбины Лаваль пришел, занимаясь постройкой сепаратора — машины для перегонки молока. В сепараторе, благодаря большой скорости вращения, от молока отделяются сливки, наиболее жирная и легкая его часть. Сепаратор Лаваль работал со скоростью семь тысяч оборотов в минуту. По тем временам это было очень много.

Вообще, нужно сказать, что Лаваль как инженер и изобретатель был одержим идеей больших скоростей. В больших скоростях он видел новые возможности развития промышленности и транспорта. Сколько дополнительных товаров можно было бы изготовить и сколько дополнительных грузов можно было бы перевезти, если бы удалось существующие машины заставить работать быстрее!

Характер Лаваль соответствовал его устремлениям. Это был решительный человек, быстро и смело принимавший самые важные решения, не раз изменявшие его жизненный путь. После окончания в 1866 году технологического института в Стокгольме ему пришлось начать свою инженерную деятельность с должности кладовщика на руднике. Он выдавал шахтерам инструменты и скудное питание. Затем ему удается найти работу чертежника. И здесь, впервые столкнувшись с работой по созданию различных механизмов, Лаваль почувствовал недостаток знаний, полученных в институте. Сказались пробелы в математике и других предметах, к которым он недостаточно серьезно относился в свое время. Тогда Лаваль принимает решение продолжить учебу. Он поступает на математический факультет университета и через пять лет блестяще его заканчивает. Сразу же после университета он с головой уходит в работу: строит завод по производству серной кислоты; стекольный завод по производству бутылок; работает на машиностроительном заводе, где улучшает способ получения стали из жидкого чугуна. Интересы его необычайно широки.

В 1883 году Лаваль берет патент на изобретенную турбину. Эту первую, еще далеко не совершенную турбину, как мы уже упоминали, он построил для сепаратора. Представляла она собой колесо, состоящее из двух изогнутых в виде буквы S труб (вспомните шар Герона), насаженное на ось сепаратора. Когда в такое колесо впускали пар, то оно, подобно шару Герона, начинало вращаться с большой скоростью, приводя в действие сепаратор.

В этой турбине, как и в шаре Герона, использовалась сила выходящей струи пара. Такая сила в технике называется реактивной, а паровые турбины, использующие для своей работы реактивную силу струи пара, называются реактивными турбинами.

Турбина сепаратора оказалась очень неэкономичной, так как расходовала много пара. Однако работа над ней привела Лавалья к мысли, что у него в руках новый принцип действия тепловой машины.

Вскоре он делает весьма важное открытие. Занимаясь изучением истечения пара из трубки, он обнаружил, что наибольшая скорость выходящего пара получается тогда, когда конец этой трубки имеет форму расширяющегося конуса. Такие трубки, или, точнее, насадки на трубки, получили название «конических сопел», или «сопел Лавалья». Скорость, с которой вытекал пар из сопла, зависела от разницы давлений и температур пара до сопла и после него. Чем выше была эта разность, тем большую скорость приобретала струя выходящего из сопла пара и с тем большей силой мог он давить, например, на лопатки колеса.

Используя изобретенное сопло, Лаваль решает построить турбину, работающую не на реактивном действии струи пара, а на другом принципе, подсказанном еще в свое время Бранка. В новой турбине несколько сопел были неподвижно укреплены на кольцевой трубе, в которую поступал пар из котла. Выходящий из сопел пар приобретал огромную скорость и с большой силой ударял по лопаткам, насаженным по окружности колеса. Колесо вместе с валом турбины (вместе они называются ротором турбины) приходило во вращение. Такой тип турбины получил название активной турбины.

Любопытно заметить, что оба способа использования скорости пара для получения вращательного движения — и реактивный, и активный, известные еще со времен Герона и Бранка, много столетий не находили никакого практического применения.

Первая турбина, построенная Лавалем, была еще очень мало-мощной — всего 5 лошадиных сил, имела никому не нужную в те времена огромную скорость — свыше 30 тысяч оборотов в минуту.

Понадобились годы напряженного труда, пока Лавалю удалось построить турбину мощностью в 500 лошадиных сил с числом оборотов 10 тысяч в минуту.

Однако и такие обороты были не нужны рабочим машинам. Поэтому Лавалю пришлось применить специальное устройство — редуктор (систему зубчатых колес разных диаметров), снижающее обороты турбины. Нужно сказать, что редуктор получался весьма громоздким, большим, чем сама турбина. Первые такие турбины приводили во вращение динамо-машины, вырабатывающие электрический ток. В 1893 году на Всемирной выставке в Чикаго Лаваль демонстрирует очень экономичную турбину, в которой он впервые применил конденсатор (вспомните паровую машину Уатта с конденсатором).

Турбины с конденсаторами (Лаваль берет патент на применение конденсатора) оказались не только экономичными, но и достаточно

простыми в эксплуатации, и это обеспечило им широкое распространение.

В различных странах начинается их производство.

Дальнейшее повышение экономичности и мощности турбин Лаваль видел в увеличении начальной температуры и давления пара, поступающего в турбину. По этому пути идут современные конструкции, построившие уже паровые турбины для тепловых электростанций мощностью в 80 тысяч киловатт.

Лаваль умер в 1913 году в возрасте 68 лет. Заслуги этого выдающегося изобретателя и инженера огромны. Он не только построил паровую турбину, но положил начало созданию теории паровой турбины. Его беспокойный творческий ум непрерывно рождал массу новых идей и не только в области турбостроения. Он строил доильные машины и думал об электрической плавке чугуна, интересовался извлечением золота из морской воды и вопросами самолетостроения.

На его идеях вырастали различные акционерные общества и заводы. Его изобретения приносили баснословные доходы капиталистам, а сам Лаваль все время находился на краю банкротства. Он снискал себе славу человека, не умевшего устраивать свои личные дела. Его предприятия со временем переходили в руки промышленных воротил, а он все свои средства вкладывал в создание опытных машин, постройку мастерских, проведение исследовательских работ и постоянно испытывал материальные недостатки и трудности.

Другую, более совершенную турбину активного действия предложил французский ученый и инженер Огюст Рато.

Эта турбина в отличие от турбины Лавалья имела не одно рабочее колесо, а несколько, поэтому она получила название многоступенчатой. Пар в ней последовательно проходил через несколько рабочих колес и достигал полного расширения лишь за последним колесом (ступенью), в то время как в турбине Лавалья полное расширение пара происходило на одном рабочем колесе. При этом ему сообщалась наибольшая возможная при данных параметрах пара скорость.

Турбина Рато была устроена так, что пар, выходящий из первого сопла, расширялся не полностью, и тогда первому колесу сообщалась не самая большая (как в турбине Лавалья) скорость, а гораздо меньшая. Расширение пара на следующих ступенях турбины происходило таким образом, чтобы последующие рабочие колеса получали такую же скорость, как и первое колесо. А поскольку все колеса были посажены на один общий вал, то и мощности, развиваемые ими, как бы суммировались на этом валу. В результате энергия подведенного к турбине пара использовалась так же, как и в турбине Лавалья, но скорость ротора многоступенчатой турбины получалась меньшей.

Строительство турбины Рато началось в 1898 году, на одном из

машиностроительных заводов Парижа. Первая турбина была установлена на каменноугольных копях.

Огюст Рато относится к числу выдающихся ученых и инженеров турбостроителей. Он внес огромный вклад в теоретическое исследование работы паровых турбин. Рато математически описал работу сопла и вывел формулы для вычисления скорости истечения пара из сопла и мощности турбины. Он показал, как надо рассчитывать на прочность отдельные узлы турбины, чтобы они выдерживали огромные нагрузки, возникавшие из-за большой скорости вращения ротора турбины.

Рато счастливо сочетал в себе черты ученого-теоретика и талантливого инженера-практика.

Он был блестящим математиком и умел за рядом строгих математических формул видеть, как должна работать машина. Но в отличие от других ученых-теоретиков он никогда не замыкался в кругу чисто теоретических рассуждений. Он искал практического приложения своих теоретических исследований, и тогда появлялся Рато-инженер, строитель паровых турбин, создатель турбокомпрессора — машины для нагнетания воздуха (вспомните воздуходувки, для которых строил еще паровую машину Ползунов), изобретатель тяжелого снаряда с большим радиусом действия и изобретатель «наддува» самолетных двигателей внутреннего сгорания. Предложение Рато о применении «наддува» самолетных двигателей имело очень большое значение для французской авиации в годы первой мировой войны. Дело в том, что при полете на больших высотах, где атмосфера разрежена, самолетному двигателю для нормальной работы не доставало воздуха. Из-за этого резко снижалась мощность двигателя и самолет должен был идти на снижение. А летать на меньшей высоте, чем противник, — это означало уступить ему господство в воздухе. Рато предложил установить на самолете небольшую турбину, которая приводилась во вращение выхлопными газами основного двигателя. Турбина вращала компрессор, который подавал в цилиндры двигателя воздух в сжатом виде. Двигатель стал лучше работать, и это позволило французским самолетам летать выше самолетов противника.

За заслуги перед Францией в первой мировой войне Рато был награжден высшим французским знаком отличия — орденом Почетного легиона, и причислен к «великим французам».

Среди других инженеров того времени, работавших над совершенствованием паровых турбин активного действия, следует назвать швейцарского инженера Целли и американского инженера Чарльза Кэртиса. Кэртис примерно в то же самое время, что и Рато, искал возможности снижения оборотов турбины Лавалья. Но он шел своим путем и решил эту задачу иначе. Турбина Кэртиса относится также

к многоступенчатым турбинам. На рабочем колесе Кэртис предусмотрел два ряда лопаток (два венца), между которыми находился ряд направляющих (неподвижных) лопаток, установленных на корпусе турбины. Поступивший в турбину пар, выходя из сопла, сразу, как и в турбине Лавалья, расширялся полностью. Скорость, которую он достигал при этом, была возможно наибольшей. Проходя с огромной скоростью через первый ряд лопаток (первый венец), пар не успевал передать колесу всю свою энергию и с помощью неподвижных лопаток направлялся на второй венец, где уже полностью отдавал свою энергию.

Разница с турбиной Рато заключалась в том, что в турбине Рато используется ступенчатое расширение пара (давление его снижается постепенно, ступенями после каждого рабочего колеса), а в турбине Кэртиса расширение пара после первого сопла было полным, но получавшаяся при этом наибольшая скорость струи пара использовалась не на одном первом ряде (венце) лопаток, а на нескольких. Поэтому скорость вращения ротора турбины Кэртиса получалась меньшей, чем скорость пара, поступающего на первый ряд лопаток.

Чтобы подчеркнуть разницу в принципе действия многоступенчатых турбин Рато и Кэртиса, первую называют активной турбиной со ступенями давления, а вторую — со ступенями скорости. Позже инженеры пришли к выводу, что выгодно строить смешанный тип многоступенчатой активной турбины, в которой имеются и ступени скорости (диск Кэртиса) и ступени давления.

ДЕЛО ВСЕЙ ЖИЗНИ

Среди творцов паровых турбин мы упоминали имя англичанина Чарлза Парсонса.

Парсонс считается создателем промышленного типа реактивной паровой турбины.

Точнее было бы называть турбину, созданную Парсонсом, «смешанной», потому что в ней использовался и активный и реактивный принципы действия.

В многоступенчатой турбине Парсонса (она построена несколько раньше, чем турбина Рато) имелось несколько рядов (венцов) вращающихся лопаток, насаженных на ротор; между ними находились неподвижные ряды лопаток, укрепленные на корпусе турбины.

Лопатки имели специально изогнутую форму, благодаря которой между соседними лопатками образовывались каналы в виде конических сопел.

Пар, проходя через такие ряды лопаток (ступени), постепенно расширялся и наращивал свою скорость. За последней ступенью он расширялся полностью.

Чем же отличалась эта турбина от турбины Рато? Ведь в турбине Рато пар, так же постепенно расширяясь, проходит последовательно через все ступени, отдавая свою энергию.

А разница в том, что в турбине Парсонса пар расширялся, проходя и рабочие (подвижные) лопатки, потому что канал между ними, как мы уже говорили, имел форму конического сопла. Причем суживающаяся часть сопла была направлена в сторону, обратную вращению подвижных лопаток (ротора) турбины. Поэтому пар, проходя через такие рабочие лопатки, оказывает на них как бы двойное действие. С одной стороны, как и в активной турбине Рато, он передает им часть своей энергии, с другой стороны, из-за того, что пар покидает рабочие лопатки со скоростью большей, чем скорость, с которой он поступил на них (принцип действия конического сопла), он как бы дополнительно отталкивается от лопаток (возникает реактивное действие струи пара). Вот почему эту турбину правильней было бы называть «смешанной», так как в ней используются два принципа — активный и реактивный. Однако в технике эта турбина получила название реактивной турбины.

Мы уже говорили о том, что к своему изобретению Парсонс пришел самостоятельно, независимо от Лавалья и его последователей, и примерно в то же самое время. Стоит сказать несколько слов о творческом пути Парсонса, ибо он сложился несколько иначе, чем у многих выдающихся изобретателей.

Родился Парсонс в 1856 году. Потомок короля Англии Эдуарда III, он принадлежал к одной из знатнейших аристократических семей. Отец его — Вильямс Парсонс (лорд Росс) был известным астрономом и оптиком, президентом Лондонского королевского общества.

Юный Чарлз рос и воспитывался в обстановке, где царил строгий распорядок дня. Учебный день начинался рано утром и длился до позднего вечера. С детьми занимались специально приглашенные учителя по программе, составленной самим лордом Россом. Наибольшее внимание уделялось физике и математике. К инженерной и научной деятельности Парсонса готовили с раннего детства.

Таким образом, первые шаги по пути изобретательства будущий создатель реактивной турбины сделал еще в мастерской отца в своем родовом имении. Впоследствии Парсонс окончил одно из лучших учебных заведений Англии — Кембриджский университет.

Не случайно, конечно, что паровая турбина создавалась не самоучками, а инженерами и учеными с большими теоретическими знаниями. Для того чтобы построить этот двигатель, требовались слож-

ные математические расчеты, новые высокопрочные стали и точная обработка всех деталей.

Свою производственную деятельность по окончании университета Парсонс начал в качестве ученика на одном крупном машиностроительном заводе.

Спустя четыре года Парсонс становится хорошим специалистом. Молодого, талантливого конструктора живо интересуют многие насущные технические проблемы своего времени. Так, в работе над паровой турбиной его привели нужды развивающейся электротехники. Электрический ток все шире проникал в промышленность, а высокоскоростного двигателя для привода генераторов, вырабатывающих электроэнергию, все еще не было.

Много трудностей пришлось преодолеть Парсонсу, прежде чем ему удалось построить свою турбину, работающую с генератором электрического тока. Это были не только технические трудности. Было время, когда компаньоны лишили его более чем на пять лет права распоряжаться своими патентами. И только благодаря своим огромным знаниям, терпеливости и материальной независимости он не разорился.

Один из первых турбогенераторов (так называют паровую турбину и электрический генератор, работающие вместе), построенных Парсонсом, мощностью в 350 киловатт был установлен на электростанции в Лондоне. Позже Парсонс начинает строить и более мощные турбины. Две из них мощностью по 1000 киловатт он построил для одной из электростанций в Германии. Это был заказ углепромышленников, которые, защищаясь от распространения дизельных двигателей, встали на защиту паровых турбин.

Поиск новых областей применения турбин привел изобретателя к мысли установить паровую турбину в качестве двигателя на судах. Появление первого судна с турбиной, названного Парсонсом «Турбинией», ошеломило современников. Развивая неслыханную по тем временам скорость, почти 60 километров в час, двигатель этого судна потреблял меньше пара, чем поршневой паровой двигатель такой же мощности. Судовая турбина по принципу действия была также реактивной турбиной. Однако конструктивно она отличалась от турбин для электростанций. Судовая турбина состояла как бы из трех турбин, соединенных одним валом. Пар из котла сначала поступает в первую турбину (ее называют турбиной высокого давления). Затем, отработав в ней и частично расширившись, он поступает во вторую турбину (среднего давления) и, наконец, в третью (низкого давления).

Такое расчленение на отдельные турбины понадобилось потому, что для достижения более низких оборотов, как мы уже знаем, приходилось делать турбину многоступенчатой. При этом ротор турби-

ны получался длинным и тяжелым. Целесообразней оказалось строить три отдельные турбины, соединив их валы между собой, а пар пропускать последовательно из одной турбины в другую.

Новыми турбинами заинтересовалось Британское адмиралтейство. По его заказу строятся два быстроходных миноносца: «Винер» и «Кобра» с турбинами Парсонса. Гибель этих судов в 1901 году, происшедшая при весьма неясных обстоятельствах, чуть было не подорвала веру в новый судовой двигатель.

Однако впоследствии была доказана «невиновность» турбин, и они постепенно шаг за шагом начали утверждать себя на военном флоте.

В 1906 году Англия спустила на воду самый крупный и быстроходный в мире броненосец «Дредноут», на котором Парсонс установил новые турбины мощностью почти в 25 тысяч лошадиных сил. Это произвело сильное впечатление на все морские державы, и многие поспешили купить у Парсонса право на постройку судовых турбин.

Успех турбин на военном флоте способствовал применению турбин на грузовых и пассажирских судах. Однако спор между паровой машиной, дизелем и турбиной на воде продолжался еще долго.

Но вернемся к паровым турбинам для турбогенераторов. Они стали широко распространяться в разных странах. Ценилась не только их экономичность, но и равномерность хода и простота получения высоких оборотов (3 тысячи оборотов в минуту), надежность работы, легкость обслуживания и ряд других преимуществ.

Паровая турбина становится главным двигателем для генераторов на тепловых электростанциях. Мощность ее неизменно растет. В 1925 году в Чикаго на предприятиях «Компании Эдисона» вводится в действие паровой турбогенератор с турбиной Парсонса мощностью в 50 тысяч лошадиных сил.

Нужно заметить, что столь успешному увеличению мощности паровых турбин немало способствовал и успех дизелестроителей. Так, Аугсбургский завод в Германии примерно в это же время изготовил для электростанции в Гамбурге дизель мощностью в 15 тысяч лошадиных сил. В конечном итоге на электростанциях победила паровая турбина. Во многом это объяснялось тем, что паровой котел позволял использовать любое топливо: и уголь (причем самых низших сортов), и нефть, и мазут, и торф, и дрова. Но, пожалуй, самым важным было то, что со временем в котлах научились получать пар высоких параметров: с высокой температурой и давлением. Это позволило увеличивать не только мощность паросиловых установок, но и значительно повысить их экономичность.

Чарлз Парсонс умер в 1931 г. Это был выдающийся машиностроитель, внесший огромный вклад в создание и внедрение в жизнь паровых турбин.

Современная паровая турбина значительно отличается от первых турбин, созданных Лавалем, Парсонсом, Рато и другими изобретателями.

Сегодня паровая турбина строится на такие мощности, на которые ни один поршневой двигатель построен быть не может.

В нашей стране, как мы уже отмечали, созданы турбины мощностью 800 тысяч киловатт и ведутся конструкторские разработки еще более мощных турбин.

Соперничать с ней по мощности может только гидравлическая турбина.

ВМЕСТО «СЛОНОВЫХ» КОЛЕС

Гидравлическая турбина, или гидротурбина, была построена раньше паровой турбины. Первые, способные к практической работе гидротурбины появились в тридцатых годах прошлого века во Франции и в России. Их создатели — французский инженер Бенуа Фурнейрон и русский крепостной изобретатель Игнатий Сафонов. Оба построили гидравлические турбины, стремясь улучшить широко распространенные в то время водяные колеса. Мы знаем уже, что даже самые совершенные гидроустановки тех лет, такие, как знаменитые «слоновые» водяные колеса Кузьмы Фролова, были очень громоздкими и малоэкономичными. Совсем небольшую часть энергии водяного потока удавалось водяным колесам превращать в полезную механическую работу.

Первые гидротурбины в отличие от паровых турбин, конечно, не предназначались для электростанций — их тогда еще и в помине не было. Они, как и водяные колеса, использовались для привода различных производственных механизмов и машин.

Почему же продолжали заниматься совершенствованием водяного двигателя, если в это время (тридцатые годы прошлого столетия) по земле начинала свое победное шествие паровая машина? Ведь одна из причин появления паровой машины — стремление человека сделать независимой работу фабрик и заводов от реки. Мы знаем, сколько усилий было затрачено на создание универсального парового двигателя, как труден и долг был путь к достижению цели, сколько выдающихся людей посвятили этому делу всю свою жизнь.

Но не надо забывать, что великое изобретение человеческого гения — паровая машина, совершившая промышленную революцию и поднявшая человеческое общество на более высокую ступень развития, распространилась в разных странах не одновременно. Первый

промышленный взлет пережила Англия. Там паровая машина заложила основы крупной промышленности.

Иначе обстояло дело в других странах. Например, отсталая царская Россия, в которой господствовал еще крепостной строй, от машинного производства была еще далека.

Во Францию приход паровой машины задержался из-за политики, проводимой Наполеоном: политические и экономические отношения с Англией в период его правления были нарушены.

Паровой машины у французских промышленников не было. Поэтому совершенствование водяных двигателей их очень интересовало. И не случайно, конечно, что именно во Франции появился новый тип водяного двигателя — гидравлическая турбина.

Что касается России, то тут гидравлическая турбина была построена, как это не раз уже бывало, благодаря труду выдающегося русского умельца — крепостного Сафонова, стремившегося, подобно Ползунову и Фролову, «...облегчить труд по нас грядущим». Царское правительство этому изобретению, как и многим другим замечательным изобретениям, значения не придавало.

Разными путями пришли к созданию гидравлической турбины Фурнейрон и Сафонов.

Фурнейрон был одним из лучших учеников знаменитой Горной школы в Сент-Этьене (впоследствии профессором этой школы был Огюст Рато). Лекции по математике и механике он слушал у профессора Бурдена, блестящего лектора, человека, увлеченного техникой и в том числе водяными двигателями. Бурден был уверен, что водяной двигатель можно сделать весьма совершенным. Впоследствии он такой двигатель предложил. Это была гидравлическая турбина. Но осуществить свою идею ему не довелось. Для постройки турбины Бурдену не хватило практического умения и настойчивости. Испытания дали неудовлетворительные результаты, и работа была заброшена. От своего профессора ученики узнали о работах венгерского ученого Сегнера и русского академика, выдающегося математика Леонарда Эйлера.

Сегнер еще в 1750 году построил интересный прибор, получивший название «сегнерово колесо». Прибор представлял собой сосуд, свободно подвешенный на штативе. Внизу сосуд заканчивался трубкой, концы которой были загнуты в противоположные стороны под прямым углом (вспомните шар Герона). Когда в сосуд наливали воду, она начинала под напором вытекать через оба отверстия трубки, а сам сосуд приходил во вращение. Как легко догадаться, сосуд приводился в движение известной уже нам реактивной силой, только в данном случае не пара, а вытекающей воды.

В этом приборе был заложен новый принцип действия водяного двигателя.

Эйлер заинтересовался этим прибором. Он занялся исследованием работы водяного колеса, использующего реактивную силу истечения воды, и дал точный расчет такого двигателя. Поэтому, когда Фурнейрон приступил к работе над своей турбиной, он смог произвести необходимые расчеты. Ему было также известно многое из того, что было сделано до него.

В конструкции турбины Фурнейрона лежала идея, которую выдвинул в свое время его учитель профессор Бурден. В турбине помимо рабочего колеса с лопатками было еще устройство, получившее название направляющего аппарата, по каналам которого вода направлялась на рабочее колесо.

И рабочее колесо и направляющий аппарат, помещенный внутри его, имели горизонтальное расположение. Вертикальный вал, на котором крепилось рабочее колесо, проходил через трубу. По трубе вода поступала в направляющий аппарат. Каналы направляющего аппарата и лопатки рабочего колеса имели специально изогнутую форму, она обеспечивала наилучшее использование энергии поступающего в турбину потока воды. Фурнейрон выполнил свою турбину в металле и благодаря точному конструкторскому расчету добился весьма небольших ее размеров. Достаточно сказать, что одна из построенных им турбин мощностью в 60 лошадиных сил весила всего 17 килограммов и имела диаметр рабочего колеса около 30 сантиметров.

Новый двигатель нашел признание, и Фурнейрон организовал его широкое производство.

В совершенно иных условиях жил и работал другой изобретатель гидравлических турбин Игнатий Сафонов. Сын крепостного мастерового Алапаевского металлургического завода на Урале «плотинного мастера» Егора Сафонова, он и сам стал мастеровым. Грамоте Игнатий Сафонов обучился в «словесной школе». После окончания школы он начал работать «слесарем-учеником». Потом способный ученик пошел дорогой отца и тоже стал «плотинным мастером».

В обязанности «плотинного мастера» входило наблюдение за плотинами и водяными колесами. Занимаясь обслуживанием и ремонтом водяных колес, он хорошо видел все их недостатки. Выполненные из дерева, они были очень тяжелыми и большими. Большая часть воды, поступающая на колеса, терялась без всякой пользы.

«Плотинный мастер» решает заняться усовершенствованием водяных колес. Постепенно он приходит к мысли построить горизонтальное водяное колесо. Это колесо оказалось новым типом водяного двигателя — гидравлической турбиной.

В 1836 году Сафонов получает разрешение от управления Алапаевских заводов и приступает к созданию своей турбины.

Сегодня технический подвиг, совершенный Сафоновым, вызыва-

ет изумление. Не зная расчетов Эйлера и не будучи знаком с работами Фурнейрона, этот гениальный самоучка сумел построить весьма совершенную турбину. Турбина имела небольшие размеры и расходовала к тому же в два раза меньше воды, чем водяное колесо, которое она заменила. Состояла турбина из рабочего колеса и направляющего аппарата. Вода поступала сначала в направляющий аппарат, а затем на лопатки рабочего колеса, приводя его во вращение. Сафонов предусмотрел возможность регулирования скорости и мощности турбины. Для этого он сделал специальный засов, изменяющий сечение входных отверстий направляющего аппарата, с помощью которого можно было увеличивать или уменьшать количество воды, проходящей через турбину.

Так же, как и Ползунову, Сафонову пришлось преодолеть огромные трудности по изготовлению и обработке металлических частей турбины. Ему пришлось изготовить и обработать специально изогнутые лопатки рабочего колеса, направляющего аппарата и другие сложные детали. Какой поразительной инженерной интуицией надо было обладать, чтобы без знания расчетов деталей машин изготовить новый двигатель небольшим, прочным и сравнительно легким! Первая турбина Сафонова была построена и пущена в ход в 1837 году на Алапаевском металлургическом заводе. Она приводила в действие прокатный стан. Впоследствии Сафонов строит еще более экономичные турбины, чем первая, на Ирбитском и Нейво-Шайтанском уральских заводах.

Гениальный русский изобретатель Игнатий Сафонов работал без всякой поддержки царского правительства и до конца своих дней оставался крепостным.

Итак, гидравлическая турбина была построена в те годы, когда начался век паровой машины. Она стала заменять старые, малоэкономичные водяные колеса, но составить серьезную конкуренцию паровой машине и затормозить ее распространение она, конечно, не могла.

По-настоящему гидравлическая турбина вошла в жизнь и обрела свои законные права, когда начали строить гидроэлектростанции. Здесь она так же, как и паровая турбина на тепловых электростанциях, является двигателем электрических генераторов.

После Фурнейрона и Сафонова, как это было и с другими известными нам двигателями, еще много инженеров и ученых занимались совершенствованием гидравлических турбин. Среди них были французский математик и военный инженер Понселе, американцы Френсис и Пелтон и многие другие.

Сегодня гидравлические турбины строятся разных типов, но все они относятся в основном к двум группам: активным и реактивным турбинам.

К активным турбинам относится так называемая ковшовая турбина, которая находит применение на гидроэлектростанциях, строящихся на горных реках. Количество, или, как говорят, расход воды в этих реках невелик по сравнению, например, с равнинными реками, но зато вода здесь падает с большой высоты и поступает в турбину под большим напором.

Рабочие лопатки ковшовой турбины напоминают по форме ковши. Вода через входные сопла мощной струей ударяет по лопаткам, отдает им свою энергию и заставляет турбину вращаться.

На могучих равнинных реках применяют так называемые радиально-осевые турбины реактивного действия.

Эти турбины — прямые наследники турбин Фурнейрона и Сафоновна. Только в тех турбинах направляющий аппарат помещался внутри рабочего колеса; вода, поступая в центральную часть турбины, попадала на рабочие лопатки, следуя в радиальном направлении от оси турбины к ее периферии.

Потом было установлено, что выгодней направление прохождения воды через турбину изменить на обратное — от периферии к центру.

Поэтому у современных радиально-осевых турбин рабочее колесо помещается внутри направляющего аппарата. Вода, поступая в турбину сравнительно под небольшим напором (на равнинных реках высота плотины такова, что разность уровней воды до турбины и после нее во много раз меньше, чем на горных реках) и проходя сначала через направляющий аппарат, а затем через рабочие лопатки, развивает большую скорость. Уходя с лопаток рабочего колеса, вода как бы отталкивает рабочее колесо в другую сторону.

Лопатки направляющего аппарата в этих турбинах могут поворачиваться. Это позволяет менять количество воды, проходящей через турбину, и тем самым менять мощность турбины.

Есть еще пропеллерные турбины, применяемые на небольших гидроэлектростанциях, и поворотн-лопастные турбины, нашедшие широкое распространение на самых мощных равнинных гидроэлектростанциях.

В пропеллерной турбине рабочее колесо напоминает пропеллер или судовой винт. Направляющий аппарат находится над ним. Вода, выходя из направляющего аппарата, попадает на лопасти пропеллера (рабочего колеса) и отдает им свою энергию. Работает эта турбина по тому же принципу, что и радиально-осевая.

Поворотн-лопастная турбина напоминает пропеллерную и отличается от нее тем, что у нее лопасти рабочего колеса могут поворачиваться одновременно с лопатками направляющего аппарата. Это обеспечивает наиболее экономичную работу турбин при разных расходах воды.

Когда мы начали наш рассказ о гидротурбинах, то отметили, что по мощности они соперничают с паровыми турбинами.

Это действительно так. Например, на одной из крупнейшей в мире Братской гидроэлектростанции установлены гидротурбины с генераторами мощностью по 500 тысяч киловатт каждая.

ТАИНСТВЕННАЯ СИЛА КАМНЕЙ

А теперь перейдем к рассказу о двигателе, который довольно в короткий срок вытеснил с фабрик и заводов все существовавшие до него двигатели: и паровые, и водяные, и двигатели внутреннего сгорания.

Нетрудно догадаться, что речь пойдет о самом распространенном в промышленности электрическом двигателе.

Но прежде немного о том, как человек научился использовать электричество, или электрическую энергию. Ведь этот вид энергии в отличие, например, от энергии падающей воды или энергии ветра в природе не существует.

Раньше чем построить двигатель, работающий на электрической энергии, необходимо было еще научиться получать этот новый вид энергии и притом в больших количествах.

Сейчас-то мы знаем, что электроэнергию дают нам тепловые, гидравлические и атомные электростанции, где паровые и гидравлические турбины приводят в действие могучие электрические генераторы, вырабатывающие электрический ток. Ток по проводам приходит на фабрики и заводы и приводит в действие электродвигатели, а двигатели в свою очередь — рабочие машины. Путь до электростанций был нелегок.

...«Электричество» и «магнетизм» были известны еще древним грекам. От них и пришли к нам эти слова. «Электрон» — по-гречески «янтарь». Люди давно обратили внимание на одно интересное свойство янтаря — когда его натирали шерстяной тряпочкой, он начинал притягивать к себе мелкие предметы. А слово «магнетизм» ведет свое начало от имени пастуха Магнуса. Согласно преданию, он пас однажды свое стадо на горе Иде и, споткнувшись о какой-то бурый камень, едва отодрал от него свой посох с железным наконечником. Камень обладал какой-то таинственной силой, способной притягивать к себе железные предметы. Такие «камни» получили название «магниты».

Наблюдая, как янтарь или магнитное железо (магниты) вызывают движение других предметов, люди наделяли их «живой силой»,

полагая, что это какие-то особые камни с «живой душой». Так длилось много веков, в течение которых люди даже не помышляли о полезном использовании электричества и магнетизма. Правда, в отношении «магнетизма» это не совсем точно. Магниты нашли применение в судоходстве. Полагают, что китайцы еще три тысячи лет назад сделали прибор, который сейчас называется компасом.

Итак, многие века электричество и магнетизм вызывали у людей изумление, а порой эти неизвестные силы внушали им просто страх (есть предание о магнитной горе, которая притягивала к себе корабли, превращая их в груды щепок).

Но проходит время, и человечество вступает в эпоху Возрождения, пришедшего на смену мрачным временам средневековья. Наступает новый период расцвета искусства и науки. Люди стремятся лучше понять окружающий их мир. Делаются также первые шаги в изучении электричества и магнетизма. И вот в Лондоне в 1600 году появляется книжка под названием «О магните, магнитных телах и о большом магните земли». Автор ее придворный врач английской королевы Елизаветы Уильям Джильберт. Наблюдательный медик описал в своей книжке много важных и интересных явлений, связанных с природой магнетизма и электричества.

Джильберт указывал, в частности, что нельзя изготовить магнит только с одним полюсом; если взять два магнита, то одноименные их полюса будут отталкиваться, а разноименные — северный и южный — притягиваться. А если магнит сильно ударить или нагреть, то он размагнитится. Он высказал мысль, что земля сама по себе является большим магнитом.

Джильберт заметил, что не все материалы могут накапливать электричество, или, как мы теперь говорим, электризоваться. Если смола и стекло электризовались легко, то с металлами ничего не получалось.

Впоследствии ученые стали строить различные машины, в которых электричество накапливалось трением. Для этого применялись чаще всего стеклянные диски, которые при вращении натирались прижатыми к ним щетками.

А в 1729 году англичанин Грей, проводя опыты с электризацией различных предметов, обнаружил, что по одним телам электричество хорошо «стекает», а по другим нет. Он пришел к выводу, что все тела могут быть разделены на проводники и непроводники. В его опытах металлическая проволока хорошо проводила электричество, а шелковый шнур совсем не проводил.

Затем ученые поняли, что электричество может «утекать» с наэлектризованного тела, передаваться другим телам и существовать на других телах отдельно от наэлектризованного тела. Англичанину Грею удалось также установить, что электричество при электризации

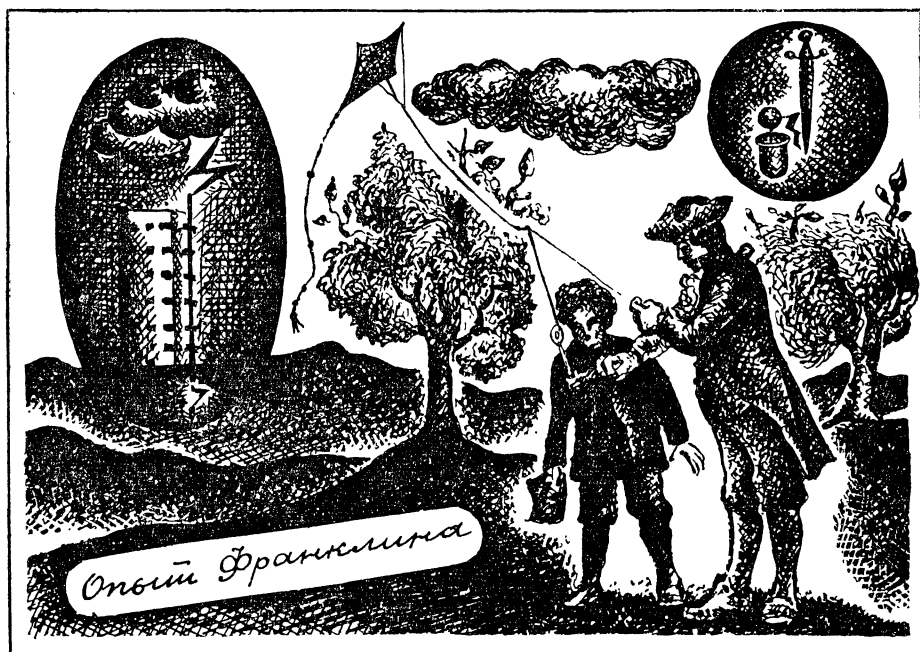
«перетекает» только по поверхности тел, независимо от того, сплошное это тело или полое.

Далее было замечено, что при натирании янтаря и стекла получается разного рода электричество. Два легких костяных шарика, свободно подвешенные на нитках и наэлектризованные, например, «стеклянным» электричеством, отталкивались друг от друга. Если же один из шариков электризовался «янтарным» электричеством, а другой «стеклянным», то шарики притягивались.

Пытаясь понять природу электричества, ученые представляли себе, что электричество — это какая-то жидкость, которая может «протекать» через определенные тела. Но так в те времена думали не только об электричестве. Существовало представление, что теплота — это тоже особая жидкость — «флогистон».

Загадка электричества не давала покоя ученым.

В 1746 году появляется на свет знаменитая «лейденская банка». Ее можно видеть сегодня в каждом кабинете физики, и она хорошо известна школьникам. Название свое банка получила от города Лейдена, где профессор Мушенбрек поставил свой опыт. Банка позволяла «накапливать» и «хранить» электричество.



В эти же годы на другом континенте, в американском городе Филадельфии жил и работал великий американец — Бенджамин Франклин.

Выдающийся политический деятель Франклин увлекался наукой и, в частности, опытами с электричеством. Ему удалось провести одно важное наблюдение. Если к заряженному (наэлектризованному) шару поднести острый предмет, например, кинжал, то шар разряжался на острие кинжала и острие это в темноте светилось. Получалось, что острые предметы способны как бы «извлекать» электричество.

Это позволило Франклину, а также великому русскому ученому Михаилу Ломоносову и его другу профессору Рихману дерзнуть извлечь молнию из атмосферы. Ученые догадывались, что молния — это большая электрическая искра, которая проскакивает между облаком и землей. А накапливается электричество в атмосфере из-за трения между водяными капельками или их парами. Практическим следствием этих опытов (во время одного из опытов от удара молнии профессор Рихман погиб) были предложения об устройстве молниеотводов. Сооружение высоких металлических шпилей позволило охранять строение от ударов молнии. Эти шпили, как острие кинжала в опыте Франклина, «вытягивали» на себя разряд молнии.

Здесь нужно заметить, что это был весьма чувствительный удар науки по религии: ведь ученые предложили совсем простой способ защиты от «гнева» божьего.

И наконец приходит время, когда начинают предприниматься первые, пока еще робкие попытки заставить таинственную силу, называемую электричеством, работать с пользой на человечество.

В 1748 году Франклин построил «электрическое колесо», которое вращалось благодаря «электрической силе» двух противоположно заряженных лейденских банок. Франклин писал в одном из писем к своим друзьям, что ему удалось с помощью «электрического колеса» прекрасно зажарить индейку. «Электрическое колесо» с успехом крутило вертел.

От «электродвигателя» Франклина, как мы понимаем, практической пользы еще не было и не могло, конечно, быть.

Наступает 1791 год. В Италии появляется важное сочинение, посвященное электричеству. Оно называлось «Об электрических силах в мускуле». Написал его профессор анатомии Луиджи Гальвани. Профессор описывал опыты с лягушками, при проведении которых он установил, что существует «животное электричество». Гальвани наблюдал сокращение мускулов лапки препарированной лягушки, когда из стоявшего рядом наэлектризованного шарика извлекали электрическую искру. А однажды, положив подвешенную за медный крючок лапку на металлическую пластинку, он заметил, что она также сокращается. Если же лапку с крючком клали на стеклянную

пластинку, сокращения не наблюдалось. Ученый решил, что в организме животных есть электричество. Оно проявляется, например, когда медный крючок и стальная пластинка замыкаются между собой.

Спустя девять лет, в 1800 году, другой итальянец профессор физики Алессандро Вольта высказывает мнение, что Гальвани открыл не «животное электричество», а наблюдал электрический ток, который появлялся в результате контакта (соприкосновения) двух разных металлов — крючка и пластины. Когда лапку лягушки, насаженную на медный крючок, Гальвани клал на пластину из другого металла и наблюдал за ее сокращениями, то лапка в данном случае была только чувствительным прибором, который регистрировал очень слабый электрический ток.

Затем Вольта строит свой прибор, названный в его честь «вольтовым столбом». Это была первая электрическая батарея, предшественница всех современных батарей и аккумуляторов, в том числе и всем известных батареек для карманных фонариков.

Эта батарея состояла из собранных в столбах медных и цинковых кружков, разделенных картонными кружками, смоченными кислотой. К первому и последнему кружкам припаивались провода. Когда эти провода соединяли между собой, то по ним протекало электричество, или, как говорят сегодня, протекал электрический ток. Интересно, что в выражении «электрический ток» еще с тех времен скрыто представление о том, что электричество — это жидкость, которая может «течь», «перетекать».

Однако Вольта ошибался в существе работы сделанного им прибора. Он полагал, что в его столбе электричество движется благодаря соприкосновению металлов различной природы. Такое электричество, конечно, есть (Вольта правильно объяснил опыты Гальвани), но в его столбе электрический ток появлялся благодаря химической реакции между кислотой и кружочками меди и цинка. Ток в проводах, соединяющих концы (полюсы) столба, протекал до тех пор, пока не высыхала кислота.

Вольтов столб был первым источником тока, сделанным руками человека. Сегодня такой способ получения электрического тока называется электрохимическим. Этот источник тока в отличие от «лейденской банки» и «электрических колес», с помощью которых можно было накапливать электрические заряды на поверхности разных тел, позволял получать («вырабатывать») электрический ток.

Появление вольтовой батареи положило начало новому этапу в изучении электричества и магнетизма.

В 1803 году профессор Петербургской медико-хирургической академии Василий Владимирович Петров, проводя опыты с вольтовым столбом, включил между проводами, подсоединенными к полюсам

батареи, две угольные палочки (два электрода). Когда он начал их раздвигать, то между ними возникла электрическая дуга. Она горела ослепительным пламенем и освещала помещение.

Это было важное открытие русского ученого. Но не менее важным было предсказание Петрова о возможности применения вольтовой дуги (такое название она получила) для сварки металлов, освещения и выплавки металлов.

После Петрова (не зная о его работах) интересные опыты с вольтовой дугой проводит английский физик Хемфри Дэви.

В 1820 году, спустя двадцать лет после появления первого источника электрического тока — вольтова столба, датский физик Эрстед устанавливает связь между электрическими и магнитными явлениями. Пропуская по проводу ток от батареи, он заметил, что расположенная вблизи провода магнитная стрелка отклоняется. Значит, электрический ток и магнитная стрелка взаимодействуют! Эрстед определил, что сила, с которой проводник с током действует на магнитную стрелку, направлена вокруг проводника (по кругу).

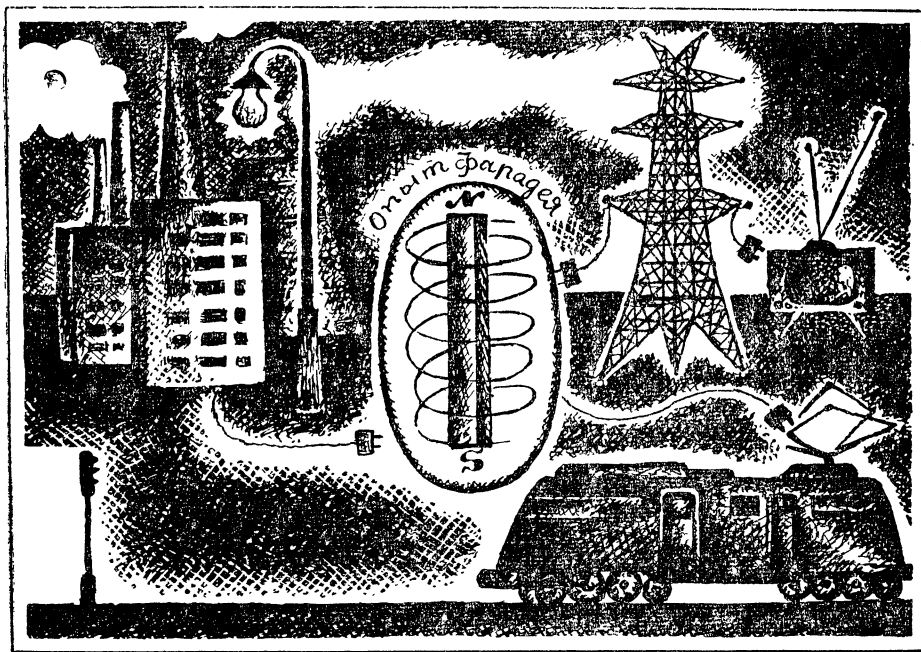
Это было очень важное открытие. Оно положило начало изучению новых явлений, получивших название электромагнитных явлений.

В том же году французский ученый Араго убедился, что электрический ток может намагничивать железо. Стоит свить из проволоки спираль, внутрь которой поместить железный брусок, и пропустить по проволоке ток от батареи, как брусок намагнитится. Электричество рождало магнетизм! Такие магниты получили название электромагнитов.

Ученые увидели, что электромагниты способны притягивать к себе и удерживать железные тела весом, во много раз превышающим их собственный вес. Очень сильные электромагниты, где были применены подковообразные стержни из особого мягкого железа, удалось построить известному американскому физiku Генри и другим ученым.

Затем великий французский математик и физик Ампер открывает еще одно чрезвычайно важное явление — взаимодействие электрических токов. Два проводника с током в зависимости от направления токов в них либо притягиваются, либо отталкиваются. Причем картина взаимодействия тока не была похожа на картину взаимодействия зарядов (вспомните наэлектризованные шары). Если два шара, наэлектризованные одинаковыми зарядами, отталкивались, то два проводника с одинаковым направлением токов в них притягивались. Ампер определил также и силу взаимодействия проводников с током.

Работы Эрстеда, Араго, Ампера подвели к мысли: если электрические заряды, получаемые электризацией, способны вращать



колесо (вспомните опыты Франклина), то этого же можно будет достигнуть, используя электромагнетизм и новые данные о взаимодействии проводников с током.

Однако оставалась нерешенной еще одна важная задача: как превратить магнетизм в электричество.

В электромагните, как нам уже известно, при прохождении электрического тока по катушке происходит намагничивание железного бруска: электричество порождает магнетизм.

А что нужно сделать, чтобы произошло обратное явление?

В 1831 году великий английский ученый Майкл Фарадей ответил на этот вопрос.

Здесь нужно заметить, что, до того как Фарадей сделал свое величайшее открытие, уже появились приборы для измерения электричества.

Взаимодействие электрических зарядов можно было определить с помощью прибора, сделанного французским физиком Шарлем Кулоном. А способ измерения электрического тока дал немецкий физик Георг Ом. Он же вывел один из основных законов электротехники, названный его именем — законом Ома. Этот закон устанавливал, от

чего зависит ток, протекающий в проводнике, и позволял в цифрах судить о величине этого тока.

Очень чувствительный и простой прибор для измерения силы тока, названный гальванометром, предложил изобретатель Нобили. Этот последний прибор очень помог Фарадею в его открытии.

Итак, что же сделал Фарадей?

На первый взгляд ничего сложного. Но так бывает в технике, что решение самых сложных задач, потребовавших огромных затрат труда и времени, оказывается неожиданно очень простым. Так случилось и у Фарадея. Девять лет напряженнейшей работы и поиска путей превращения магнетизма в электричество завершились весьма простым опытом, имевшим огромные последствия. Если из изолированной проволоки свить катушку и ввести в нее магнитный стержень, то во время движения стержня по катушке протекает электрический ток. Это можно наблюдать по гальванометру, подключенному к катушке. Когда стержень выдвигался из катушки, в ней вновь протекал ток, но уже обратного направления. Если магнитный стержень не двигался, а просто находился внутри катушки, то тока в катушке не было.

Описанная картина повторялась, если магнитный стержень оставался неподвижным, а двигалась катушка.

Явление, которое открыл Фарадей, получило название «магнитной индукции». Суть его состоит в том, что при перемещении замкнутой катушки вблизи магнита (точнее нужно сказать, в магнитном поле) в ней возникает, или, как говорят, «индуцируется» электрический ток. Можно, например, катушку поместить внутри расположенных по окружности неподвижных магнитов. И если катушку каким-либо способом привести во вращение, в ней также будет возникать электрический ток. Открытие Фарадея указывало на новый способ получения электричества. Из него следовало, что электрическую энергию можно получать путем превращения механической энергии. Для этого (конечно, в самом упрощенном виде) нужны: какой-либо источник механической энергии, приводящий в движение либо магнит, либо катушку (в нашем опыте — мускульная сила человека), катушка из изолированного провода и магнит.

Итак, дорога к созданию нового источника электрической энергии — электрического генератора — была открыта.

ПУТЕШЕСТВИЕ ПО НЕВЕ

Нужно сказать, что усилия ученых сосредоточились не только на создании электрического генератора — машины, превращающей механическую энергию в электрическую.

Одновременно они стремились решить и обратную задачу — заставить электрическую энергию выполнять полезную механическую работу, то есть создать электрический двигатель.

В этом отношении очень важное открытие сделал в 1838 году русский академик Эмиль Христианович Ленц. Занимаясь проверкой опытов Фарадея, он установил, что если при движении катушки вблизи магнита в ней появляется электрический ток, то возможно и обратное — пропуская электрический ток через катушку, можно привести в движение магнит.

В первом случае прибор, а это может быть и большая электрическая машина, работает как генератор электрической энергии — он преобразует механическую энергию движения катушки в электрический ток (электрическую энергию).

Во втором случае к прибору подводится электрический ток, и он преобразуется прибором (машиной) в механическую энергию движения.

Из этого следовало, что двигатель можно сделать из генератора, а генератор в свою очередь можно обратить в двигатель.

Но, как часто случается, в первых электрических двигателях открытие Ленца не было применено. Не сразу догадались, что можно одни и те же принципы использовать и при создании генераторов и при создании двигателей. К этому пришли несколько позже.

А пока один из первых электрических двигателей, который смог выполнять полезную работу (он был установлен на лодке и приводил ее в движение), был сделан по иному принципу. Этот двигатель построил в 1839 году выдающийся русский ученый Борис Семенович Якоби (описание своего электродвигателя Якоби сделал еще в 1834 году). Нужно заметить, что мировая слава к Якоби пришла не как к создателю электродвигателя, хотя его опыты и исследования в этой части имели большое значение для развития электротехники. Он открыл гальванопластику — способ, который с помощью электрического тока позволял золотить и серебрить разные металлические изделия или переносить выгравированные изображения с одной медной пластины на много других (получать копии изображений, например рисунков).

Двигатель Якоби имел две группы электромагнитов: подвижные и неподвижные. Подвижные электромагниты размещались на вращающемся диске. Вокруг диска на неподвижном основании закреп-

лялись неподвижные электромагниты. Ток электромагниты получали от электрической батареи. Но если к неподвижным электромагнитам подвести ток не составляло труда, то подвод тока к подвижным электромагнитам производился через специальное устройство, называемое коммутатором. Это были четыре медных кольца, насаженные на вал диска. К кольцам присоединялись катушки подвижных электромагнитов и прижимались другие медные пластинки, называемые щетками, которые при вращении диска скользили по кольцам. Ток от батареи подводился к щеткам и через кольца к электромагнитам.

Но коммутатор позволял не только подводить электрический ток к вращающимся вместе с диском электромагнитам. Он через определенные промежутки времени изменял направление тока в катушках подвижных электромагнитов, тем самым изменяя полярность электромагнитов: северный полюс становился южным и наоборот. Это достигалось особым устройством колец (они имели разрезы с изоляционными вставками, не проводящими электрический ток) и определенным способом подсоединения катушек подвижных электромагнитов к кольцам.

Что же касается полярности неподвижных электромагнитов, то они тоже чередовались: за электромагнитом с северным полюсом шел электромагнит с южным полюсом и так далее.

Когда на подвижные и неподвижные электромагниты подавался ток, то северные полюса подвижных электромагнитов начинали притягиваться к южным полюсам неподвижных электромагнитов и диск приходил во вращение. Как только полюсы подвижных и неподвижных магнитов становились друг против друга, так в обмотках подвижных электромагнитов при помощи коммутатора изменялось направление тока и их северные полюса становились южными. Тогда эти южные полюса подвижных электромагнитов начинали уже отталкиваться от южных полюсов неподвижных электромагнитов, против которых они в данный момент очутились. Далее картина повторялась, и диск продолжал вращаться.

Двигатель этот развивал небольшую мощность. Но все же шлюп, на котором он был установлен для вращения гребного винта, смог проплыть по Неве против течения с двенадцатью пассажирами около сорока километров. По мере плавания батареи, питающие электромагниты, разряжались, двигатель постепенно терял мощность и потом совсем остановился.

Нетрудно догадаться, что для работы такого двигателя требовалась очень большая электрическая батарея, которая занимала много места и имела большой вес. И все равно электрической энергии на длительную работу двигателя не хватало.

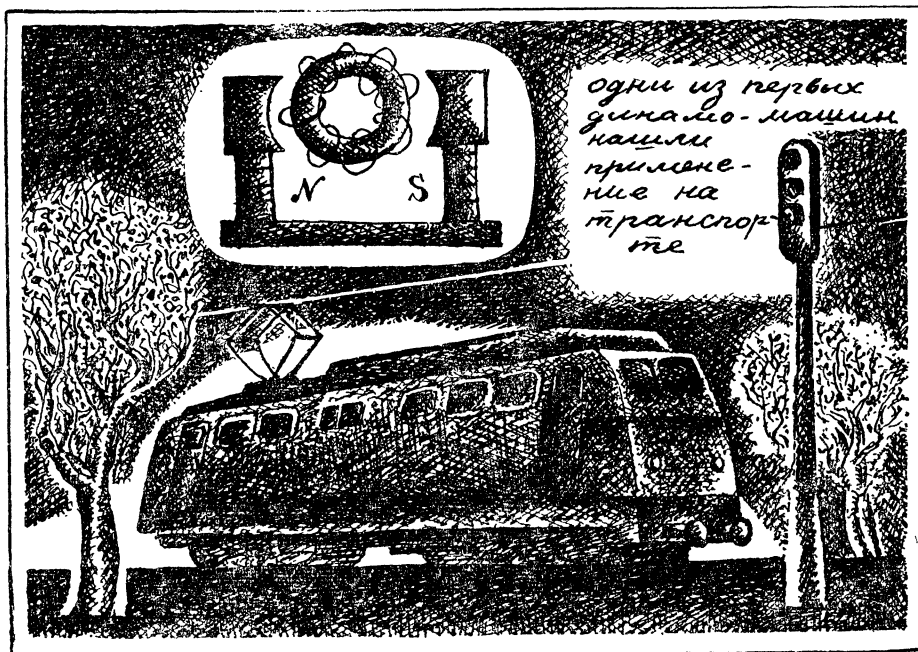
Мечта Бориса Семеновича Якоби о том, чтобы Нева «покрылась

судами с магнитными двигателями», оказалась в то время неосуществимой.

Идеей создания электрического двигателя было увлечено много изобретателей. Предлагалось немало разновидностей электродвигателей. Но все же успех сопутствовал изобретателям, которые понимали, что нет необходимости отдельно строить электродвигатели и электрические генераторы. Надо думать о такой конструкции машины, которая в соответствии с открытием Ленца могла работать и генератором и двигателем. В этом направлении и велось большинство работ.

Строились, например, электрические машины с очень большими стальными магнитами. Полюса этих магнитов образовывали как бы полый цилиндр, внутри которого помещалась вращающаяся часть машины — якорь. Якорь имел цилиндрическую форму, выполнялся из железа, и на нем размещалась обмотка. Однако эти машины имели существенные недостатки — они были очень громоздкими, магниты и якорь быстро перегревались, и мощность их была весьма невелика.

Новый шаг в создании электрических машин был сделан тогда,



когда догадались заменить магниты на электромагниты. Ведь сила электромагнитов гораздо больше, чем обычных стальных магнитов (правда, обмотки электромагнитов необходимо питать от какого-то источника). Одним из первых произвел эту замену в 1866 году англичанин Уайльд. Для питания электромагнитов электрическим током Уайльд использовал дополнительную небольшую машину со стальными магнитами. Она вырабатывала электрический ток, который питал обмотки электромагнитов основной машины. Это было, конечно, не очень удобно, но новая машина с электромагнитами оказалась гораздо мощнее и лучше других машин.

Немецкому инженеру и фабриканту Вернеру Сименсу понадобилось совсем немного времени, чтобы избавить электрическую машину Уайльда от дополнительной машины, дающей ток ее электромагнитам. Он строит электромашину, в которой ток для питания собственных электромагнитов машина вырабатывала сама. Необходимость в дополнительной машине отпала. Для этой цели Сименс использовал явление, которое называется «остаточным магнетизмом». Сименс знал, что в железе электрической машины, даже когда она не работает, всегда имеется (остаётся) небольшая намагниченность. Когда якорь машины начинали вращать, то благодаря остаточному магнетизму в его обмотке возникал небольшой ток. Этот ток направлялся в электромагниты. В свою очередь электромагниты, получив ток, усиливали свою намагниченность (магнитное поле) и увеличивали ток в обмотке якоря, а этот ток еще больше увеличивал намагниченность электромагнитов. Такие электрические машины получили название самовозбуждающихся машин. Они не только вырабатывали электрическую энергию, которую можно было по проводам отдавать различным потребителям, например, электродвигателям, но и сами себя возбуждали — питали свои электромагниты.

Идея создания самовозбуждающейся электрической машины, называемой еще динамо-электрической машиной, или просто динамо-машиной, принадлежит не одному Сименсу. В тот же день, когда в Лондонском Королевском обществе был сделан доклад о машине Сименса (его прочел брат Сименса), другой ученый, английский профессор Уитсон, на этом же заседании продемонстрировал небольшую электрическую машину, работавшую на том же принципе самовозбуждения. К этому был близок и Уайльд.

Проходит немного времени, и в динамо-машину вносятся важные усовершенствования. Благодаря изобретениям итальянского профессора Антонио Пачинотти, французского столяра Зиновия Грамма, американского инженера Хайрома Максима (известного, к сожалению, не своей довольно плодотворной работой в электротехнике, а изобретением пулемета, носящего его имя) была улучшена конструкция якоря машины. А знаменитый американский изобретатель Томас

Альва Эдисон находит хороший способ уменьшить нагрев машины.

Усилия многих ученых, инженеров и изобретателей завершились созданием достаточно мощной, пригодной для промышленного использования динамо-машины.

Одновременно это было рождение нового двигателя. Им могла стать любая динамо-машина, если к ней подвести ток от электрической батареи или от другой динамо-машины.

Интересно заметить, что одна из первых попыток практического применения электродвигателей была связана с транспортом. Сименс в 1879 году применил свой двигатель для электропоезда. На Берлинской промышленной выставке он демонстрировал электровоз с тремя вагончиками, перевозившими более семидесяти пассажиров со скоростью семь километров в час.

Приводил в движение электровоз электрический двигатель. Электропитание двигатель получал по проводам, проложенным вдоль рельс от динамо-машины, которую вращала паровая машина. Этот показательный электропоезд был предшественником современных трамваев и электропоездов, пришедших впоследствии на смену паровозам.

Первые опыты по использованию электродвигателей наглядно показывали, что они могут быть применены на многих работах, где трудились другие известные уже в то время двигатели.

САМЫЙ ПРОСТОЙ И ДЕШЕВЫЙ

Для того чтобы электродвигатель пришел на фабрики и заводы и стал там полноправным хозяином, понадобилось еще научиться передавать электрическую энергию на большие расстояния. Пока этому не научились, приходилось на каждом предприятии, желающем применить у себя электрические двигатели для привода различных машин, станков и механизмов, строить небольшие электростанции. На электростанциях устанавливали паровую машину или другой двигатель, который вращал динамо-машину, а уже от нее электрический ток передавался в близрасположенные цехи. Такая сложная установка часто оказывалась невыгодной, так как необходимость в паровой машине или другом двигателе не отпадала, а динамо-машины и двигатели стоили недешево.

Заводы и фабрики были бы заинтересованы в широком применении электродвигателей в том случае, если бы они имели возможность получать откуда-то дешевую электрическую энергию. Причем получать в нужных количествах и в любое время, когда она необходима

для работы предприятия. Ведь электрической энергией нельзя запастись и хранить ее, например, на складе.

Было ясно, что нужно строить крупные электростанции, вырабатывающие много электроэнергии, и от них питать все предприятия, желающие использовать у себя электрические двигатели. Только такой путь мог ускорить внедрение электрической энергии в промышленность. При решении этой задачи столкнулись со многими трудностями. И одна из них — трудность передачи электроэнергии на большие расстояния.

Электростанции можно строить не везде. Для гидроэлектростанций нужны реки; тепловые электростанции выгодно размещать ближе к местам, где есть топливо. А фабрики и заводы строились, как правило, либо в городах, где жили рабочие, либо поближе к источникам сырья, которые они перерабатывали. Расстояния от предприятий до электростанций часто получались большими. Почему же оказалось трудным подводить электроэнергию к удаленным от электростанций фабрикам и заводам?

Здесь мы должны сказать о том, что при передаче электрической энергии по проводам в них происходит потеря части электроэнергии. Чем на большее расстояние нужно передать электрическую энергию и чем больший ток (большая электрическая мощность) по ним передается, тем больше потери в проводах. При больших расстояниях и больших передаваемых токах потери электроэнергии в проводах (линиях электропередачи) оказываются столь большими, что сооружение этих линий становится бессмысленным.

Чтобы понять, как преодолели эти трудности, мы должны также знать, что под электрической мощностью в электротехнике понимается произведение тока на напряжение. Одну и ту же электрическую мощность можно передать по линии электропередачи при большом напряжении и малом токе или при большом токе и малом напряжении.

Отсюда напрашивается вывод, если потери электроэнергии в линии электропередачи зависят от тока, то передавать электроэнергию на большие расстояния нужно при малых токах и больших напряжениях.

Казалось бы, все просто. Но простым все становится после того, как кто-то первый поймет и укажет, как надо поступить. Этим первым в данном случае был профессор физики Петербургского лесного института Дмитрий Александрович Лачинов. В 1880 году в русском журнале «Электричество» появляется его статья о передаче электрической энергии и применении электродвигателей.

В ней он прямо указывал, что передачу электроэнергии надо осуществлять при высоком напряжении и малой силе тока.

Соображения, высказанные Лачиновым, позволили французско-

му инженеру Марселю Депрэ и русскому инженеру Ивану Филипповичу Усагину построить первые линии электропередачи.

В 1882 году на международной промышленной выставке в Мюнхене Депрэ демонстрирует свою передачу. Успех был огромный. Депрэ устроил водопад. С искусственной скалы падал поток воды, кругом все было ярко освещено и люди подолгу задерживались полюбоваться красивым зрелищем. Но самым поразительным в этой установке было то, что электрический двигатель, который приводил во вращение насос, подававший воду на вершину скалы, получал электрическую энергию по проводам от небольшой электростанции из городка Мисбаха, расположенного за шестьдесят с лишним километров от Мюнхена.

В этом же году для освещения Всероссийской промышленной выставки строит свою передачу и Усагин.

Конечно, первые опыты Депрэ и Усагина не решали проблемы передачи электроэнергии на большие расстояния. Эта задача огромного значения решалась многими поколениями энергетиков и продолжает решаться по сей день. Но их опыты открывали широкую дорогу электрическим двигателям на фабрики и заводы. Становилось очевидным, что получать электрическую энергию для питания электродвигателей от электростанций гораздо выгодней, чем применять на предприятиях паровые машины, дизели и другие двигатели.

Первые передачи работали еще весьма неудовлетворительно. Основная трудность состояла в повышении напряжения. Повышать напряжение не позволяли динамо-машины, которые не выдерживали большого увеличения напряжения и выходили из строя.

Дело в том, что динамо-машины, электродвигатели и первые линии электропередачи были постоянного тока (в электротехнике различают два рода тока — постоянный, протекающий неизменно в одном направлении, и переменный, меняющий свое направление).

Когда при вращении динамо-машины в обмотках якоря возникает (индуцируется) электрический ток, то этот ток при прохождении якоря мимо разных полюсов электромагнитов (южного или северного) каждый раз меняет свое направление в обмотке (по проводам обмотки протекает переменный ток). Для того чтобы динамо-машина могла давать во внешнюю сеть постоянный ток, в ней предусмотрено специальное устройство — коллектор, выпрямляющее переменный ток обмоток якоря. Коллектор насажен на вал динамо-машины и вращается вместе с ним. К поверхности коллектора прижаты щетки, с помощью которых электрический ток «снимается» с него и передается во внешнюю сеть.

Так вот, повышать напряжение динамо-машины не позволял коллектор. При высоких напряжениях на нем возникало сильное искрение, и машина начинала плохо работать.

Новые возможности повышать напряжение при передаче электрической энергии на большие расстояния открылись, когда был построен электрический генератор переменного тока и трансформатор — еще один очень важный электрический аппарат.

Трансформатор позволяет преобразовывать переменный ток одного напряжения в переменный ток другого напряжения. В его работе используется открытое Фарадеем явление магнитной индукции. Если на железном сердечнике поместить две независимые обмотки и по одной из них пропускать переменный ток, то во второй обмотке также возникнет переменный ток. Напряжение тока на второй обмотке тем больше, чем больше витков в этой обмотке. Если электрический генератор, вырабатывающий переменный ток невысокого напряжения, подключить к трансформатору, то он сможет преобразовать этот ток в ток высокого напряжения. На другом конце электропередачи ток высокого напряжения опять же с помощью трансформатора может быть преобразован в ток небольшого напряжения и использован непосредственно для питания различных электроприемников.

Путь к осуществлению передачи электроэнергии на большие расстояния был найден. Но практическое значение переменный ток и электропередачи на переменном токе приобрели лишь тогда, когда был создан очень простой и надежный электродвигатель переменного тока.

Заслуга создания этого двигателя, который окончательно решил спор между различными типами двигателей, работающими в промышленности, в пользу электрического двигателя, принадлежит талантливому русскому инженеру Михаилу Осиповичу Доливо-Добровольскому.

Значение этого двигателя огромно. Достаточно сказать, что в настоящее время это самый распространенный вид электродвигателя. Он не только вытеснил из промышленности и даже из некоторых видов транспорта другие двигатели, но оказал большое влияние на конструкцию различных рабочих машин, станков и других механизмов. Новый двигатель, получивший название «трехфазный асинхронный двигатель», был настолько прост, что конструкторы станков, например, отказались от множества хитроумных механических передач, которые приводили в действие различные части станков. На одном станке стали устанавливать по нескольку электродвигателей, выполнявших отдельные операции. Если не все видели современные станки, то наверняка все не раз наблюдали работу башенного крана, без которого не строится сегодня ни один многоэтажный дом. Этот кран может выполнять несколько различных «движений». Он поднимает вверх или опускает вниз груз, у него поворачивается в нужном направлении стрела и, наконец, он сам может передвигаться вдоль строительной площадки. И все эти «движения» осуществляются с

помощью нескольких электродвигателей: один передвигает кран, другой поворачивает стрелу, третий поднимает груз.

А представим себе, что эти операции выполнялись бы только с помощью одного электродвигателя или вообще какого-либо другого двигателя. Какие бы сложные механические приспособления и передачи пришлось бы придумать и установить на кране, чтобы создать все необходимые виды «движения» при его работе!

Поэтому значение трехфазного асинхронного двигателя состояло не только в том, что промышленность получила простой, дешевый и надежный двигатель. Он позволил, как говорят в технике, перейти к «индивидуальному приводу», отказавшись от «группового привода», когда один двигатель с помощью сложных передач приводит в действие целую группу рабочих механизмов.

До того как Доливо-Добровольский построил свой трехфазный асинхронный двигатель, были известны некоторые опыты, которые и привели выдающегося русского инженера к замечательному изобретению, имевшему столь важные последствия для развития промышленности.

В свое время Фарадей дал объяснение одному опыту, поставленному известным нам французским ученым Араго. Араго заметил, что если вблизи легкого медного диска, имеющего возможность поворачиваться вокруг оси, поместить магнитную стрелку и начать ее вращать, то медный диск приходит также во вращение. Это происходило потому, что при вращении магнитной стрелки медный диск пересекался магнитным полем стрелки и в диске возникал (индуцировался) ток. А этот ток сам создавал магнитное поле, которое в свою очередь начинало взаимодействовать с магнитным полем стрелки. Это взаимодействие было таково, что диск начинал вращаться вслед за стрелкой.

Другой интересный опыт проделал английский физик Бейли. Под насаженным на ось медным диском он установил по окружности несколько электромагнитов. Ток к каждому электромагниту подводился поочередно с помощью коммутатора. Северный полюс поочередно возникал то на одном электромагните, то на другом. Он как бы перемещался («бегал») вдоль окружности диска. И диск приходил во вращение.

Здесь так же, как и в опыте Араго, диск пересекался переменным магнитным полем. Только в опыте Бейли вращалась не магнитная стрелка, как это было у Араго, а перемещался («вращался») вдоль окружности диска северный полюс электромагнита. В диске возникал (наводился) электрический ток. Дальше происходило все так же, как в опыте Араго: этот ток создавал собственное магнитное поле, которое, взаимодействуя с магнитным полем электромагнитов, приводило диск во вращение.

Потом появляется описание небольшого электродвигателя, сделанного итальянским профессором Феррарисом. Феррарис взял полый железный цилиндр, в котором по окружности были определенным образом размещены две катушки. Внутри этого неподвижного полого цилиндра размещался другой цилиндр, который мог вращаться вокруг оси. По катушкам неподвижного цилиндра пропускался переменный ток. Причем, когда ток в одной катушке достигал наибольшего значения, в другой в это время он был равен нулю. Затем картина менялась. Это было похоже на то, что происходило в опыте Бейли, где поочередно переключались электромагниты. Только в этом случае магнитное поле, создаваемое катушками, перемещалось («вращалось») по окружности цилиндра. Это поле пересекало внутренний цилиндр, и тот, подобно диску в опыте Бейли, приходил во вращение.

Здесь важно отметить, что в отличие от Бейли Феррарис создал вращающееся магнитное поле не поочередным переключением электромагнитов, а питанием электродвигателя переменным током, сдвинутым в катушках по времени, или, как говорят в электротехнике, сдвинутым «по фазе» (вспомните, когда в одной катушке ток достигал наибольшей величины, в другой он был равен нулю, и дальше картина непрерывно изменялась).

Двигатель Феррариса относится к так называемым многофазным двигателям переменного тока. Он имел две катушки, или, как говорят, две фазы, и питался двухфазным переменным током. К каждой катушке (фазе) нужно было подключить по два провода для подвода к ним электропитания. Получалось, что для присоединения этого двигателя к источнику питания — генератору переменного тока, требовалось четыре провода.

Это, между прочим, составляло в два раза больше проводов, чем требовалось для подвода питания к двигателю постоянного тока.

А нужно сказать, что в то время велись весьма ожесточенные споры между сторонниками постоянного и переменного тока. И, как часто бывает в таких случаях, к чисто техническому спору примешивались интересы различных фирм, которые прежде всего заботились о своих прибылях.

Были фирмы, которые владели патентами на машины постоянного тока.

Другие фирмы были заинтересованы в распространении электродвигателей переменного тока. И, конечно, необходимость большего количества проводов для питания двигателя переменного тока, по сравнению с двигателем постоянного тока, была одним из минусов двигателя переменного тока.

Заслуга Доливо-Добровольского состояла именно в том, что он сделал многофазный двигатель переменного тока, а именно — трех-

фазный двигатель, гораздо более простой, чем двигатель постоянного тока, питание к которому подводилось по трем проводам.

Этот двигатель состоял из статора (неподвижной части), на внутренней цилиндрической поверхности которого были расположены три катушки (три фазы) на расстоянии $\frac{1}{3}$ окружности друг от друга. Токи в этих катушках были сдвинуты по фазе так, что когда в одной из катушек (назовем ее условно первой) ток достигал наибольшего значения, в двух других катушках он был равен половине тока первой катушки. Три конца катушек соединялись внутри двигателя между собой. А к трем другим из внешней сети подсоединялись три питающих провода. Ток, подведенный, например, к первой катушке, возвращался обратно к источнику питания по двум другим проводам. Поочередно каждая из катушек становилась первой, и магнитное поле, создаваемое токами катушек, перемещалось («вращалось») по окружности цилиндра, приводя, как и в опытах Бейли и Феррариса, во вращение ротор двигателя. Ротор представлял собой простой железный цилиндр, в пазах которого были заложены медные стержни, с обоих концов соединенные кольцами (похоже на «беличье колесо»).

Вот, собственно, и все: простой статор, простой ротор и три питающих провода. Этот двигатель не имел коллектора с щетками (слабое место машины постоянного тока), быстро набирал полные обороты, был экономичен, прост, надежен и практически не требовал почти никакого ухода во время работы.

Двигатель питался от генератора, который вырабатывал нужный для работы таких двигателей трехфазный переменный ток. Как всякий переменный ток, его можно было трансформировать (увеличивать или уменьшать напряжение с помощью трансформатора) и передавать на большие расстояния.

Нужно еще сказать, почему в названии двигателя есть слово «асинхронный». Дело в том, что магнитное поле в этом двигателе вращается с определенной скоростью. Если бы ротор при работе двигателя вращался точно с такой же скоростью, как скорость вращения поля, то тогда можно было бы сказать, что ротор и магнитное поле вращаются синхронно, то есть вместе, с одной скоростью. Но особенностью двигателя Доливо-Добровольского было то, что его ротор немножко отставал от поля, его скорость была несколько ниже скорости поля, или, как говорят в таких случаях, ротор и поле вращаются асинхронно (или несинхронно).

Созданием многофазных двигателей переменного тока занимались и много других инженеров.

Трехфазный асинхронный двигатель создал, например, известный изобретатель Николай Тесла, работавший в Америке.

Однако конструкция двигателя Доливо-Добровольского была на-



столько совершенной и лучше других, что она почти без изменений дошла до наших дней.

Доливо-Добровольский примыкал к передовой части русской интеллигенции. За участие в студенческих волнениях (он начинал учиться в Рижском политехническом институте) он был выслан из России и закончил свое образование в Германии.

В 1891 году Доливо-Добровольский на электротехнической выставке во Франкфурте-на-Майне демонстрирует работу трехфазного асинхронного двигателя мощностью в 100 лошадиных сил. Электрический ток двигатель получал от трехфазного генератора переменного тока, установленного на небольшой гидроэлектростанции в городке Лауффен, отстоящем от Франкфурта-на-Майне на расстоянии 175 километров.

Между Лауффеном и Франкфуртом была сооружена трехфазная линия электропередачи. Генератор вырабатывал электрический ток напряжением 65 вольт. С помощью трехфазного трансформатора это напряжение повышалось до 8500 вольт. А в конце линии, во Франкфурте, был установлен еще один трехфазный трансформатор, кото-

рый снижал напряжение до 100 вольт. Вот этот пришедший за 175 километров трехфазный электрический ток напряжением 100 вольт и подводился к электродвигателю. Вся электрическая установка работала надежно и произвела огромное впечатление на современников. Это была огромная победа новой отрасли промышленности — электроэнергетики. С этого момента началось ее бурное развитие.

Вместе с новым видом энергии, пришедшим на службу человеку, в жизнь вошел и новый вид двигателя — электродвигатель, давший огромный толчок развитию промышленности и транспорта.

Электрические двигатели иногда называют вторичными двигателями. Действительно, электродвигатели превращают электрическую энергию в механическую. Но чтобы получить электрическую энергию, непременно нужен какой-то первичный двигатель, например, паровая или гидравлическая турбина, приводящая во вращение электрический генератор, который в свою очередь превращает механическую энергию в электрическую.

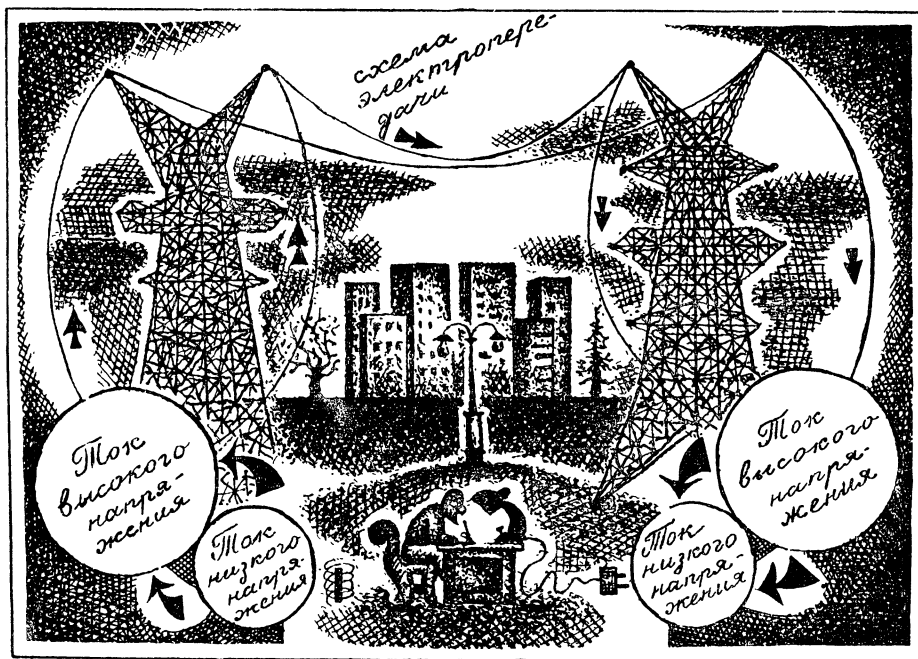
А если идти дальше по этой цепочке, то паровая турбина сама, как известно, превращает тепловую энергию в механическую. И, наконец, тепловая энергия, необходимая для работы паровой турбины, получается путем превращения химической энергии топлива. Не слишком ли много превращений? Выгодно ли это? Ведь необходимость в первичном двигателе не отпадает? Оказывается, выгодно. Электродвигатель не только более удобен, чем другие двигатели, для привода различных машин и механизмов, о чем мы уже говорили, но позволяет добытую где угодно энергию, если только ее можно превратить в электрическую энергию, применить в любом месте, где нужна движущая сила.

Вот почему в современной жизни электрический двигатель, как источник движущей силы, занимает такое важное место.

Помимо электродвигателей, о которых мы рассказали, в настоящее время имеется много других разновидностей электродвигателей.

Не следует думать, что трехфазные асинхронные двигатели вытеснили, например, полностью двигатели постоянного тока. Нет, это не так. Просто разные типы электродвигателей имеют свои достоинства и свои недостатки. И в зависимости от своих данных они применяются для разных целей.

Например, двигатели постоянного тока сегодня работают на трамваях, троллейбусах, электропоездах, на прокатных станах металлургических заводов и в других местах, где необходимо плавное изменение скорости вращения двигателя в широких пределах. Эти двигатели с этой задачей справляются лучше, чем асинхронные двигатели переменного тока. Но имеется много различных машин, стан-



ков и механизмов, где целесообразно применять очень простой, дешевый и удобный трехфазный асинхронный двигатель.

И все же, если говорить о том, какие электродвигатели больше всего распространены, включая и те разновидности, о которых речи не было, мы должны сказать, что, безусловно, наибольшее применение и распространение получили трехфазные асинхронные двигатели.

Необходимо сказать еще несколько слов о передачах электрической энергии. Не нужно думать, что электропередачи переменного тока, которые сыграли такую важную роль в развитии электроэнергетики и внедрении электроэнергии в промышленное производство, остаются и по сей день самыми выгодными и целесообразными.

В настоящее время для передачи электроэнергии на дальние расстояния стремятся, например, вырабатываемый генераторами переменный ток преобразовать в постоянный ток очень высокого напряжения, а затем на другом конце линии вновь постоянный ток преобразовать в переменный ток низкого напряжения и уже им питать различные потребители. В такой электропередаче получают меньшие потери электроэнергии. Трудность была в создании аппаратов,

которые могли бы преобразовывать постоянный ток. Сейчас такие аппараты есть, и многие, наверное, знают, что у нас в стране уже работают очень длинные электропередачи на постоянном токе.

К сожалению, в небольшом рассказе об электродвигателях мы не можем касаться многих очень интересных вопросов электроэнергетики, а также других областей применения электричества.

Но, заканчивая разговор об электродвигателях, необходимо отдельно сказать о выдающейся роли многих русских ученых и инженеров (которых мы здесь не называли) в развитии учения об электричестве, в практическом применении электричества в разных областях техники.

И, наконец, мы должны еще сказать несколько слов о наших современниках, воздвигающих крупнейшие в мире гидростанции и тепловые электростанции. Их имена еще не стали достоянием истории, но труд и дела их огромны.

НОВЫЕ КРЫЛЬЯ

В начале книги мы говорили о двигателе, созданном человеком еще на заре его «технической» деятельности,— двигателе, который использовал для своей работы совершенно бесплатную энергию ветра. Сначала парус, затем первые ветряные двигатели мельниц, подъемников воды — все они превращали механическую энергию движения ветра в полезную работу: движение корабля, вращение жерновов, действие первых простейших насосов.

Ну, а как использовало человечество энергию ветра в последующие времена? Какие ветряные двигатели были еще созданы?

Ведь по подсчетам ученых вместе с ветром над нами пронесется столько технически уловимой энергии, что ее с большим запасом хватило бы для покрытия всей энергетической потребности нашей страны. Это означает, что если бы удалось всю уловимую энергию ветра превратить в электрическую энергию (применить для вращения электрических генераторов не турбины, а ветряные двигатели), то не надо было бы строить тепловые, гидравлические и атомные электростанции. Вся электроэнергия, необходимая для такой огромной страны, как наша, могла бы быть получена от энергии ветра.

Однако этого не случилось. Мощность ветряных двигателей, работающих во всем мире, составляет ничтожную долю мощности всех электростанций.

В чем же здесь дело? Почему так плохо используется человеческим даровая, имеющаяся почти всюду энергия ветра?

Причина в том, что во все времена ветряной двигатель использовался для таких работ, которые в любой момент можно было бы прервать без особого ущерба для дела. Например, прекратил дуть ветер, мельница остановилась и перестала размалывать зерно. С этим мирились. Люди ждали, когда ветер вновь начнет дуть, и возобновляли работу.

Конечно, совершенно невозможно себе представить, что так же может работать современная промышленность или транспорт.

А создание мощных ветровых двигателей, которые отличались бы постоянством работы, независимо от силы и направления ветра, является задачей невыполнимой и в настоящее время. Вот почему ветряной двигатель не стал первичным двигателем в большой энергетике. Там в основном, как мы знаем, трудятся сегодня паровые и гидравлические турбины.

Правда, имеется много различных проектов и даже попыток создать опытные установки, в которых содержатся интересные идеи широкого использования энергии ветра. Основная задача, которую стремятся при этом решить ученые,— это как сделать работу ветрового двигателя менее зависимой от капризов ветра.

На первый взгляд такая постановка вопроса кажется бессмысленной. Ведь если ветер вдруг прекратился, то и ветряной двигатель, естественно, останавливается. А если ветер становится тише, то мощность двигателя падает. И, наоборот, если налетит ураган, то от двигателя можно было бы получить большую мощность, но надо его еще так сконструировать, чтобы он мог выдержать ураганный ветер. Как видим, трудностей здесь очень много.

Естественно, что инженерная мысль ищет путь: нельзя ли как-то накапливать (аккумулировать) энергию ветра, когда ее много, с тем чтобы при затишье эта накопленная энергия могла быть отдана потребителям.

Имеется много предложений, как устроить такие аккумуляторы энергии. Проще всего, казалось бы, использовать электрические аккумуляторы. Когда дует ветер и ветряной двигатель с генератором электрической энергии работает на полную мощность, то электроэнергия отдается не только потребителям, но идет и на подзарядку аккумуляторов. При затишье потребители получают электрический ток от аккумуляторов. Этот способ применим для небольших ветроэлектростанций, так как при желании построить мощную ветроэнергетическую установку потребовалось бы огромное количество банок аккумуляторов.

Есть предложения приводить в действие от ветряных двигателей, работающих с генераторами электрического тока, насосные установки, перекачивающие воду в водохранилище. Когда ветер затихает, то накопленная вода приводит в действие гидротурбины с генерато-

рами, и, таким образом, потребители не чувствуют перерыва в питании электроэнергией. Такие установки, конечно, очень громоздки и далеко не всегда целесообразны и экономичны.

Предлагаются и химические аккумуляторы энергии ветра. Ток, вырабатываемый ветроэлектростанцией, используется в специальных установках для разложения воды на водород и кислород. Кислород отдается промышленности, где он находит различное применение, а водород накапливается в специальных резервуарах. При безветрии на этом водороде могли бы работать специальные двигатели внутреннего сгорания с генераторами электрического тока, которые также могли бы в это время питать потребителей. Устройство такой установки дело также весьма не простое и не дешевое.

Есть предложения и по использованию так называемых тепловых аккумуляторов. Например, при работе ветроэлектростанции электронагреватели в специальных цистернах с хорошей тепловой изоляцией греют воду до высокой температуры и превращают ее в пар. Полученный пар приводит в действие паровую турбину с генератором. Однако этот способ также малоэкономичен.

В настоящее время накоплены данные и составлены карты распределения ветров на огромных территориях земного шара, в том числе и на территории нашей страны. Эти данные очень обнадеживают ветроэнергетиков — людей, занимающихся проблемой использования энергии ветра. По картам видно, что на территории нашей страны никогда не бывает полного затишья. Если нет ветра в одном месте, он непременно есть в другом. Невольно напрашивается вывод: а нельзя ли опоясать всю страну сетью ветроэлектростанций, соединив их линиями электропередачи? Тогда электроэнергия, выработанная в районе, где дует в настоящий момент ветер, могла бы использоваться для питания не только близрасположенных потребителей, но и для передачи в те места, где ветра в данное время нет. Еще реальной представляется возможность подключения ветроэлектростанций к энергетическим сетям, которые объединяют тепловые, гидравлические и атомные электростанции.

Но все эти предложения, как и некоторые другие проекты использования энергии ветра, о которых мы здесь не упоминали, относятся к разряду еще нерешенных проблем. Мы немного рассказали о них для того, чтобы показать, что ветряной двигатель и его применение в народном хозяйстве таят в себе еще много неиспользованных возможностей.

А пока ветряные двигатели стали применяться главным образом для маленьких ветроэлектростанций, где они приводят в действие небольшие генераторы электрического тока.

Такие электростанции необходимы для отдаленных районов, где нет своего топлива и рек, куда не приходят линии электропередачи

от больших электростанций. Они очень нужны и геологам, и полярникам, и удаленным поселкам, и чабанам в степных и безводных местах. Такая ветроэлектростанция дает ток для освещения, питает радиоаппаратуру, научные приборы и небольшие электродвигатели.

Конечно, современные ветровые двигатели схожи со своими древними предками разве только тем, что и те и другие имеют крылья. Сейчас ученые и инженеры знают законы движения воздуха, свойства воздушных потоков и точно рассчитывают форму и размеры крыльев, при которых ветряные двигатели наилучшим образом используют энергию ветра.

Научные основы этих расчетов ведут свое начало из работ выдающегося русского ученого, «отца русской авиации» Николая Егоровича Жуковского.

Продолжателями его дела, развившими теорию ветряных двигателей и создавших несколько разновидностей этих двигателей, были ученики Жуковского — энтузиасты ветроэнергетики, впоследствии сами известные ученые — Григорий Харлампиевич Сабинин, Николай Валентинович Красовский и Владимир Петрович Ветчинкин. Большой вклад в создание ветряных двигателей внес талантливый изобретатель Анатолий Георгиевич Уфимцев, которого Горький назвал «поэтом технической мысли». Строились ветряные двигатели и за рубежом.

В нашей стране большие работы по ветродвигателям велись в созданном Н. Е. Жуковским по предложению В. И. Ленина Центральном аэрогидродинамическом научно-исследовательском институте (ЦАГИ).

Познакомимся с конструкцией и работой одного из ветряных двигателей, созданных советскими учеными и инженерами.

Основной частью двигателя является ветроколесо, соединенное с электрическим генератором и приводящее его во вращение. Чтобы лучше использовать энергию ветра, колесо установлено на высокой металлической вышке. Ветроколесо имеет три лопасти и напоминает винт самолета. Конструкция лопастей обеспечивает наилучшее использование энергии ветра. Ветроколесо описываемого двигателя вращается со скоростью до 70 оборотов в минуту. Такие двигатели относятся к быстроходным ветродвигателям (в отличие от так называемых многолопастных тихоходных).

Интересно заметить, что ветродвигатель снабжен автоматическим устройством, выравнивающим скорость вращения ветроколеса при довольно широком изменении скорости ветра. Кроме того, ветродвигатель имеет автоматический механизм поворота на ветер (меняется не только скорость ветра, но и направление его, поэтому ветроколесо должно «чувствовать» изменение направления ветра и всегда поворачиваться в сторону, откуда он дует).

Работать ветродвигатель начинает при скорости ветра 4 метра в секунду. При этой скорости электрический генератор развивает мощность до 4 киловатт. При ветре 9 метров в секунду он развивает наибольшую свою мощность — 35 киловатт.

ЕЩЕ СКАЗАНО ТОЛЬКО «А»

Прежде чем начать новый рассказ об очень важном двигателе, вспомним некоторые недостатки уже известных нам тепловых двигателей.

Паровая машина имела громоздкий паровой котел, конденсационное устройство, поршень и кривошипно-шатунный механизм.

Паровая турбина, освободившись от поршня и кривошипно-шатунного механизма, не могла избавиться от котла и конденсатора.

А двигатели внутреннего сгорания, не нуждавшиеся в котельной установке и другой довольно сложной паровой аппаратуре, остались с поршнем и кривошипно-шатунным механизмом.

Новый тепловой двигатель, о котором пойдет речь, соединил в себе лучшие качества предшествующих ему тепловых двигателей и освободился от многих их недостатков. От котла и конденсатора он избавился потому, что процесс сгорания топлива и приготовление рабочего тела происходит, как и в двигателях внутреннего сгорания, внутри его самого. А поршень и кривошипно-шатунный механизм ему не нужны, потому что, как и в паровой турбине, его вал сразу, без промежуточных преобразований получает вращательное движение.

Конечно, не надо думать, что вдруг удалось создать идеальный тепловой двигатель. Новый двигатель, избавившись от весьма существенных недостатков своих предшественников, «нажил», как говорят, достаточно своих собственных недостатков.

Двигатель, о котором мы начали разговор, называется газовой турбиной, или, точнее, газовой турбиной внутреннего сгорания.

Она состоит из воздушного компрессора, камеры сгорания, собственно турбины, соединенной общим валом с компрессором, регенератора и вспомогательного двигателя для запуска газовой турбины.

Компрессор под давлением подает воздух в камеру сгорания. Туда же поступает топливо (это может быть природный газ, жидкое топливо или даже твердое), которое, смешиваясь с воздухом, образует рабочую смесь. Температура получающихся при сгорании рабочей смеси газов очень высокая. Из камеры сгорания раскаленный газ через расширяющееся сопло устремляется на лопатки турбины и,

проходя через них, расширяется до атмосферного давления, отдавая свою энергию (вспомните работу паровой турбины). Отработанный газ выбрасывается в атмосферу. Однако он имеет еще высокую температуру. Поэтому на его пути устанавливают регенератор, в котором выходящий газ подогревает воздух, всасываемый компрессором. Это позволяет увеличить экономичность газовой турбины, так как воздух, подаваемый в камеру сгорания, оказывается уже нагретым до определенной температуры.

И, наконец, чтобы запустить газовую турбину, необходимо ее «раскрутить», заставить вращаться. Эту задачу выполняет вспомогательный двигатель, посаженный на общий вал с турбиной и работающий только во время ее пуска.

Существенно заметить, что в газовой турбине путь носителя тепловой энергии газа очень короток: из камеры сгорания прямо в турбину, — в то время как в паровых двигателях (паровой машине, турбине) носитель тепловой энергии — пар, приготовленный в котле, по пути до паровой машины или турбины теряет значительное количество энергии.

Почему же до сих пор мы ничего не говорили о применении газовых турбин, имеющих столь важные преимущества перед другими тепловыми двигателями? Более того, нам уже известно, что современная энергетика для привода электрических генераторов использует паровые и гидравлические турбины, промышленность оснащена электрическими двигателями, а на транспорте применяются двигатели внутреннего сгорания, а также электродвигатели. Где же место газовой турбины? Умолчание этого двигателя может показаться еще более странным, если учесть, что первый патент на газовую турбину (конечно, еще не такую, как описана выше) был выдан в Англии в 1791 году.

А в конце прошлого века инженер-механик русского флота П. Д. Кузьминский построил и испытал одну из первых газовых турбин, которую он предлагал использовать в качестве судового двигателя.

Можно перечислить еще немало имен ученых и изобретателей, которые в разное время занимались созданием газовой турбины. Здесь и немецкий инженер Гольцварт, и русские ученые В. В. Караводин, и А. Н. Шелест, и чехословацкий ученый Стодола и другие.

Наконец, советским ученым, профессором В. М. Маковским была создана теория газовых турбин.

Казалось бы, имелись все предпосылки для того, чтобы газовая турбина широко вошла в жизнь.

Однако мы сегодня еще говорим, что газовая турбина переживает свой детский возраст.

Почему так? Почему столь заманчивая идея вплоть до послед-

них нескольких десятилетий не находила практического воплощения?

Дело здесь в том, что работа газовых турбин зависит от температуры газа перед соплом, направляющим газ на лопатки турбины. Чем выше эта температура, тем экономичней турбина.

Создание этих турбин задерживало отсутствие жаропрочных сталей, из которых должны изготавливаться камера сгорания, сопло и лопатки турбины. Многие ученые, инженеры и изобретатели, занимавшиеся газовыми турбинами, еще в прошлом столетии считали эти трудности непреодолимыми.

Те материалы, которыми они располагали, не позволяли создать газовую турбину, способную длительно работать. От высоких температур быстро выходили из строя отдельные части турбины. А работа при низких температурах, когда газовая турбина могла бы служить длительное время, делала ее менее экономичной, чем другие двигатели.

Еще одна трудность, с которой встретились изобретатели газовых турбин,— это трудность сжигания в них твердого топлива, например, каменного угля. Невозможно полностью очистить газы от мельчайших непрогоревших частиц угольной пыли. Эти частицы проносятся через турбину с ураганной скоростью и разрушают лопатки и другие ее части.

А мы уже знаем, что во времена «войны» угля с нефтью вопрос о возможности применения твердого топлива для промышленных двигателей играл очень важную роль.

Поэтому усилия создателей двигателей были сосредоточены на паровых турбинах (решивших во многом спор угля и нефти в пользу угля), гидравлических турбинах, двигателях внутреннего сгорания, а идея газовых турбин так и продолжала «носиться в воздухе».

Только в наше время металлурги дали жаропрочные сплавы, способные выдерживать температуры 700—800 градусов и даже выше. Это позволило Ленинградскому Металлическому заводу имени XXII съезда КПСС изготовить газовые турбины мощностью 25 тысяч киловатт, по экономичности не уступающие паротурбинным установкам такой же мощности.

Это начало серьезного наступления на паровую турбину.

Газовая турбина еще только начинает прокладывать себе путь в современную энергетику, и ясно, что ей предстоит сыграть очень важную роль в ее развитии. Работа на более высоких температурах, что должны обеспечить металлурги, позволит создать газотурбинные установки гораздо более экономичнее, чем паротурбинные. Нет также сомнений и в том, что конструкторы сделают надежный очиститель газа перед входом в турбину, и это позволит широко использовать для работы газовых турбин твердое топливо.

Нужно еще сказать о том, что газовые турбины имеют, по сравнению с другими двигателями, меньший вес на единицу мощности и сравнительно небольшие размеры. Газовая турбина может быть быстро пущена в работу, в то время как для пуска паротурбинной установки требуется несколько часов на «растопку» котла, прогрев паропроводов и самой турбины.

Имеется уже опыт применения газовых турбин на флоте и на железной дороге.

Для судов такие силовые установки очень выгодны, потому что, обладая сравнительно небольшими габаритами и весом на единицу мощности, они освобождают на корабле дополнительное полезное место и позволяют взять на борт больше груза.

Созданные газотурбовозы сегодня еще уступают тепловозам и электровозам, но завтра они составят им серьезную конкуренцию.

Наконец, очень важное место газовая турбина займет в народном хозяйстве, когда будет решена проблема подземной газификации угля. Идея подземной газификации состоит в том, что уголь можно сжигать под землей и получать топливо в виде горячего газа, который сам по трубам придет на поверхность. Идею эту, между прочим, выдвинул еще в 1888 году великий русский ученый Дмитрий Иванович Менделеев. Впоследствии Владимир Ильич Ленин горячо одобрил ее в статье «Одна из великих побед техники». Сейчас уже имеются первые промышленные установки, в которых газовые турбины работают на подземном газе.

У газовой турбины еще все впереди.

Однако если мы говорим, что газовая турбина не заняла еще пока достойного места на земле, то без преувеличения можно сказать, что она завоевала небо. Потому что именно газовая турбина во многом предредила появление турбореактивных и турбовинтовых авиационных двигателей, вытесняющих «с небес» поршневые двигатели внутреннего сгорания.

ПОКОРИВШАЯ НЕБО

Пожалуй, можно сказать, что человечество само того не заметило, как в его жизнь не вошла, а буквально ворвалась авиация больших скоростей. Всего каких-то три с лишним десятка лет тому назад весь мир восхищался бесстрашным перелетом наших знаменитых летчиков Чкалова, Байдукова и Белякова из СССР в Америку через Северный полюс. Они летели на прекрасном самолете АНТ-25, но скорость, которую он развивал, едва превышала 160 километров в час.

Сегодня каждый школьник знает, что есть самолеты, которые летают с дозвуковой скоростью (до 1200 километров в час) и сверхзвуковой скоростью (свыше 1200 километров в час). А ракеты, с помощью которых запускают космические корабли, отрываются от земли с первой космической скоростью (8,2 километра в секунду).

И если вернуться назад всего на те же три десятка лет, то о таких скоростях еще только мечтали в очень узком кругу специалистов, занимающихся созданием двигателей для авиации.

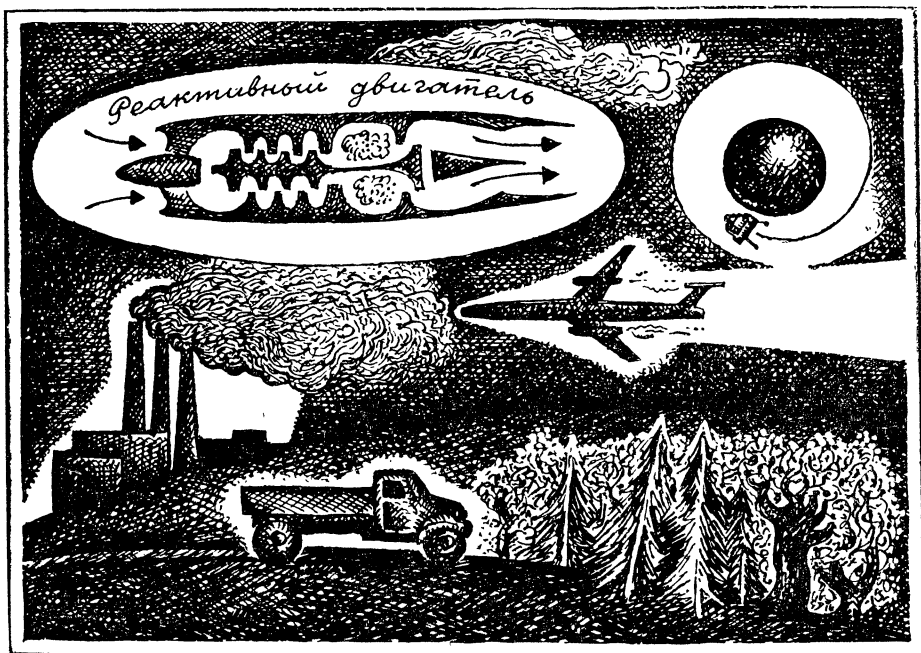
Но вот отгремела вторая мировая война. И наши современники стали свидетелями небывалого в истории техники скачка в развитии самолетного двигателестроения.

В разных странах в очень короткое время большими коллективами ученых, инженеров и конструкторов были созданы турбореактивные, турбовинтовые и ракетные двигатели. В предыдущем рассказе мы отмечали, что появление турбореактивных и турбовинтовых двигателей во многом предreshили работы по созданию газовых турбин. Но не меньшее значение в создании этих двигателей имели и работы в области ракетных двигателей. Исторически это все тесно переплетено. Чтобы не усложнять наш рассказ, мы сначала будем говорить о турбореактивных и турбовинтовых двигателях, а затем отдельно о ракетных двигателях.

Но для лучшего понимания работы турбореактивных и турбовинтовых двигателей забежим немного вперед и поговорим о принципе действия ракетного двигателя, или просто ракеты, как ее стали называть.

Представим себе обыкновенную металлическую трубку, запаянную сверху и открытую с нижнего конца. Если такую трубку заполнить порохом (это может быть и жидкое топливо) и поджечь его, то в результате взрыва внутри трубки образуется большое количество газов, которые стремятся расшириться. Эти газы начинают давить на все стенки трубки равномерно. Но стенки трубки, будучи выполнены из прочного материала, противодействуют, или, как говорят, уравновешивают это давление. Тогда газы, естественно, устремляются наружу через нижний открытый конец трубки. Они вырываются из нее с большой силой, а сама трубка в это время летит в противоположную сторону. Это и есть принцип реактивного движения, о котором мы уже немного говорили, когда знакомились с другими типами двигателей. Иногда думают, что реактивный снаряд или ракета летят потому, что выходящая из них струя газа как бы отталкивается от воздуха и движет их вперед. Но тогда возникает вопрос, как же ракеты летают в космосе, где, как известно, воздуха нет? Там безвоздушное пространство. От какого тела они там отталкиваются?

Такое представление о работе ракеты ошибочно. Ракета летит потому, что давление газа вверх (на запаянный конец трубки) силь-



нее давления вниз, куда газ имеет свободный выход (открытый конец трубки). Эта неуравновешенная ничем сила давления (сила реакции вытекающей струи газа) и заставляет ее двигаться. Итак, ракету движет давление газа, заключенное в ней самой, и в отталкивании от чего-либо (например, от воздуха) она совершенно не нуждается. Наоборот, в безвоздушном пространстве она сможет лететь с большей скоростью, так как ей не придется при полете преодолевать сопротивление воздуха. А это, как нам сейчас легко понять, открывало возможности межпланетных полетов. Но... как и договорились, об этом позже.

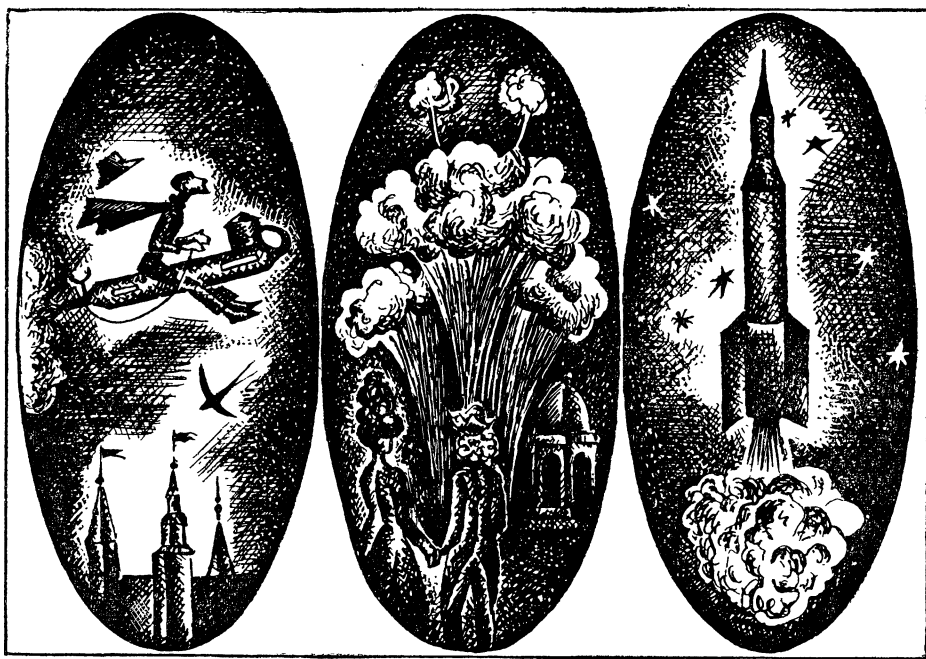
Принцип действия ракеты подсказал идею создания так называемого воздушно-реактивного двигателя. Одним из первых в нашей стране теорией этого двигателя занимался замечательный ученый, ученик Н. Е. Жуковского Борис Сергеевич Стечкин.

В чем же суть идеи создания воздушно-реактивного двигателя, владевшей умами многих авиаконструкторов? Для полета ракеты в космическом пространстве необходим кислород, поддерживающий горение топлива внутри ракеты. Этот кислород должен иметься на

борту ракеты (например, в специальных баллонах) или выделяться в процессе горения топлива. А если создать ракету для полетов в пределах атмосферы, где есть воздух, и использовать ее в качестве двигателя для авиации? Тогда напрашивался вопрос — зачем самолету с ракетным двигателем, летящему в воздушном пространстве, возить с собой кислород? Нужно брать его из воздуха, из той среды, в которой самолет летит. Все это означало, что нужна какая-то новая конструкция ракеты, способная стать двигателем самолета, летающего в пределах атмосферы.

Так появляется двигатель, получивший название прямоточного воздушно-реактивного двигателя. Этот двигатель по своей конструкции чрезвычайно прост. Настолько прост, что конструкторы в шутку называют его «свистулькой». Представьте себе летящую с большой скоростью трубу. Через переднее отверстие внутрь трубы врывается воздух, давление которого по мере продвижения в трубе нарастает. Примерно в середине трубы устроено расширение — камера сгорания, куда в стремительно движущийся поток воздуха впрыскивается топливо и электрической искрой производится его воспламенение. Образовавшиеся газы расширяются и стремятся выйти через оба отверстия трубы. Но в переднее отверстие они выйти не могут, так как наталкиваются на входящий поток воздуха. И тогда они устремляются наружу через второе отверстие трубы, выполненное в виде расширяющегося сопла. Возникающая реактивная сила заставляет лететь двигатель и все, что с ним конструктивно связано, то есть самолет, в сторону, противоположную выходящему потоку газа.

Проще двигателя мы еще не знали. В нем нет никаких вращающихся или перемещающихся частей, и вместе с тем он способен развивать необходимую для современной высокоскоростной авиации мощность. Чем больше скорость полета, тем лучше работает такой двигатель. Но как же с помощью этого двигателя поднять самолет в воздух? Ведь необходимый для его работы воздушный поток возникает при полете самолета с большой скоростью. А как быть на земле, когда самолет стоит на взлетной полосе и в его двигателе-трубе в лучшем случае гуляет легкий ветерок? Тогда-то и пришли к мысли об искусственном воздушном потоке. Надо в трубе поставить сильный воздушный компрессор, он будет сжимать воздух и мощным потоком гнать его через камеру сгорания. Для вращения компрессора можно применить турбину, использующую для работы часть выходящих из камеры сгорания газов. Кроме того, нужно предусмотреть еще пусковой электродвигатель, с помощью которого осуществляется пуск (разворачивание) компрессора и турбины. Таким образом искусственно создали мощный воздушный поток, необходимый для работы воздушно-реактивного двигателя. Но какой ценой? В его простейшую конструкцию внесли известную уже нам газовую турбину. По-



лучился так называемый турбореактивный двигатель. Все, кто летал или видел вблизи самолет ТУ-104, могли обратить внимание, что два его турбореактивных двигателя внешне по форме действительно очень просты и напоминают суживающиеся трубы.

Но, соединяя воздушно-реактивный двигатель с газовой турбиной, можно поступить иначе. Можно не маленькую часть, а значительно большую долю энергии выходящих газов использовать для вращения турбины. Тогда турбина станет гораздо сильнее, чем это нужно для вращения компрессора в турбореактивном двигателе, и сможет передать свою мощность тянущему винту, посаженному на один вал с турбиной.

Такой двигатель получил название турбовинтового двигателя. На самолете ИЛ-18, например, установлено четыре таких двигателя. Каждый из двигателей — турбореактивный и турбовинтовой — выгодны и целесообразны для разных классов самолетов. Для самолетов, летающих со скоростью до 800—900 километров в час, оказываются наиболее экономичными двигатели с винтом — турбовинтовые. Кстати, для небольших самолетов по-прежнему наиболее экономичными

остаются поршневые двигатели внутреннего сгорания с винтом. Турбореактивные двигатели оказываются наиболее экономичными для самолетов, летающих со скоростями от 900 до 2000 километров в час.

В нашем коротком рассказе о современных самолетных двигателях мы смогли только познакомиться с принципом действия этих двигателей. На самом деле турбореактивный и турбовинтовой двигатели — это очень сложные машины. Если посмотреть на эти двигатели, когда с них снята обшивка (она-то и придает им простейший вид трубы), то мы увидим, что все они опутаны множеством трубок, проводов, приборов и других всевозможных вспомогательных устройств, обеспечивающих их надежную работу. Ведь этим двигателям вручает свою жизнь человек, когда садится в самолет.

Здесь требует разъяснения еще один вопрос. Знакомясь с газовыми турбинами, мы говорили, что основным тормозом в их широком распространении является отсутствие жаропрочных, долговечных сталей для изготовления лопаток и других частей. Мы знаем, что лопатки плохо выдерживают высокие температуры и быстро выходят из строя. Несколько сот часов — вот срок их службы. Газовая турбина пока еще недостаточно надежная и долговечная машина, поэтому ее применение в промышленности ограничено. И несмотря на это именно газовую турбину поставили на самолет. Не допущена ли здесь ошибка?

Нет, ошибки не произошло. Только несколько сот часов и работает сегодня самолетный двигатель. Дальше его положено менять.

Вот почему мы говорили, что газовая турбина, не найдя еще достойного применения на земле, начала свою жизнь в небе и завоевала его.

ШАГИ ПО ЛУНЕ

Теперь о ракетном двигателе. Нам известен уже принцип действия ракеты. Мы знаем, что ракету движет неуравновешенная сила давления газа, заключенного в ней самой, или, как говорят, сила реакции (реактивная сила) свободно вытекающей струи раскаленного газа. Заметим, что такой двигатель является тепловым двигателем и относится к двигателям внутреннего сгорания. Действительно, в ракетном двигателе происходит преобразование химической энергии топлива в тепловую энергию, а затем — тепловой в механическую энергию движения ракеты. Все эти процессы преобразования энергии происходят в самом двигателе, а это, как мы знаем, является отличительной чертой двигателей внутреннего сгорания.

Как и любой другой тепловой двигатель, ракета будет работать лучше (вспомните паровую турбину, дизель), если сгорание топлива в ней происходит при высокой температуре и давлении, а выходящие газы и среда, куда они выбрасываются, имеют низкую температуру и давление. Чем выше температура в камере сгорания, тем с большей скоростью вырываются газы из сопла. А в реактивном аппарате чем выше скорость истечения газов, тем больше скорость, с которой летит аппарат. Мы уже говорили о том, что для выхода ракеты на околоземную орбиту необходимо, чтобы она стартовала с первой космической скоростью — 8,2 километра в секунду. А для полета ракеты к другим планетам она должна развить скорость не меньшую, чем вторая космическая скорость — 11,6 километра в секунду. В этом случае ракета сможет преодолеть силу земного притяжения.

Очень важно, что в ракете нет бесполезных затрат энергии на трение каких-либо вращающихся или движущихся частей и нет тепловых потерь, возникающих при передаче теплоносителя (вспомните передачу пара из котла к турбине, где часть тепловой энергии пара теряется в длинных паропроводах).

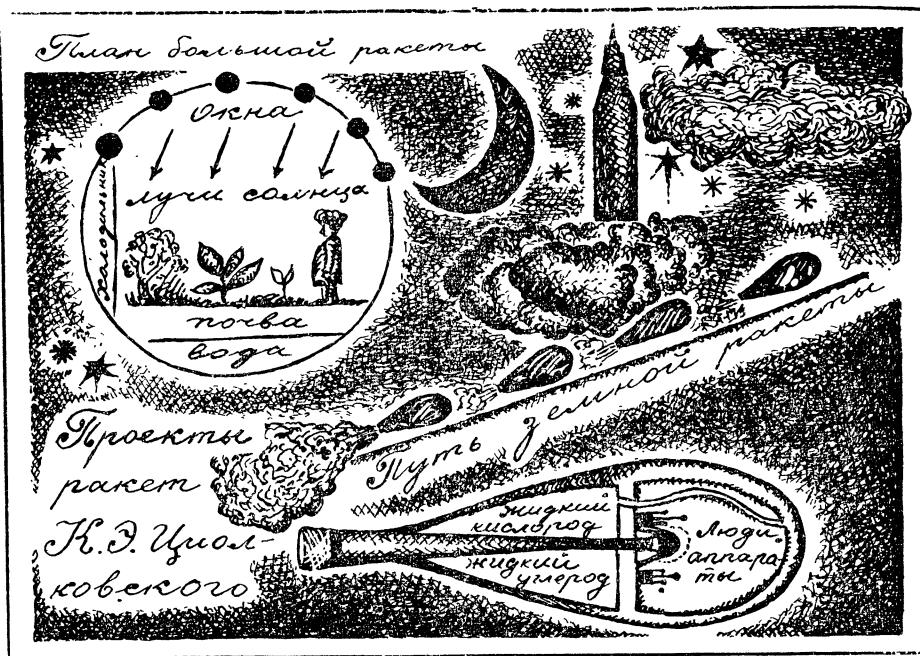
Наверное, одной из первых ракет была придуманная еще в древнем Китае «шутиха» — картонный цилиндр, наполненный порохом, родоначальница всех «увеселительных ракет». Впоследствии ни одно празднество при дворах королей, царей и других правителей не обходилось без пышных фейерверков. Сегодня подобные ракеты мы можем видеть во время праздничных салютов.

В исторических хрониках есть упоминания о том, что ракеты использовались не только в качестве «потешных огней», но и в военных целях. Те же китайцы привязывали ракеты к стрелам, и эти «огненные драконы» вызывали пожары и сеяли ужас в стане врага.

Потом первые догадки и предложения об использовании ракет начали появляться... в книгах великих мечтателей и фантастов — Жюль Верна, Герберта Уэллса и других писателей. Но все это, разумеется, не выходило за рамки художественной литературы.

Впервые серьезно о возможности использования ракетных двигателей для движения летательных аппаратов заговорили в России. Один из первых проектов такого аппарата был выполнен в тюрьме замечательным русским патриотом, народовольцем Николаем Ивановичем Кибальчицем еще в 1881 году.

Кибальчичу было всего 27 лет, когда его казнили. Это его руками была изготовлена бомба, которой народовольцы убили русского царя Александра II. И вот в мрачной одиночке в ожидании смерти Кибальчич на стене камеры начал делать наброски чертежей. Затем, добившись от тюремного начальства бумаги, он изложил на ней свою идею построения ракетного двигателя. По мысли Кибальчича, это был цилиндр, через открытое нижнее дно которого могла вытекать струя



газа. Топливом служили спрессованные столбики пороха. Занимаясь еще изготовлением бомб, Кибальчич обнаружил, что спрессованный порох не взрывается мгновенно, а горит, причем не очень быстро, выделяя много газов. Цилиндр на чертеже устанавливался на платформе, где могли разместиться и люди.

Кибальчич был очень озабочен тем, чтобы с его проектом ознакомили ученых. Он писал: «Я спокойно встречу смерть, зная, что моя идея не погибнет вместе со мной, а будет существовать среди человечества, для которого я готов был пожертвовать своей жизнью...»

Однако царские чиновники упрятали этот проект, и о нем узнали только после Великой Октябрьской социалистической революции. Проект ракетного двигателя Кибальчича предстал как бы посмертным завещанием человека, который всю свою страсть революционера и талант изобретателя отдал Родине.

Как всегда, за первыми, самыми несбыточными догадками и предложениями непременно появляются новые проекты и приходят новые энтузиасты. Мы с гордостью можем сказать, что современные ракеты и межпланетные полеты предсказал и обосновал еще на заре XX века

скромный учитель из Калуги, ставший впоследствии всемирно известным ученым, Константин Эдуардович Циолковский. Он первым создал стройную, глубоко разработанную теорию проникновения человека в космос. Все сделанное Циолковским — это научный подвиг. Он десятилетиями работал в обстановке полного равнодушия, а подчас и презрительного отношения со стороны царских чиновников и просто недалеких людей, относившихся к нему как к «странному человеку», «чудаку», занимающемуся какими-то фантастическими проектами. Но проходит всего 22 года после смерти гениального ученого, и благодарное отечество, ученики и последователи Циолковского отмечают столетие со дня его рождения грандиозным салютом. 4 августа 1957 года (Циолковский родился в 1857 году и умер в 1935 году) с советского космодрома был запущен первый искусственный спутник Земли.

Многое из того, что вытекало из работ Циолковского, сегодня уже осуществлено. Многие из начертанной им программы освоения космического пространства предстоит еще выполнить. Мы не сможем, к сожалению, коснуться всех сторон огромной работы, выполненной Циолковским, — в этой книжке нас в первую очередь интересуют двигатели. Но все же коротко о том, что сделано ученым, сказать необходимо.

Циолковский впервые обосновал идею использования ракеты для «исследования мировых пространств», он разработал теорию полета ракеты и дал математическое описание ее движения. Он предложил использовать не пороховую ракету, а жидкостный реактивный двигатель и рассчитал количество топлива, необходимое для преодоления силы земного притяжения и выхода ракеты в космос. Циолковский доказал целесообразность сооружения «космических поездов», в которых космический корабль несут несколько ракет. По мере достижения необходимой скорости и сгорания топлива «отработавшие» ракеты (ступени) отделяются от «поезда». Он развивал вопрос создания искусственных спутников земли и использования их в качестве внеземных промежуточных станций, с которых должны стартовать межпланетные корабли. Циолковский рассматривал также условия жизни и работы людей в космическом пространстве.

Только простой перечень развитых ученым вопросов показывает, как всесторонне рассмотрел Циолковский проблему выхода человека в космос. И не только всесторонне, но и глубоко. Его работа «Исследование мировых пространств реактивными приборами», опубликованная еще в 1903 году, и другие научные труды до сих пор не потеряли своего значения. Более сорока лет жизни отдал Циолковский работам по освоению космического пространства, открывших человеку дорогу к другим мирам. Его заслуги были признаны многими талантливыми учеными, начавшими работать над вопросами ракетной тех-

ники позже Циолковского и независимо от него повторивших часть его исследований. Среди них американский ученый Годард и немецкий ученый Оберт, известные своими работами в области ракетной техники. Циолковского по праву считают отцом астронавтики.

Какой же ракетный двигатель предложил Циолковский? Для его работы должны были использоваться жидкий водород и жидкий кислород. При соединении эти два вещества образуют воспламеняющуюся смесь, выделяющую в пять раз больше тепла, чем такое же по весу количество пороха. Ракета по проекту Циолковского имела, как говорят конструкторы, каплевидную форму. В передней, лобовой части размещался экипаж, там же находились приборы; среднюю часть ракеты занимала камера сгорания, от которой отходило длинное расширяющееся сопло; вся остальная часть ракеты заполнялась топливом и окислителем (жидким кислородом). Топливо и окислитель с помощью специального устройства должны были равномерно подаваться в камеру сгорания. Дальше, как и в других ракетных двигателях, образующиеся раскаленные газы, вытекая с большой скоростью из сопла, должны были сообщить ракете движение вперед. Интересно, что Циолковский рассмотрел в своем проекте и способы охлаждения двигателя, а также способы пуска ракеты и управление ею во время полета.

Однако выдвинутые Циолковским в начале XX века идеи некому было не только осуществить, но даже рассмотреть. Царское правительство, как мы знаем по опыту других изобретателей, не интересовалось подобными проектами.

Первые энтузиасты у нас в России, подхватившие мечту Циолковского о межпланетных полетах, приступили к практической работе над созданием ракеты вскоре после Великой Октябрьской социалистической революции.

Шел 1924 год... Автомобиль, самолет, радио для многих людей, выросших в отсталой, полуграмотной царской России, были диковиной. Но люди жадно рвались к знаниям, к новой жизни. Вот почему так много народа собралось на лекции, прочитанной в один из холодных январских дней в Московском обществе любителей астрономии инженером Фридрихом Артуровичем Цандером. Лекция имела фантастическое название: «О конструкции межпланетного корабля и о перелетах на другие планеты».

В конце доклада Цандер высказал мысль о создании Общества исследователей межпланетных полетов. Неудержимый энтузиаст космических путешествий, страстно мечтавший о создании ракеты для полета на Марс и всю свою жизнь отдавший астронавтике, Цандер очень хорошо понимал, что сложнейшие проблемы, которые должны быть преодолены, прежде чем человек выйдет в космическое пространство, могут быть решены только объединением усилий мно-

гих ученых и инженеров. Среди них должны быть не только конструкторы космических кораблей, но и врачи, и биологи, и астрономы, и химики, и математики, и много людей других специальностей.

И вот в июне того же 1924 года такое общество организуется. Оно получает название — «Общество изучения межпланетных сообщений».

И хотя практической работы по созданию ракет общество развернуть не смогло, оно было предшественником возникших в начале тридцатых годов групп по изучению реактивного движения (ГИРД). С ГИРДом и связано появление одних из первых опытных ракет. Московский ГИРД размещался в небольшом подвальном помещении по Садово-Кудринской улице. Там были оборудованы скромные мастерские, где гирдовцы своими руками изготавливали все части ракет.

Начальником Московского ГИРДа был назначен молодой инженер Сергей Павлович Королев, впоследствии прославленный Главный конструктор космических кораблей.

С гирдовцами на специальных курсах занимались известные ученые — В. П. Ветчинкин, П. С. Стечкин, Н. А. Журавленко, Б. Н. Юрьев и другие. Работали гирдовцы с огромным энтузиазмом.

И вот первые результаты. В марте 1933 года начались испытания двигателя Цандера — ОР-2 (опытный реактивный второй), работавшего на бензине и жидком кислороде (двигатель ОР-1 Цандер построил еще в 1930 году).

В августе того же года несколько человек, заплатив за провоз багажа один рубль, везли на испытания на задней площадке старенького московского трамвая завернутую в брезент ракету конструкции М. К. Тихонравова. А в ноябре в небо взлетела ракета ГИРД-Х, построенная учениками Цандера уже после его смерти (жизнь замечательного ученого и инженера Фридриха Артуровича Цандера безвременно оборвалась в марте 1933 года).

Ракета ГИРД-Х работала на спирте и жидком кислороде. Она имела длину 2 метра 20 сантиметров, диаметр 14 сантиметров и весила около 30 килограммов. Двадцать две секунды проработал двигатель, и ракета поднялась на 150 метров. Это была победа, начало штурма космоса.

Ракетными двигателями занимались не только гирдовцы. В 1927 году в Ленинграде начинает работать «Реактивная лаборатория Н. И. Тихомирова», переименованная впоследствии в газодинамическую лабораторию.

Ученые этой лаборатории в 1930—1938 годах построили и испытывали первые в нашей стране жидкостные реактивные двигатели ОРМ (опытные реактивные моторы). Огненное дыхание этих двигателей впервые ощутили стены Петропавловской крепости — царской тюрь-

мы, в одном из казематов которой Кибальчич в ожидании смерти создавал проект своей ракеты. Здесь во дворе Иоанновского рavelина проходили испытания ОРМов.

На этих двигателях опробовались различные виды топлива и окислителя, испытывались системы зажигания (был сделан вывод о целесообразности применения химического зажигания — самовоспламенения топлива). отрабатывались системы запуска двигателей на разных видах топлива, решалось много других вопросов.

В Ленинграде активно работали и гирдовцы. Усилия ленинградских энтузиастов были в основном сосредоточены на создании пороховых ракет, которые они сумели запустить в начале 1934 года.

Успехи ученых, руководимых Н. И. Тихомировым, и энтузиастов ГИРДа привлекают к себе внимание. С работами по созданию ракет знакомится маршал М. И. Тухачевский.

В 1934 году создается Реактивный научно-исследовательский институт (РНИИ).

В стенах института жидкостный ракетный двигатель стал быстро совершенствоваться. В январе 1939 года взлетела крылатая ракета весом в 210 килограммов (вес топлива составлял 30 килограммов). А в 1940 году, пилотируемый летчиком Федоровым, поднялся в воздух первый ракетоплан (планер с жидкостным ракетным двигателем). Двигатели для них были созданы еще в 1937 году, на них длительное время проводилась огромная научно-исследовательская работа.

Здесь необходимо остановиться. В мире назревали события, которые отвлекли ученых от мечты о межпланетных полетах. В Германии к власти пришел фашизм. Его захватнические цели с каждым годом проявлялись все отчетливее. Настал момент, когда все силы были брошены на укрепление обороноспособности нашей страны.

Усилия многих ученых переключаются на создание военной техники. В стенах РНИИ куется оружие победы — легендарная «катюша», как любовно называли солдаты грозный ракетный миномет.

Мы расскажем немного о ракетном оружии. Это оружие было вызвано к жизни военной необходимостью и оно стало этапом в развитии реактивной техники и ракет. «Катюшу» создали замечательные инженеры Н. И. Тихомиров, В. А. Артемьев, Г. Э. Лангемак и другие. Гвардейские минометы, как их еще называли, стреляли ракетными снарядами. Вообще-то стрельбы в обычном понимании этого слова здесь не было. Вместо привычного пушечного или ружейного ствола, в которых сила порохового взрыва толкает снаряд или пулю, была простейшая установка для старта небольшой твердотопливной ракеты. Ракета устанавливалась на направляющих рельсах, снабженных прицельным приспособлением. Пуск ракеты производился включением электрического запала. Она трогалась с места, стремительно набирала скорость и крушила своей огненной мощью вра-

жеские расположения. В отличие от артиллерийского снаряда ракетный снаряд «сам себя движет», за счет реактивной силы выбрасываемых газов. При пуске ракеты не происходит отбрасывания (отдачи) стартовой установки, как при выстреле из пушки (пушка под действием давления образовавшихся в стволе газов резко откатывается назад). Поэтому появилась возможность устанавливать целые батареи таких минометов на легких, подвижных машинах, способных быстро менять место своего расположения. Стрельба реактивными снарядами велась массированным огнем, на расположение противника обрушивалась одновременно масса снарядов. При таком способе ведения огня сравнительно плохая точность попадания реактивных снарядов почти не сказывалась на результатах стрельбы. После артподготовки, проводимой «катюшами», вражеская техника и сооружения превращались в груды металла и пепла. Позже ракетное оружие появилось и у немцев и у наших союзников — американцев и англичан. Но долго еще наиболее грозным оружием оставались наши знаменитые «катюши».

Надо еще упомянуть о немецких самолетах-снарядах. Строго говоря, это не совсем ракеты, а небольшие автоматические беспилотные самолеты — воздушные торпеды с реактивными двигателями. Они появились над Лондоном в ночь с 12 на 13 июня 1944 года, вскоре после высадки английских войск на французское побережье.

Это новое «секретное оружие» Гитлера принесло немало разрушений Лондону. Смертоносный заряд, которым были начинены самолеты-снаряды, обрушивался не только на военные объекты. Он без разбора уничтожал и мирных жителей: женщин, детей, стариков. Это оружие еще раз показало всему миру звериную сущность фашизма. На борту самолета-снаряда находились: автомат, настроенный на определенную цель и управляющий полетом снаряда, заряд взрывчатого вещества, бак с горючим, баллоны со сжатым воздухом, механизмы управления рулями и реактивный двигатель. Двигатель имел довольно простое устройство. В камеру сгорания впрыскивалось топливо и порциями подавался сжатый воздух. Электрическая искра производила зажигание рабочей смеси. Образовавшиеся газы устремлялись наружу через расширяющееся сопло. Реактивная сила вытекающей струи газов двигала самолет-снаряд вперед.

Нужно заметить, что этих «черных птиц» быстро «раскусили». ФАУ-1, так назывались первые самолеты-снаряды, не оказались столь грозным оружием, как кричали о том гитлеровцы. Скорость и высота их полета были сравнительно невелики. Они поражались зенитной артиллерией и расстреливались истребителями в воздухе. Маневрировать, уклоняться от удара они не могли.

Окончилась вторая мировая война. Но угроза войны остается. На земле продолжает существовать капитализм. Капиталисты не хо-

тят мириться с тем, что страны социалистического лагеря растут и крепнут, и они смертельно боятся, чтобы рабочие и крестьяне их стран не отняли у них фабрики, заводы, землю и власть.

Вот почему многие научные и технические разработки, имеющие отношение к военному делу, в том числе и работы по реактивной технике, становятся секретными. О них не пишут. О них до определенного времени ничего не знают. Так было с атомной и водородной бомбами. Так было и с современными ракетами.

О мощи советских ракет потрясенный мир узнал от первого искусственного спутника Земли, который своим коротким «бип-бип» поведал человечеству, что на околоземную орбиту его вынесли миллионы лошадиных сил, спрятанные в ракетных двигателях.

Советские ракеты возглавили штурм космоса. Вслед за первым спутником взлетают другие. В космос отправляются первые разведчики: прославленные собаки Лайка, Стрелка и Белка, Пчелка и Мушка, Чернушка и Звездочка, мыши, морские свинки, мушки-дрозофилы, растения. Наконец, наступает, как писали в те дни газеты, звездный час человечества. День 12 апреля 1961 года навсегда останется в памяти людей всего мира. Имя первооткрывателя космоса — гражданина Советского Союза, коммуниста Юрия Алексеевича Гагарина, становится в этот день бессмертным. Мощность двигателей ракеты, поднявшей первого человека в космос, была около двадцати миллионов лошадиных сил. Более сильного двигателя человечество до этого не знало.

Нам нет необходимости напоминать имена и дела других космонавтов. Пожалуй, не найдется сегодня такого школьника, который не знал бы о них все и не мечтал бы пройти по жизни их путем. В освоении космоса большую работу выполняли и выполняют автоматические станции. Посылаются ракеты с научной аппаратурой к Луне, производится фотографирование обратной, невидимой с земли стороны Луны, совершается мягкая посадка автоматических станций на Луне, и телекамеры показывают землянам панораму лунной поверхности. Отправились ракеты к Марсу и Венере.

И вот настал день, когда посланцы Земли, мужественные американские астронавты — Армстронг и Олдрин ступили на Луну. В месте прилунения они оставили «визитную карточку» Земли, в которой сказано: «Здесь люди с планеты Земля впервые ступили ногой на Луну. Июль, год 1969 нашей эры. Мы пришли с миром от имени всего человечества». Дорога в космос проложена. Штурм вселенной продолжается.

В МИРЕ ТАК МНОГО РАБОТЫ

Наш рассказ о двигателях подходит к концу. Нам нужно еще, хотя бы в самых общих чертах, сказать о том, в каком направлении совершенствуются существующие в настоящее время двигатели и какими видят их ученые и инженеры в обозримом будущем.

Сегодня в промышленности основным двигателем, который приводит в действие всевозможные станки, машины и механизмы, является электрический двигатель. Он частично вытеснил другие двигатели с транспорта (электровозы, дизель-электроходы, турбоэлектроходы, трамвай, троллейбус...).

На электрических станциях, где вырабатывается электроэнергия, трудятся паровые и гидравлические турбины — первичные двигатели, приводящие в действие электрические генераторы.

Автотранспорт работает на поршневых двигателях внутреннего сгорания. На судах применяются паровые турбины, дизели, электродвигатели. На железнодорожном транспорте — электродвигатели и дизели.



В авиации используются поршневые, турбореактивные и турбовинтовые двигатели. Космические корабли летают с помощью ракетных двигателей.

Вот основные, распространенные типы двигателей, которыми вооружено сегодня человечество.

Большие коллективы ученых, инженеров, конструкторов непрестанно трудятся над их совершенствованием.

Главное — повысить экономичность двигателей и одновременно сделать их более мощными, легкими, надежными, долговечными, простыми в изготовлении и удобными в обслуживании.

Что можно сказать, например, о работе зерноуборочного комбайна, который убирает только одну треть урожая, а две трети — теряет и портит. Это недопустимое расточительство! Совершенно верно. А вот при работе двигателей волей-неволей приходится мириться с не меньшим расточительством. Самая лучшая паровая турбина способна превратить в полезную работу немногим больше одной трети подведенной к ней тепловой энергии пара. И нельзя винить в этом создателей турбин, потому что они наталкиваются на неумолимо действующий закон термодинамики (вспомните выводы Сади Карно).

Согласно этому закону способность турбины превращать в полезную работу наибольшее количество подведенной к ней тепловой энергии зависит от температуры пара в начале и в конце его движения сквозь строй лопаток турбинных колес. Чем выше температура пара на входе в турбину и чем ниже она на выходе, тем лучше, экономичнее работает турбина. Но повышать температуру пара очень трудно, так как при высокой температуре перестают выдерживать материалы, из которых сделаны трубки котла и лопатки паровой турбины. Поэтому конструкторы турбин вместе с металлургами неуклонно из года в год воюют за каждый лишний градус нагрева пара.

Или другой пример — двигатели внутреннего сгорания. Они еще менее экономичны, чем паровые турбины. Двигатель автомобиля «Москвич» превращает в полезную работу всего 20—24 процента химической энергии топлива (бензина). Если представить себе, сколько автомашин имеется в распоряжении человечества, то трудно даже подсчитать, какое огромное количество энергии ежедневно вылетает на ветер через выхлопные трубы автомобилей. Эти потери весьма дорого обходятся человечеству. Поэтому легко понять, какое важное значение имеет повышение экономичности двигателей. Любое достижение в этом направлении в конечном итоге приводит к огромной экономии топлива.

Вот почему создатели двигателей неустанно разрабатывают новые конструкции различных двигателей, вносят улучшение в старые, ищут новые принципы действия. И за всем этим стоит одна забота: сделать двигатели более экономичными и совершенными.

Отдельно скажем об использовании электрической энергии и электрических двигателях.

Сами по себе электродвигатели весьма экономичны. До 99 процентов подведенной к ним электрической энергии они способны превратить в полезную механическую работу. Но вот что плохо. Пока электрическую энергию вырабатывают на электростанции и пока она идет к электродвигателям, успевает теряться до 70 процентов химической энергии топлива, затраченного на ее получение и передачу.

Чтобы лучше понять это, давайте проследим, какие преобразования претерпевает химическая энергия топлива, прежде чем она превращается в электрическую энергию, подведенную к какому-либо двигателю.

На электрическую станцию эшелонами доставляется каменный уголь — источник химической энергии. В котлах он сгорает и нагревает воду, превращая ее в пар. От котлов пар по паропроводам подводится к турбинам. В турбинах тепловая энергия пара превращается в механическую энергию вращения вала турбины. С валом турбины соединен вал электрического генератора, и механическая энергия вращения турбины передается генератору. В электрогенераторе механическая энергия превращается в электрическую. Новый носитель энергии — электрический ток поступает в повышающий трансформатор. От него ток высокого напряжения идет по проводам к месту потребления, где понижающий трансформатор уменьшает напряжение тока. От понижающего трансформатора ток по проводам поступает в электродвигатель, и в нем электрическая энергия преобразуется в механическую энергию вращения вала двигателя. Далее эта энергия вращения двигателя передается различным машинам и механизмам.

Какая длинная цепь преобразований энергии! И в каждом звене этой цепи происходят потери. А в сумме по всем звеньям набираются те 70 процентов потерь химической энергии топлива, о которых мы сказали раньше. Что это означает? Это означает, что 70 процентов с таким трудом добытого из-под земли каменного угля, сжигаемого в котлах электростанций, вылетает в трубу.

Вот почему ученые усиленно работают над тем, как сократить длинную цепь преобразований энергии и уменьшить ее потери.

Очень заманчиво выбросить паровое звено этой цепи — котел и турбину, в которых теряется наибольшая часть химической энергии топлива.

Но что значит выбросить турбину — первичный двигатель? Какому же двигателю поручить тогда вращение генератора? Ведь нам известно, что паровая турбина по своим качествам является одним из лучших в настоящее время двигателей и соперничать с ней может разве только гидравлическая турбина.

Да, это действительно так. Но мысль ученых идет дальше. А нель-

зя ли найти способ получения больших количеств электроэнергии без вращающегося электрического генератора? Быть может, имеется путь непосредственного преобразования химической энергии топлива в электрическую энергию? Тогда-то наверняка отпадет необходимость в первичных двигателях — паровых и гидравлических турбинах!

Ученым известно уже достаточно много способов, как можно было бы электрическую энергию получать прямо из химической.

Однако на пути решения этой чрезвычайно важной задачи имеется очень много трудностей, которые предстоит еще преодолеть.

Познакомимся с одним из возможных способов прямого получения электрической энергии из химической, или, точнее, из тепловой энергии. Он называется магнетогидродинамическим способом, а опытные установки, которые уже работают в лабораториях ученых, получили сокращенное название «МГД-генераторы».

В основе работы МГД-генератора лежит известный нам закон Фарадея — когда замкнутый проводник пересекает магнитное поле, то в нем возникает электрический ток.

Но заметим, что проводник вовсе не означает, что это должна быть обязательно проволока, которая применяется в обычных вращающихся электрических генераторах.

Проводником может быть струя электропроводной жидкости или струя раскаленного газа, которая тоже обладает свойством хорошо проводить электрический ток. Оказывается, если струю раскаленного газа заставить с большой скоростью пересекать мощное магнитное поле, то она способна генерировать электрический ток большой силы. Сердцем МГД-генератора является канал, расположенный в недрах огромного электромагнита. По нему во время работы мчится добела раскаленный газ — плазма. В стенки канала вмонтированы электроды, которые принимают ток, рожденный плазменной струей.

Работает МГД-генератор следующим образом. В камеру сгорания подается природный газ. Он является носителем химической энергии. Там он сгорает, и в камере образуется газ очень высокой температуры — 2500 градусов (химическая энергия топлива превратилась в тепловую энергию газа). За камерой сгорания — сопло. В нем поток раскаленного газа разгоняется до скорости 600 метров в секунду. Из сопла газ поступает в канал генератора. Проходя через канал, струя пересекает сильное магнитное поле и, как мы уже говорили, становится способной генерировать электрический ток. На выходе из канала газ имеет еще очень высокую температуру — 2000 градусов. Поэтому его направляют в специальное устройство — теплообменник, где он нагревает холодный воздух, который затем направляется в камеру сгорания для улучшения процесса горения в ней.

Но это не все. Оказывается, и после теплообменника температура газа еще достаточно высока и его можно направить в парогенератор,

где он нагреет воду и превратит ее в пар. Этим паром можно приводить в действие обычную турбину. По схеме, которую мы рассмотрели, работает одна из опытных установок в нашей стране.

МГД-генераторы еще не вышли за стены лабораторий ученых. Пока на опытных установках отрабатываются способы получения устойчивой плазмы очень высокой температуры (чем выше температура раскаленной струи, тем она электропроводнее), исследуются процессы, происходящие в плазме, идет испытание различных материалов, способных выдерживать огромные температуры, и проверяются конструкторские решения.

Но недалеко то время, когда человечество овладеет способами прямого преобразования химической энергии в электрическую, и тогда на смену существующим тепловым энергетическим установкам придут новые, более экономичные, среди которых достойное место займут и МГД-генераторы.

...Создание двигателей во многом связано с поиском новых источников энергии. Вспомним, что новые двигатели появлялись тогда, когда человек ставил себе на службу ранее неизвестные ему виды энергии. С освоением тепловой энергии появились тепловые двигатели: паровые машины, двигатели внутреннего сгорания, турбины... а открытие электрической энергии породило замечательного труженика — электрический двигатель.

Совершенно невиданные до сих пор возможности открылись перед человечеством, когда научились использовать атомную энергию.

Сегодня все знают, что у нас в стране действуют и строятся мощные атомные электростанции, воды Северного Ледовитого океана бороздит атомный ледокол «Ленин», построено много атомных подводных лодок...

Судя по тому, что впереди слов «электростанция», «ледокол», «подводная лодка» стоят слова «атомная», «атомный», мы вправе полагать, что на них установлен новый тип двигателя — атомный. Однако это не совсем так. Атомного двигателя, как какой-то специальной машины, преобразующей атомную энергию в механическую энергию движения, еще нет.

На атомных электростанциях электрические генераторы приводят в действие хорошо знакомые нам паровые турбины, а на атомных судах гребные винты вращают электродвигатели.

Атомными здесь являются энергетические установки, а не сами машины-двигатели, разговор о которых мы ведем в этой книжке. На атомной электростанции, атомном ледоколе на смену паровым котлам пришли атомные реакторы. В реакторе освободившаяся из ядер атомов урана (уран — это «топливо» реактора) энергия превращается в тепло. Затем это тепло используется в специальных теплообменни-

ках (парогенераторах) для получения пара, который приводит в действие обычные паровые турбины.

Вот как, например, устроена энергетическая установка атомного ледокола «Ленин». На нем установлено три атомных реактора: два рабочих и один резервный. Из реакторов тепло отводится водой. Нагретая до высокой температуры вода поступает в парогенераторы. Из парогенераторов пар направляется в четыре главные паровые турбины ледокола, каждая из которых вращает по два генератора постоянного тока. Электрическим током этих генераторов питаются три мощных электродвигателя, приводящие в действие три гребных винта ледокола. Поэтому атомный ледокол «Ленин» является турбоэлектроходом. Выполненная таким образом энергетическая установка самого мощного в мире ледокола очень надежна и обеспечивает ему хорошие ходовые качества.

Итак, нам теперь известно, что под атомным двигателем понимается не какая-то особая машина-двигатель, а сложная энергетическая установка, в которой собственно роль двигателей выполняют тепловые и электрические двигатели...

К атомной энергии человечество еще только прикоснулось. Эта энергия, необычайно плотно и экономно «упакованная» природой в атомы окружающего нас мира, является основным видом энергии будущего.

Сегодня атомную энергию научились превращать в тепловую, и в принципе она может быть использована для работы всех тепловых двигателей — от паровой турбины до ракеты.

Поэтому со временем тепловые двигатели откажутся от привычного химического топлива — угля, нефти, бензина, газа... и перейдут на атомное топливо, или, как его еще называют, — ядерное горючее.

Еще предстоит создать атомный самолет, атомный автомобиль, атомный локомотив, атомную ракету...

Заметим, что создание новых ракет, в том числе и атомных, стало потребностью сегодняшнего дня, потому что возможности существующих ракет в освоении космического пространства весьма ограничены.

Мы знаем, что ракета двигается благодаря силе реакции (или, как еще говорят, силе тяги) вытекающего из сопла раскаленного потока газов. Энергию, необходимую для движения, современная ракета получает из химической энергии топлива. При сгорании топлива химическая энергия превращается в тепловую энергию продуктов сгорания. Они же являются «рабочим телом», выбрасываемым из сопла ракетного двигателя. Поэтому эти ракеты называют еще химическими. В ракетах очень важную роль играет скорость, с которой выбрасывается «рабочее тело» из сопла двигателя. Чем выше эта скорость, тем больше тяга — сила, толкающая ракету.

В химических ракетах каждый вид топлива позволяет получить какую-то определенную скорость истечения газов. Например, при сгорании жидкого водорода в жидком кислороде можно получить скорость истечения газов около четырех километров в секунду. Это для космических ракет не много. Выходит, что возможности химических ракет ограничены природой топлива, которое не позволяет получать очень большие скорости истечения «рабочего тела». Но, кроме скорости истечения «рабочего тела», тяга ракетного двигателя зависит еще от массы вещества, выбрасываемого в единицу времени. Чем больше эта масса, тем больше сила тяги ракеты.

Поэтому, чтобы придать химической ракете необходимую скорость, приходится сжигать огромное количество топлива.

Современные химические ракеты очень «прожорливы» и напоминают собой летающие цистерны с горючим. Около девяноста процентов объема ракеты занимает топливо.

Чтобы поднять в воздух лишний килограмм полезного груза, нужно израсходовать много дополнительного топлива. А груз ракеты должны перевозить большой (топливо, экипаж, научное оборудование и т. д.).

Если подсчитать, какой вес на старте должна была бы иметь химическая ракета, отправляющаяся в дальней космическое путешествие, то мы получили бы астрономические цифры — миллионы тонн. Разумеется, что такие ракеты никто строить не будет (доставившая людей на Луну ракета-носитель «Сатурн-5» вместе с космическим кораблем и лунной кабиной весит 2943 тонны, высота ее — 109 метров, а диаметр — 10 метров). Нужны другие решения.

Вот почему ученые заняты поиском новых источников энергии и созданием новых видов ракетных двигателей, необходимых для космических полетов. И, конечно, взоры их обращаются к атомной энергии и атомным двигателям.

Ядерное горючее способно выделять огромное количество энергии. Так, например, при реакции деления одного килограмма урана выделяется такое же количество энергии, как при сгорании 1 700 000 килограммов бензина.

Какие огромные возможности для использования в ракетных двигателях скрыты в ядерном горючем! Оно может позволить резко сократить запас топлива на борту ракеты. Правда, не надо забывать, что при переходе на атомное топливо понадобится на борту иметь еще «рабочее тело» (в химических ракетах, как мы знаем, им являются продукты сгорания). Но ученые подсчитали, что разделение топлива и «рабочего тела» в атомной ракете все же создает ей определенные преимущества.

Что же представляет собой атомный ракетный двигатель?

Основной его частью является атомный реактор. Тепло, выделяе-

мое реактором, идет на нагрев «рабочего тела», которое затем разгоняется в сопле ракеты и с огромной скоростью выбрасывается наружу, создавая силу тяги двигателя. Имеются и другие схемы атомных ракетных двигателей. Разрабатываются также проекты электрических ракетных двигателей, в которых «рабочее тело» разгоняется не только за счет тепловой энергии, но и за счет электрических сил. В таких двигателях возможно в принципе достигнуть очень больших скоростей истечения «рабочего тела».

...Ученых очень интересует работа живого двигателя, созданного гениальным конструктором — Природой. Живые организмы, в том числе и человек, в своей повседневной деятельности совершают бесконечное количество движений. Человек идет, говорит, пишет, поднимает тяжести, бежит, плышет... и все время работают сотни живых двигателей, которые обеспечивают выполнение нужных движений.

Этими двигателями являются мышцы. Сегодня ученые уже заглянули внутрь мышцы и исследуют ее работу. Оказалось, что «конструкция» этого двигателя выгодно отличается от двигателей, построенных руками человека.

Человек, создавая машины-двигатели, не смог пока еще избежать сложной цепочки преобразований энергии. При работе машин-двигателей химическая энергия топлива превращается сначала в тепловую (либо в нем самом, либо вне его), а затем только в механическую. И мы знаем уже, какую дань в виде огромных потерь энергии человечество платит за это. Природа построила свой живой двигатель более экономично. В мышце химическая энергия топлива («топливом» является пища человека) превращается непосредственно в механическую энергию движения.

Если бы в мышце преобразование химической энергии в механическую происходило как в технике — путем промежуточного преобразования в тепловую энергию, то мышца разогревалась бы до красного каления.

В действительности температура мышцы, работающей с большой нагрузкой, например температура мышц бегущего спортсмена, возрастает всего на несколько градусов.

Потери энергии в живом двигателе меньше, чем в других двигателях. А если учесть, что живые двигатели работают без поломок, без капитальных ремонтов и замены износившихся частей на протяжении всей жизни человека, то легко понять, насколько они совершеннее созданных человеком машин-двигателей.

Механизм работы живого двигателя весьма сложен, и действует такой двигатель совсем по-другому, чем известные нам машины-двигатели. Мышца состоит из отдельных наитончайших ниточек-волокон. Часть волокон — тонкие и длинные, а другая часть — потолще и короче.

Тонкие и толстые волокна расположены в строгом порядке. Тонкие волокна частично заходят в промежутки между толстыми. Внешние концы тонких ниточек-волокон соединены плотными перепонками, придающими всей «конструкции» необходимую прочность.

Толстые волокна могут сцепляться с тонкими, и все это удивительное «сооружение» обладает способностью сокращаться и расслабляться, развивая при этом усилие.

Мышца человека способна поднять груз, превышающий ее собственный вес в пятьсот раз. Магнитов, способных совершить нечто подобное, нет. Летательные мышцы насекомых способны сокращаться и расслабляться, приводя тем самым в действие их крылышки, до шестидесяти тысяч раз в минуту. Мышца — это сложнейшая энергетическая «установка», в которую поступает «топливо» и кислород, необходимый для его «сгорания». Она вся пронизана нервными нитями, по которым из мозга поступают команды управления, и нервными клетками, сигнализирующими о выполнении этих команд.

У этого «двигателя» нет вращающихся частей. Поворачиваться кости скелета могут, а вот вращаться — нет. И к этим нуждам живых организмов приспособлены и их двигатели-мышцы.

Изучение работы и конструкции живого двигателя — это чрезвычайно интересное и перспективное дело. И не потому, что человек сможет скопировать «конструкцию» мышцы и построить искусственный живой двигатель. В этом необходимости нет. Такой двигатель будет очень сложным.

Живой двигатель для конструкторов интересен тем, что это двигатель принципиально нового типа, который способен преобразовывать химическую энергию непосредственно в механическую. И весьма возможно, что постижение тайн его работы подскажет пути, как построить машину-двигатель, для работы которого не требовалось бы промежуточного преобразования химической энергии в тепловую.

...В своем небольшом заключительном разговоре о будущем двигателях мы, конечно, коснулись лишь некоторых направлений их развития. Но и рассказанного достаточно для понимания того, что в мире идет огромная работа. Ученые, инженеры, конструкторы создают новые двигатели и совершенствуют существующие.

Эта работа, как всегда, в самом разгаре. Потому что поиском новых источников энергии и созданием двигателей — машин, преобразующих различные виды энергии в механическую энергию движения, человечество было занято с тех пор, как оно себя помнит, и будет занято до тех пор, пока оно существует.

Никто из читателей нашей книги не опоздал подключиться к этой гигантской работе.



• СОДЕРЖАНИЕ •

От автора	4
Эхо веков	12
Недалекое прошлое	21
Огнем и водой рожденный	24
Не порох, а пар	30
«...И будет собственных Платонов и быстрых разумом Невтонов Российская земля рождать...»	37
«Увеличил силы человека»	40
Экипаж, которому лошадь не нужна	45
Карно, сын Карно	53
Конец одного господства	56
Не пар, а газ	57
Четыре такта	61
Кто заменит газ?	65
Судьба изобретателя	68
И снова пар	74
В поисках больших скоростей	78
Дело всей жизни	82
Вместо «слоновых» колес	86
Таинственная сила камней	91
Путешествие по Неве	99
Самый простой и дешевый	103
Новые крылья	113
Еще сказано только «А»	117
Покорившая небо	120
Шаги по Луне	125
В мире так много работы	134

Художник А. И. Добрицын

Для детей среднего и старшего школьного возраста

Александр Владимирович Ефимов

СИЛЬНЕЕ ГЕРКУЛЕСА

Редактор **Н. Ц. Степанян**
Худож. редактор **Е. А. Ельская**
Технич. редактор **Л. М. Самсонова**
Корректор **Н. Д. Толстякова**

Сд. в наб. 23/IX-70 г. Подп. к печ. 23/III-71 г. Форм. бум. 70×90¹/₁₆. Физ. печ. л. 9,0. Усл. печ. л. 10,53. Уч.-изд. л. 9,32. Изд. инд. ЛД-249. А09013. Тираж 100 000 экз. Цена 45 коп. в переплете. Бум. № 2. 7—6—3. 319—71.

Издательство «Советская Россия». Москва, проезд Сапунова, 13/15.
Книжная фабрика № 1 Росглавополиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров РСФСР, г. Электросталь Московской области, Школьная, 25.
Заказ № 1654.

15 кон.