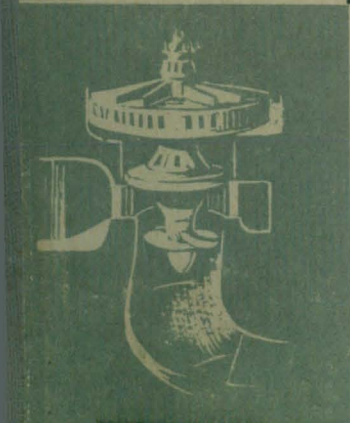
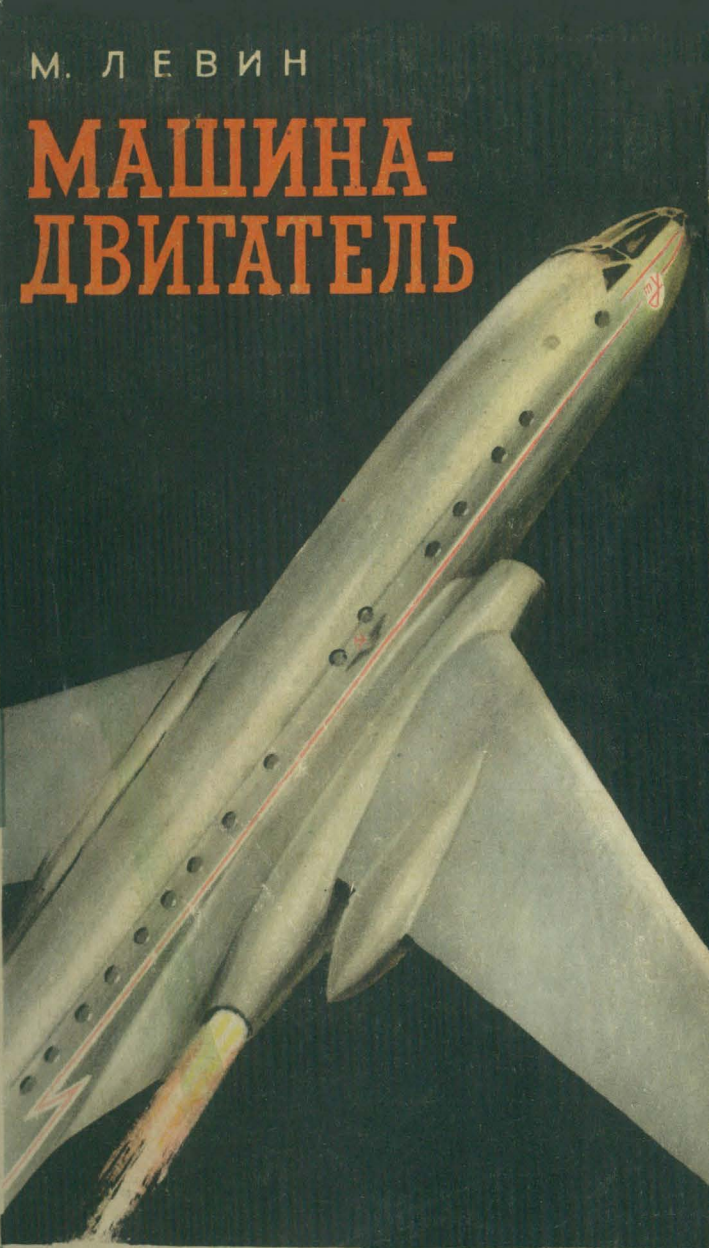
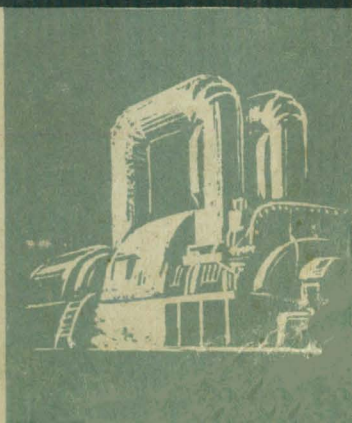
М. ЛЕВИН

МАШИНА-ДВИГАТЕЛЬ





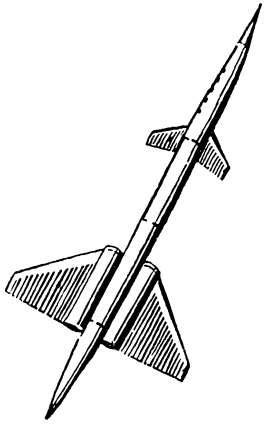


ДЕТГИЗ · 1957

М. ЛЕВИН МАШИНА-ДВИГАТЕЛЬ

М. ЛЕВИН

МАШИНА-ДВИГАТЕЛЬ



(От водяного колеса

до атомного двигателя)

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ДЕТСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МИНИСТЕРСТВА ПРОСВЕЩЕНИЯ РСФСР
ЛЕНИНГРАД 1957

Научный редактор
доцент В. А. Зысин

Рисунки Ю. Лаврухина
и Е. Войшвилло

ПЕРВОЕ СЛОВО О ДВИГАТЕЛЕ

Автомобиль, самолет, электричество, кино, радио, телевидение — все эти и многие другие достижения современной техники сделали нашу жизнь не похожей на жизнь наших дедов и прадедов. Пытливый человеческий разум раскрыл и продолжает раскрывать одну за другой тайны природы. То, что казалось когда-то сказкой, о чем мечтал человек, как о несбыточном, вошло в жизнь, стало для нас самым обыденным.

Могучие средства современной техники преобразили нашу страну.

В глухих деревнях зажглись «лампочки Ильича», заговорило радио. Автомобили, железные дороги, пароходы и теплоходы, аэросани и самолеты приблизили дальние районы к столицам.

На поля вышли чудесные машины, которые облегчили тяжелый труд хлеборобов; почти вся пахотная земля в нашей стране обрабатывается тракторами.

Стальные исполины-экскаваторы роют каналы и строят плотины. Сейчас уже наша промышленность выпускает такие экскаваторы, которые сами могут перешагивать с места на место и в один прием вырывать до 20 кубических метров земли. Одна такая машина способна заменить до двенадцати тысяч землекопов.

Локомотивы, речные и морские суда, снабженные двигателями огромной мощности, перевозят пассажиров и грузы в таком количестве, что сделать это с помощью конной тяги, парусного и гребного флота и даже с помощью первых

паровозов и пароходов прошлого века было бы практически невозможно.

Всё больше и больше вводится в строй электрических станций — от маленьких, передвижных, до самых крупных. Мы далеко ушли вперед от того времени, когда была пущена первая русская электростанция в Петербурге на реке Мойке (1882—1883 годы). Так входит в нашу жизнь техника — и прежде всего машинная техника, поставленная на службу человеку.

Но машина, став у нас другом человека, облегчая его труд, улучшая условия жизни, требует и к себе дружеского, внимательного отношения. Машину надо знать, надо любить ее.

Вы скажете: но ведь их очень много, этих машин, нельзя же всех их знать! Это правда. У нас много инженеров, техников, механиков, которые изучают и совершенствуют дальше машины; одни работают в одной отрасли техники, другие — в другой. Есть инженеры-электрики, которые знают и совершенствуют электрические машины; есть инженеры-автомобилисты, которые знают и совершенствуют автомобили; инженеры-машиностроители, строящие различные сложные машины; инженеры-теплотехники, сооружающие тепловые машины, и так далее. И если даже инженеры специализируются в определенной области технических знаний, то было бы нелепо полагать, что каждый человек должен знать в совершенстве все машины.

Нет, узнать всё о современных машинах без глубокого изучения техники нельзя. Но не знать ничего о машинах сегодня, в век техники, тоже нельзя. Надо уметь разобраться во всем многообразии окружающих нас машин, надо понимать принцип действия главнейших из них.

К таким главнейшим машинам относится машина-двигатель.

Двигатель...

Пока человечество не умело использовать различные силы природы, заставив их работать на себя, двигателем был сам человек или рабочий скот. Мускульная сила человека заставляла вращаться первые деревянные приспособления: ворот колодца, гончарный станок, ручной жернов. Лошадь двигала

телегу, тащила соху и борону. Человек придумывал различные приспособления, которыми он мог бы сделать больше работы, чем голыми руками. Строились машины — орудия, заменявшие ручной труд. Машины-орудия усложнялись, и, чтобы приводить их в движение, мускульной силы человека и животных не хватало. И вот появились новые машины, которые сами стали двигать другие машины. С тем, что было не под силу, скажем, лошади, новые машины-двигатели справлялись легко. Люди начали создавать большие станки, можно было ставить много станков — появились заводы, фабрики. Здесь потребовались и весьма мощные двигатели. Потом машину-двигатель поставили на рельсы, и она потянула за собой длинные составы вагонов.

Позднее машину-двигатель заставили вращать машины, вырабатывающие электрический ток. Появился новый вид энергии — электричество, которое дало свет, новую двигательную силу, получившуюся с помощью электрических двигателей; появилось кино, радио, телевидение.

Нашли машину-двигатель и для городских повозок, чтобы заменить извозчичьи пролетки и колымаги, — появился автомобиль, легковой и грузовой.

Машину-двигатель поставили на колеса и впрягли в плуг, в борону, — появились тракторы.

Машину-двигатель связали с огромными ковшами, которые стали вгрызаться в землю, рыть котлованы, — появились экскаваторы.

Всё, к чему пришла современная техника, было бы немыслимо достичь без машин-двигателей, и притом разных двигателей.

И нет ничего удивительного в том, что среди машин, окружающих нас, так много машин-двигателей, машин, вырабатывающих энергию.

О машинах-двигателях и написана эта книга.

Здесь рассказано о том, какими путями входила в жизнь человека машина-двигатель, о том, как она развивалась и совершенствовалась. Эта книга повествует также и о людях, чей труд и знания были отданы на благо человечества и чьи имена

нельзя не вспомнить, когда заходит речь о сделанных ими открытиях и изобретениях, обогативших технику.

Эта книга — не учебник. Здесь нет подробного описания устройства разных двигателей. Здесь рассказано лишь о принципах, на которых основана работа двигателей, о том, что связывает между собой разные типы двигателей, и о том, что́ их отличает. В этой книге говорится о двигателях-«старичках», которые, сыграв свою роль, уже покинули или покидают сцену, о двигателях-«юнцах» и о двигателях-«младенцах», то есть о тех, которые лишь недавно завоевали право на жизнь, и о тех, кто переживает свой «детский возраст», готовясь занять прочное место в технике завтрашнего дня.

Для многих из вас это будет первая книга о двигателях. И автору хочется думать, что среди читателей найдется немало таких, кого всерьез и надолго заинтересует техника двигателестроения, кто вслед за этой книгой прочтет специальные технические книги и по ним углубит свои знания.

Глава I

УКРОЩЕННЫЕ СТИХИИ

„Вода примером служит нам...“

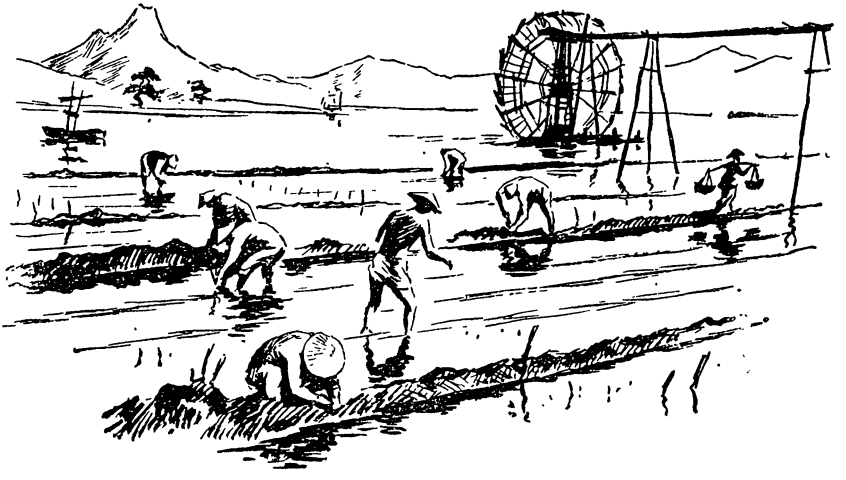
Вы помните, откуда эти слова? Это знаменитая песенка Шуберта. Может быть, вы помните и мелодию этой песенки?

Если вы хоть раз ее слышали, то, конечно, помните. Разве можно забыть эту музыку, в которой воплощено само движение, неудержимый поток, каскад падающих струй!.. Даже если вы не знаете слов этой песенки, в одной только музыке почувствуете, как неугомонная, вечно бурлящая, вечно текущая вода заставляет беспрестанно работать мельницу, заставляет вращаться тяжелые жернова в извечном трудовом ритме.

Вода! Вот кому обязано человечество своими первыми двигателями.

Человек давным-давно понял, что текущая в реке вода обладает большой силой. Пловцу было трудно бороться с течением, гребцу было тяжело вести лодку вверх по реке. А падающая вода долбила камень. И, выбиваясь из сил в борьбе с природной стихией, человек свои мысли обратил к воде. Надо заставить текущую воду работать и приносить пользу!

И вот появились самые первые двигатели — водяные колеса. Появились они еще несколько тысячелетий тому назад в древнем Китае, где из бамбуковых стержней сооружали водяные вертушки. Позднее в древнем Вавилоне и в древнем Египте водяные колеса широко применялись для поливки орошаемых земель. Делалось это так. В дно многоводной реки вбивали специальные устои или неподвижно, на каменных якорях, ставили рядом две лодки. Устои или лодки служили опорами для вала огромного деревянного колеса.



Увлекаемые течением, лопатки поворачивали колесо.

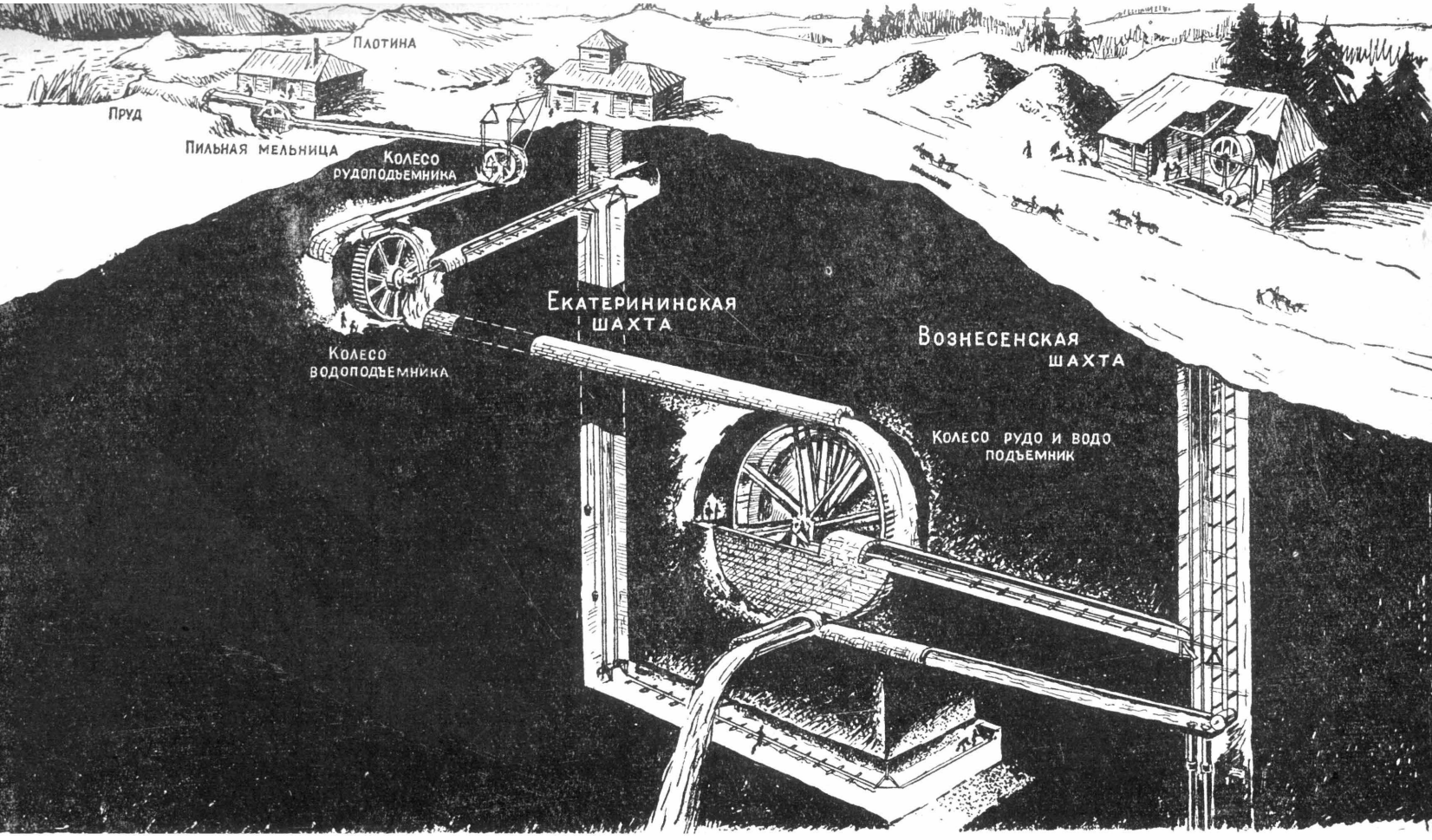
Колесо это было необычным: во все стороны от центра на одинаковых расстояниях торчали из обода лопатки. Внизу лопатки погружались в воду, и вода их увлекала течением. Передвигаясь по течению, эти лопатки поворачивали колесо и в воду опускались следующие лопатки. Так колесо вращалось.

К такому колесу привязывали различные сосуды-черпаки. Они тоже погружались по очереди в воду, наполнялись, затем поднимались колесом наверх и сливали воду в желоба, откуда вода поступала на орошение полей.

С Востока водяные колеса проникли в Рим. Здесь их стали использовать не только для орошения, но и для снабжения городов питьевой водой из рек и каналов. Здесь же водяные колеса заставили вращать мельничные жернова.

В древнем мире, однако, применение двигателей — даже таких, как водяные колеса, — было не очень выгодным. Куда дешевле и проще было использовать труд рабов. Ведь, чтобы строить сооружения с колесами и желобами, нужны были материалы, за такими сооружениями надо было следить, ремонтировать их, затрачивать средства. А рабы были силой дешевой, их можно было эксплуатировать, не заботясь о последствиях.

В средние века водяные двигатели получили широкое распространение. Их приспособили не только к мельницам, но и к суконному производству, а затем они стали проникать в горную и металлургическую промышленность.

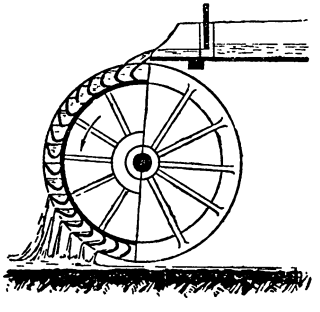


Система водяных колес, сооруженная Козьмой Фроловым.

В древней Руси водяные колеса появились тоже очень давно. В различных исторических документах, начиная с XIII века, упоминается о водяных мельницах. В более позднем развитии русской промышленности водяные двигатели были весьма широко использованы. Талантливые русские механики создавали сложнейшие сооружения с применением водяных двигателей.

По указу Петра I бывалый солдат Яков Батищев построил в Туле первые оружейные заводы с водяными двигателями. Одно водяное колесо Батищева приводило в движение около тридцати станков, на которых сверлились пушечные стволы.

Интересное сооружение создал выдающийся русский механик Козьма Фролов.



Верхнебойное водяное колесо.

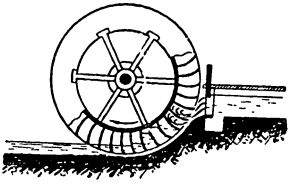
Во второй половине XVIII века на Змеиногорском руднике в Сибири Фролов соорудил мощную водосиловую установку.

На речке Змеевке была построена запруда, а за запрудой был прорыт двухкилометровый подземный канал с выходом к другой речке — Корбалихе. Вдоль канала Фролов поставил несколько установок с водяными колесами, для каждой из которых были использованы огромные подземные пещеры — выработки высотой до 21 метра. Вода падала сверху от запруды и вдоль канала с одного колеса на другое — по лесенке — проходила свой путь, сливаясь затем в речку Корбалиху. Несколько раз использовал Фролов один и тот же поток воды. С помощью водяных колес приводились в движение все механизмы рудника: насосы, рудоподъемники, дробильные фабрики и даже вагонетки с канатной тягой.

Водяное колесо дожило и до наших дней. Еще и сейчас где-нибудь в деревне вы можете увидеть водяную мельницу.

Существует три типа водяных колес. Если вы увидите, что вода падает на колесо сверху и поворачивает колесо силой тяжести, — знайте, что такое колесо называется верхнебойным. А если вода падает на лопатки где-то посредине колеса, — такое колесо именуется среднебойным. Наконец, если никак нельзя заставить воду падать сверху, ставят нижнебойное колесо вроде тех, которые применялись еще в древнем Вавилоне.

Так выглядят самые древние и самые простые двигатели — водяные колеса. С помощью этих двигателей человек использовал энергию воды. Но хорошо ли водяная энергия была использована? Не пропадала ли часть энергии зря? Столько ли энергии человек получал от двигателя, сколько вода могла этому двигателю сообщить?



Среднебойное водяное колесо.

Иными словами, — каков был коэффициент полезного действия такого двигателя, то есть какая доля подведенной к двигателю энергии могла быть снята с вала двигателя для полезной механической работы?

Коэффициент полезного действия обычно выражают либо в процентах, либо в долях единицы. О коэффициенте полезного действия — или КПД, как его сокращенно записывают, — мы будем часто говорить в этой книге.

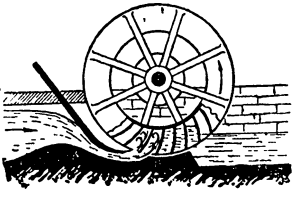
Так вот, в случае водяных колес оказывалось, что лучше всего использовалась энергия воды в верхнебойном колесе, где вода падает. Коэффициент полезного действия (КПД) этого колеса доходил до 75%. Среднебойное колесо имело КПД 65%, а нижнебойное и того меньше.

Водяные колеса были маломощными двигателями. Обычно их мощность не превышала 5—6 лошадиных сил.

Итак, с незапамятных времен энергия воды служит человеку. Она и теперь является одним из основных и одним из богатейших источников двигательной силы.

В природе запас водной энергии очень велик; человек может им располагать, не задумываясь о том, что этот запас способен истощиться.

Вспомним, как происходит круговорот воды в природе. Солнце теплом своих лучей заставляет испаряться воду. Пар скапливается в облака, которые от соприкосновения с холодными потоками воздуха конденсируются, то есть превращаются вновь в воду. Вода падает на землю, наполняя ручьи и реки. По естественным скатам поверхности земли вода находит сток к морю. Вот на пути этого течения человек и ставит свои водяные двигатели.



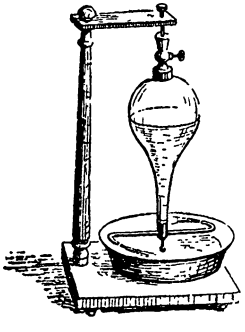
Нижнебойное водяное колесо.

Запас энергии воды огромен. Разве мыслимо, чтобы такие силы природы пропадали бесцельно?

Недаром наш великий учитель, основатель советского государства, Владимир Ильич Ленин уже в апреле 1918 года, когда страна стала восстанавливать свое хозяйство, намечая пути технического развития, обращал внимание инженеров и ученых на необходимость максимального использования водных сил природы.

Но как же современная техника использует водную энергию? Не с помощью же водяных колес — таких громоздких и маломощных двигателей, обладающих к тому же и низким коэффициентом полезного действия?

Нет. Современная техника ушла очень далеко от водяных колес, создав мощные водяные двигатели. Эти двигатели называются гидротурбинами («гидро» — по-гречески означает «вода», «турбо» — по-латыни означает «вихрь», «вращение»).



Сегнерово колесо

В 1750 году венгерский ученый Сегнер изобрел интересный прибор, который и сейчас еще вы можете увидеть в школьном кабинете физики. Этот прибор состоит из резервуара, штатива и двух отогнутых под прямым углом трубок. Когда вода, заливаемая сверху через горловину, будет вытекать из отогнутых трубок, резервуар начнет вращаться, как показано стрелкой. Это происходит потому, что, вытекая, вода как бы отталкивается от трубок, отчего трубки отходят в противоположную сторону. Прибор этот получил название: «сегнерово колесо».

Этим прибором заинтересовался русский академик, знаменитый математик, Эйлер. Он понял, что на принципе «сегнерова колеса» могут работать водяные двигатели, и дал очень точный расчет таких машин.

В 1834 году французский инженер Фурнейрон, пользуясь расчетами Эйлера, построил первую водяную турбину, еще далеко несовершенную.

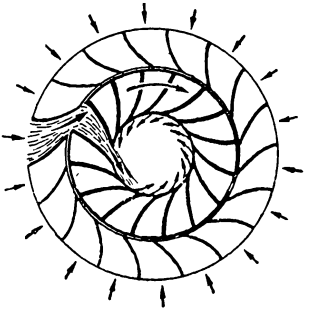
Почти в то же время — в 1837 году — уральский мастер Игнатий Сафонов, сооружавший ранее плотины для водяных колес, построил на Алапаевском заводе первую в России гидротурбину.

Первая турбина, построенная Игнатием Сафоновым, работала еще не так, как хотелось мастеру. Ее коэффициент полезного действия был равен только 53% — меньше, чем у хорошего водяного колеса. И вот, через два года Игнатий Сафонов

построил и установил новую турбину на Ирбитском заводе, КПД которой уже равнялся 70%.

С тех пор прошло более ста лет. За это время инженеры всех стран много поработали над водяной турбиной.

Особенное значение водяная турбина получила тогда, когда наука открыла способы использования электрической энергии превращением ее в энергию механическую. Оказалось, что водяную турбину можно применить для вращения машин, вырабатывающих электрический ток. Так появились первые гидроэлектростанции.



По такому принципу работает колесо реактивной гидротурбины.

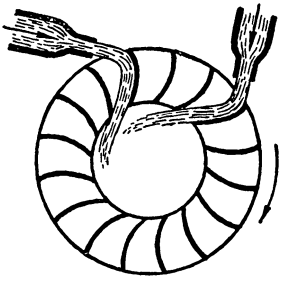
Современная водяная турбина, конечно, не похожа на «сегнерово колесо», и работает она тоже не совсем так.

Современные гидротурбины строятся двух типов. Первый тип турбин — активные.

Вернемся несколько назад и посмотрим на рисунок верхнебойного водяного колеса. Почему оно вращается? Потому, что вода своей тяжестью опускает одну лопасть за другой. Вода сливается с той же стороны колеса, с которой к нему подводится.

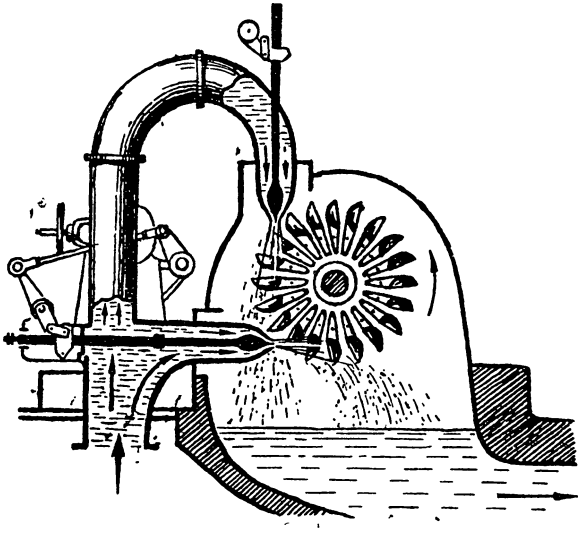
Но попробуем теперь создать колесо с лопастями, встречающими как бы в лоб струю воды.

Эта струя образуется оттого, что перед колесом вода пропускается через специальную направляющую трубу. Струя воды попадает на вогнутые лопасти, скользит вдоль них и сливается в центральную часть колеса. Такое колесо уже будет вращаться не потому, что падающая вода своей тяжестью (верхнебойное колесо) или текущая вода силой течения (нижнебойное колесо) увлекает за собой лопасти. Здесь на вогнутых лопастях происходит замедление скорости вытекающей струи, меняется ее направление и струя отдает свою энергию колесу, давя на лопасти, толкая их. Такое колесо целиком не заполнено водой, вращается в воздухе.



По такому принципу работает колесо активной гидротурбины.

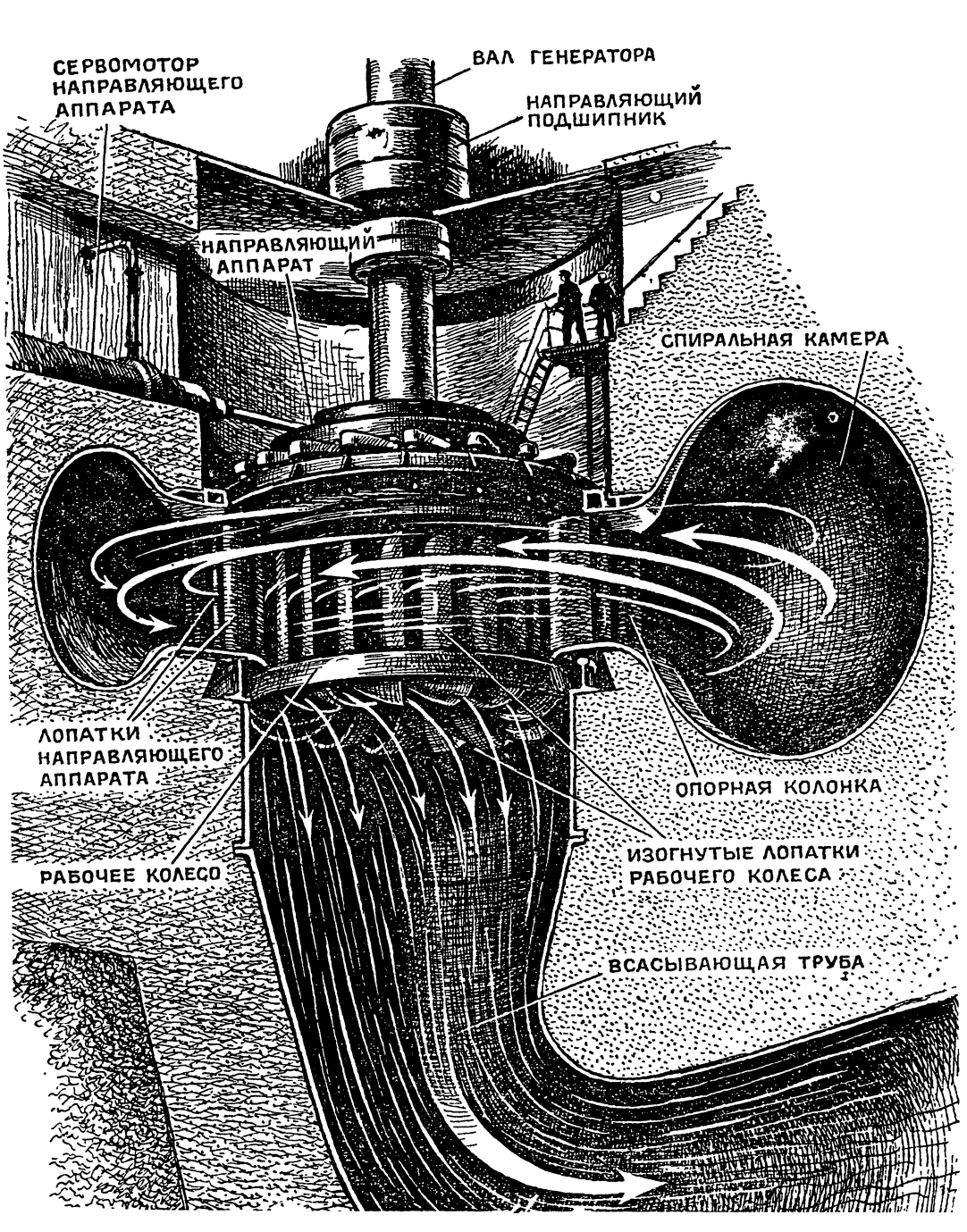
Один из распространенных типов активной турбины — «ковшовая турбина». Вода по направляющей трубе подводится к колесу, лопасти которого выполнены в виде ковшиков, и заставляет колесо вращаться. Силу давления струи, а значит, и мощность турбины, можно регулировать «иглой», то есть большой пробкой. Этой пробкой-иглой прикрывают или открывают отверстие, через которое бьет струя. Чем отверстие будет больше, тем и количество протекающей воды окажется больше, а значит, — и струя сильнее.



«Ковшовая» активная турбина.

Такие турбины строятся сейчас на большие мощности и устанавливаются там, где вода на турбину падает с большой высоты. Так, сейчас на Металлическом заводе в Ленинграде строится ковшовая турбина мощностью в 65 тысяч киловатт для напора в 680 метров. С высоты в $^2/_3$ километра будет падать вода на лопасти этой турбины.

Весьма распространенными водяными двигателями являются гидротурбины другого типа — реактивные. Принцип работы этих современных гидротурбин имеет много общего с принципом «сегнерова колеса». Их устройство, однако, не напоминает сосуда с отогнутыми трубками.



Реактивная гидротурбина с вертикальным валом.
Вода поступает вначале в спиральную камеру, окружающую направляющий аппарат, а затем — через каналы между неподвижными лопатками направляющего аппарата — на рабочее колесо турбины. Лопасти колеса имеют специальную форму, вода проходит по суживающимся каналам и сливается вдоль вертикальной оси вниз, во всасывающую трубу. Лопатки направляющего аппарата можно поворачивать с помощью специального механизма, который называется сервомотором. Этим суживаются или расширяются каналы направляющеего аппарата и меняется количество воды, пропускаемое на рабочее колесо, а значит — и мощность турбины.

На рисунке (на странице 13) показана схема лопастной реактивной турбины. Ее колесо имеет так же, как и колесо активной турбины, множество лопастей специальной формы. Вокруг колеса помещается неподвижный металлический пояс, направляющий аппарат, разделенный перегородками на каналы особой формы. Вода поступает сразу во все каналы кожуха (как показано стрелками) и движется вдоль каналов сразу на все лопасти колеса.

Обратите внимание, как эти лопасти устроены: они выгнуты так, что проход между ними суживается к центру колеса. Кроме того, «узкие горлышки» оказываются направленными не по радиусу, а как бы отогнутыми в сторону от него. Вот и получается, что вода, попадая на колесо, проходит по суживающимся каналам между лопастями, постепенно ускоряясь, а выходит она с лопастей под некоторым углом к радиусу, вызывая тот же эффект, что и в «сегнеровом колесе»: как бы отталкиваясь от лопастей, вода их вращает. И чем больше вода «разгоняется» в суживающихся каналах лопастей, тем больше та реактивная сила, которая отталкивает колесо, вращает его. Так как поступление и истечение воды идет непрерывно, — колесо непрерывно вращается. При этом всё колесо всегда залито водой.

Можно подводить воду и так, что ось колеса будет вертикальной, как это делается, например, в турбине Днепровской гидроэлектростанции.

Весьма большое распространение получил еще один вид реактивных гидротурбин — пропеллерные, и прежде всего с поворачивающимися лопастями.

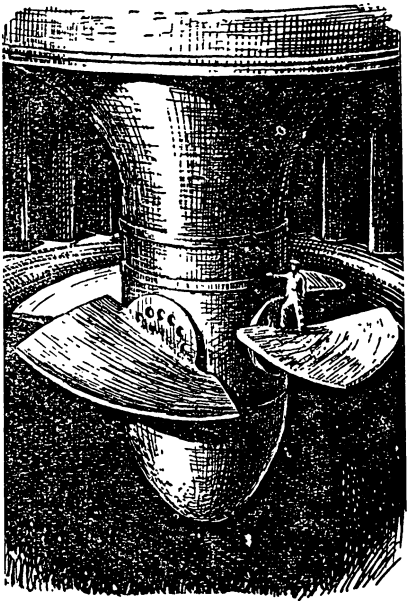
Такими турбинами оборудуется сейчас Куйбышевская и другие гидроэлектростанции.

Пропеллерная турбина имеет вертикальный вал, заканчивающийся втулкой, напоминающей головку снаряда. Ко втулке прикрепляется несколько пропеллерных лопастей (крыльев), причем с помощью специального механизма допускается поворот лопастей вокруг своей оси, так что они могут принимать разный угол наклона. Вода на такое колесо падает сверху, проходя через каналы направляющего аппарата. Когда вода скользит по винтовым поверхностям лопастей, она их отталкивает и тем самым вращает вал гидротурбины.

Поворотное устройство для лопастей сделано потому, что для получения разных мощностей требуется разное количество воды, а при этом и разный угол наклона лопастей, при котором данное количество лучше всего используется турбиной. Тогда вода будет экономно расходоваться, а турбина всегда будет работать с высоким коэффициентом полезного действия.

Поворотное устройство усложняет и удорожает турбину, поэтому его делают только для мощных турбин. Для турбин малых, которые ставят, например, на колхозных электростанциях, используют пропеллерные турбины без поворотного устройства лопастей.

Коэффициент полезного действия лучших современных гидравлических турбин доходит до 94%, то есть почти вся энергия падающей воды используется для получения механической работы вращения. Размеры крупных современных гидротурбин очень велики. Так, например, диаметр рабочего колеса поворотно-лопастной турбины мощностью в 100 тысяч киловатт равен 9 метрам.



Рабочее колесо с поворачивающимися лопастями пропеллерной гидротурбины Куйбышевской ГЭС.

Современные гидротурбины — это сложные металлические сооружения. В Советском Союзе производство гидротурбин было начато в 1924 году.

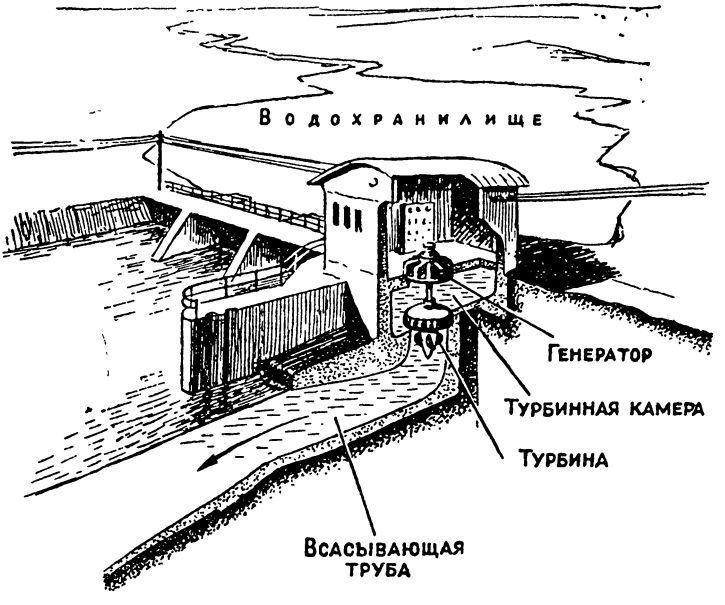
Первые турбины обладали мощностью в 50—100 киловатт (68—136 лошадиных сил). Их мощность была в 10—20 раз выше мощности обычного водяного колеса.

Но наша промышленность недолго задерживалась на таких турбинах. Уже в 1927 году гидротурбины стали выпускать мощностью в 3700 киловатт (5032 лошадиных силы), а в 1930—1933 годах до 15 000 киловатт (20 400 лошадиных сил).

Казалось бы, если один водяной двигатель — турбина — дает свыше 20 000 лошадиных сил в то время, как простое водяное колесо дает всего 5—6 лошадиных сил, — это ли не вершина техники?

Нет, это еще была далеко не вершина.

К 1941 году наша советская промышленность уже освоила по тому времени самые мощные в мире поворотно-лопастные турбины по 70 000 киловатт (95 200 лошадиных сил).



Гидроэлектростанция с одной турбиной пропеллерного типа

Когда в годы первой пятилетки строили Днепровскую гидроэлектростанцию, потребовалось установить там весьма мощные турбины, которые тогда еще у нас не выпускали. Пришлось воспользоваться американскими турбинами, каждая из которых развивала мощность по 91 тысяче лошадиных сил и имела КПД 91%.

Во время Великой Отечественной войны гитлеровские варвары разрушили детище первой пятилетки — Днепровскую гидроэлектростанцию. Как только отгремели бои, советский народ начал ее восстановление.

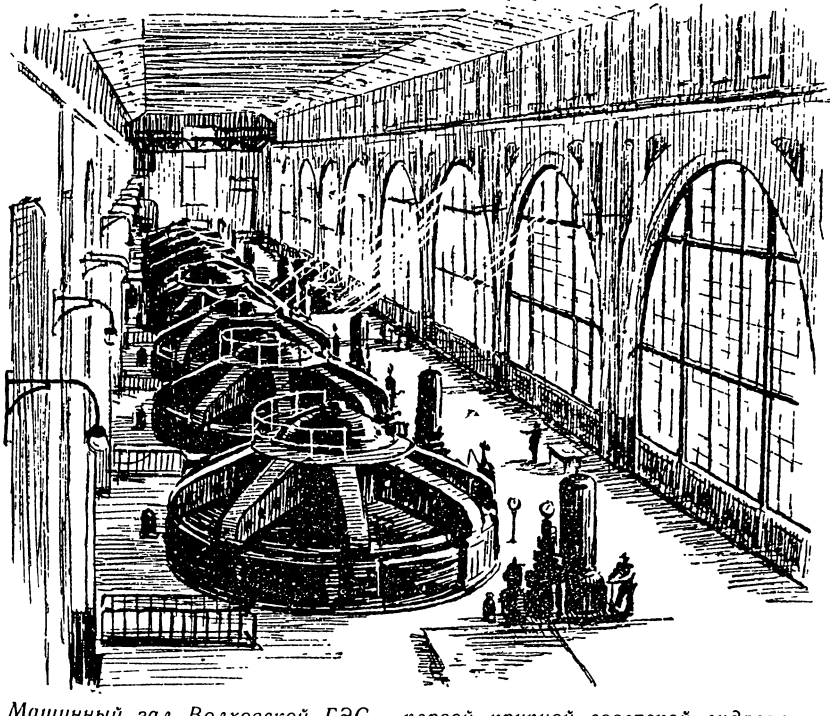
Но теперь уже наш Ленинградский Металлический завод изготовил для этой станции турбины еще более мощные, чем американские, — по 100 тысяч лошадиных сил в каждой, с коэффициентом полезного действия 93%.

Сейчас на том же заводе разрабатывается турбина на 200 тысяч киловатт (272 000 лошадиных сил), а в шестой пятилетке предполагается освоить турбины небывалых еще мощностей — в 250 и даже в 400 тысяч киловатт. Свыше полмиллиона лошадиных сил будет развивать один двигатель!

Вот какими стали современные водяные двигатели! Это наиболее мощные двигатели, применяющиеся в технике. Они тяжелы, громоздки и используются только для одной цели: приводить в движение электрические машины, вырабатывать электрический ток. А уж ток передается по проводам и используется для нужд промышленности, сельского хозяйства, транспорта и для бытовых нужд.

Гидравлическая турбина вращает вал электрической машины, которая называется электрогенератор.

«Генератор» — по-латыни «рождающий»; «электрогенератор» — машина, вырабатывающая электрический ток. Обе машины, связанные между собой, представляют гидроагрегат.



Машинный зал Волховской ГЭС — первой крупной советской гидроэлектростанции, построенной по указанию Ильича. Виден ряд электрогенераторов

Современные гидроэлектростанции оборудуются такими гидроагрегатами, рассчитанными на разную мощность.

На рисунке (на странице 18) показано, как устроена гидроэлектростанция с одной турбиной.

Река перегорожена плотиной. Это необходимо для того, чтобы образовался повышенный уровень, с которого вода могла бы падать на колесо турбины.

Вертикальная турбина установлена в специальном здании, в верхнем этаже которого помещается электрогенератор, а в нижнем — турбинная камера с водой и сама турбина.

На гидроэлектростанции может быть установлено несколько турбин.

С 1926 года, когда вступила в строй Волховская гидроэлектростанция, в нашей стране строятся всё новые и новые гидроэлектростанции, мощность которых всё возрастает и возрастает.

На Волге и Днепре сейчас сооружаются мощные гидроэлектростанции — Куйбышевская, Сталинградская и Каховская. Каждая из таких станций, как Куйбышевская и Сталинградская, будет вырабатывать электрической энергии в год в 5 раз больше, чем все электростанции царской России. Ток от этих станций будет передаваться на самые дальние в мире расстояния — 800—1000 километров.

Мощность только одной гидротурбины Куйбышевской ГЭС будет равна 126 тысячам киловатт. Высота такой турбины равна 40 метрам, то есть достигает высоты 10—11-этажного дома. Турбина будет весить 1500 тонн, что потребует для ее перевозки целого железнодорожного состава в 25—30 вагонов.

В шестой пятилетке развертывается строительство еще более мощных гидроэлектростанций: Братской на реке Ангаре и Красноярской на реке Енисее. Каждая из этих гидростанций по своей мощности (3 миллиона 200 тысяч киловатт) будет примерно равна двум волжским гидростанциям — Куйбышевской и Сталинградской или пятидесяти трем таким гидростанциям, как Волховская.

Но, кроме гидростанций большой мощности, в нашей стране широко развертывается строительство и малых, сельских гидростанций.

Итак, водяные двигатели можно ставить там, где есть вода, их нужно делать мощными, — тогда энергия воды будет хорошо использоваться. Эти мощные двигатели лучше всего применять для получения электрической энергии.

„Ветер, ветер, ты могуч!“

Помните, как сказано у Пушкина:

«Ветер, ветер, ты могуч,
Ты гоняешь стаи туч,
Ты волнуешь сине море,
Всюду веешь на просторе...»

И действительно, как мог человек не обратить внимания на такую могучую природную силу, как ветер? Почему же ветер зря тратит свои неиссякаемые силы?

Нельзя ли как-либо использовать их?

И вот появился парус. Быстро стало развиваться мореплавание. Человек избавился от тяжелого труда, который приходилось затрачивать на то, чтобы двигать корабли своей мускульной силой. Суда стали двигаться с помощью паруса, используя энергию ветра. Глядя на парус, человек начал задумываться о том, как бы использовать силу ветра и для других целей.

Об одном интересном применении силы ветра рассказывают древние русские летописи.

В 907 году князь Олег подошел под стены Царьграда. Чтобы устрашить осажденных греков и с меньшими потерями завладеть городом, Олег пошел на военную хитрость. Он приказал поставить свои морские корабли на колеса и поднять паруса, а кроме того, склеить из легких тканей, натянутых на легкие каркасы, воздушные змеи в форме всадников на конях. И вот, когда всё было готово, он выждал появления сильного попутного ветра и дал сигнал. К стенам осажденного города по суше двинулись корабли, а по небу поскакало огромное количество вооруженных всадников. Греки были ошеломлены. Олег же, воспользовавшись первым замешательством врага, блестяще осуществил свой замысел — Царьград был завоеван.

В этом эпизоде, характеризующем замечательную изобретательность русских воинов, ветер двигал даже сухопутные повозки.

Давным-давно человек начал использовать энергию ветра и для привода мельниц и для подъема воды на орошение засушливых земель. В Египте еще и сейчас стоят каменные цилиндрические башни ветряных мельниц, сложенные 3000 лет назад. Такие мельницы приводились в движение ветряным колесом, состоящим из нескольких лопастей, напоминающих паруса.

В VII веке ветряные колеса стали применяться персами для орошения.

Участники крестовых походов перенесли идею и опыт постройки ветряных двигателей с Востока на Запад. В странах Западной Европы ветряные мельницы появились в X—XIII веках, а на территории нынешней России — еще раньше, в III—IV веках.

Позднее крестьянская ветряная мельница стала непременной принадлежностью российского пейзажа.

Ветряная мельница не нуждалась ни в топливе, ни даже

Жернова мельницы приводились в движение ветряным колесом, состоящим из нескольких лопастей.

в воде, ее можно было построить на любом холме. Строили ветряные мельницы двух видов: козловые и шатровые.

Козловая мельница имеет огромные лопасти-крылья, которые со всеми передачами и жерновами вместе держатся на центральном столбе. Когда меняется направление ветра, всю мельницу поворачивают вокруг столба — и крылья вновь начинают вращаться.

Шатровую мельницу уже не требуется поворачивать всю, — достаточно повернуть только крылья вместе с верхней частью — шатром.

Шатровые мельницы могут быть более мощными. Если у козловых диаметр крыльев доходит лишь до 10 метров, а мощность не превышает 5 лошадиных сил, то у шатровых

крылья бывают до 28 метров в диаметре, а мощность доходит до 50 лошадиных сил.

Но крылья ветряных мельниц еще плохо используют энергию ветра. Даже у современной крестьянской мельницы коэффициент полезного действия крыльев не превышает 20%.

Козловая ветряная мельница.

Современной? Но разве и сейчас строят ветряные мельницы — эти деревянные скрипучие сооружения?

В степных, безводных районах ветряной двигатель и теперь является весьма необходимым. Ведь он не требует никакого топлива, а ветра в поле, как известно, всегда вдоволь.

Еще и сейчас кое-где строят ветряные мельницы, правда, с усовершенствованными крыльями, с металлическими валами и шестернями, передающими вращение на жернова.

Но ведь ветряной двигатель может приводить в движение не только жернова. Теперь, в наше время, гораздо целесообразнее заставить такой двигатель приводить во вращение электрогенератор. Тогда от ветроэлектростанции можно получать энергию и для мельниц, и для сельскохозяйственных машин, и для освещения, и на многие другие нужды. Для таких ветроэлектростанций теперь разработаны и строятся специальные ветряные двигатели, напоминающие ветряную мельницу только разве тем, что обладают также большими крыльями-лопастями. Однако форму и размеры этих крыльев теперь точно рассчитывают. Уже изучены свойства ветра, и инженеры могут строить ветряные двигатели, хорошо использующие его энергию. Современные ветродвигатели могут развивать большие мощности.

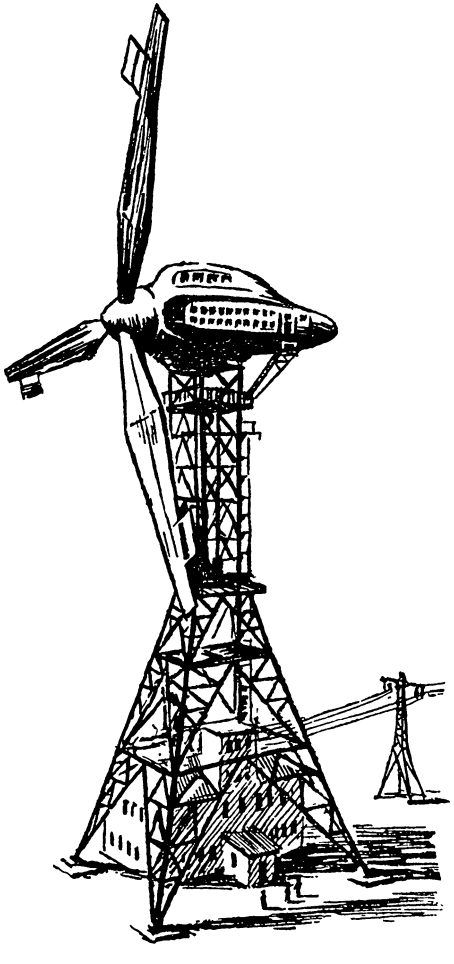
Чтобы лучше использовать ветер, ветродвигатель поднимают на большую высоту и ставят на огромные стальные ноги. Помещение, где стоит электрогенератор — машина, вырабатывающая электрический ток, — напоминает дирижабль. При такой форме потоки воздуха легко обтекают гондолу и не мешают работе ветряка.

Шатровая ветряная мельница.

Подобный ветродвигатель был построен и установлен у нас еще до войны в Крыму, на берегу Черного моря, где всегда бывают ветры. Смотря по тому,

какова была скорость ветра, эта установка развивала мощность от 22 до 177 лошадиных сил, и это был самый мощный ветряной двигатель в мире. Стоял он на башне высотой в 25 метров и имел размах крыльев в 30 метров.

Интересную разновидность современных ветряных двигателей представляет собой двигатель, у которого электрический генератор расположен внизу, возле самой земли. Это очень удобно: и уход, и наблюдение за ним облегчаются. Крылья же подняты высоко — на 30 метров от земли — и имеют размах 13 метров.



Один из типов современных ветродвигателей.

Однако крылья с электрогенератором здесь ничем не связаны: нет никаких длинных валов, никаких цепей или ремней. Вращается генератор от особой воздушной турбины (см. рис. на стр. 25).

Получается это так: ветер вращает крылья, крылья же сделаны внутри полыми, а на концах имеют отверстия. Поэтому, когда крылья вращаются, воздух, находящийся во внутренних полостях, под влиянием центробежной силы выбрасывается через отверстия на концах крыльев.

Таким образом, внутри крыльев и внутри всей башни создается воздушное течение: вместо ушедшего воздуха снизу через окна в стволе башни поступают новые порции. И вот этим воздушным потоком приводится в движение турбина — колесо с лопастями. А от турбины вращается и электрогенератор. Такой ветряной двигатель недавно построили в Англии, и он развивает мощ-

ность в 100 киловатт (136 лошадиных сил).

Но разве нельзя от ветра получить больших мощностей, как, скажем, удается получить от воды в гидротурбинах?

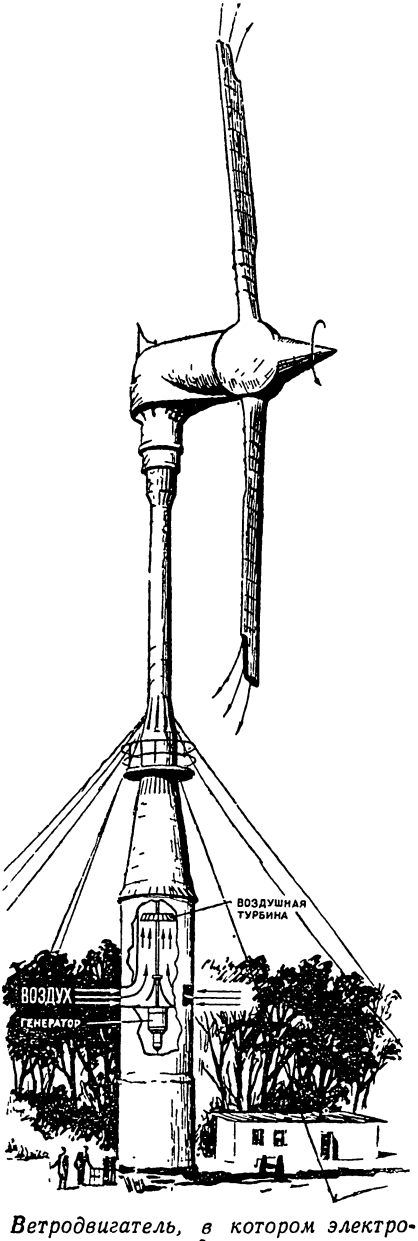
Ветер, вообще говоря, может развивать очень большую энергию.

Вот, например, известно, что в 1703 году через Англию и Францию пронесся такой ураган, что было опрокинуто и разрушено 400 ветряных мельниц, 800 домов, 100 церквей и несколько маяков. Этим же ураганом было вырвано с корнем и отнесено на большие расстояния 250 000 деревьев, при этом, как потом подсчитали, в несколько секунд ветер развил мощность свыше 10 миллионов лошадиных сил.

Но такие ураганы редки, и их нельзя использовать для нормальной работы двигателей. Ведь 400 ветряных мельниц оказались просто разрушенными. Рабочая скорость ветра обычно не превышает 10 метров в секунду.

Для таких скоростей ветра нашими научными институтами были спроектированы двигатели и на 1000 киловатт и на 5000 киловатт и даже на 10 000 киловатт, но построить такие двигатели пока еще оказалось трудно, а главное,— и не очень-то выгодно.

В чем основные недостатки ветряных двигателей?



Ветродвигатель, в котором электрогенератор приводится во вращение воздушной турбиной.

Чтобы взять от ветра энергию для мощного двигателя, приходится строить крылья-лопасти огромных размеров; они получаются громоздкими, тяжелыми, дорогими. Кроме того, построив мощный двигатель, трудно ожидать, что каждый день или даже каждый час он будет работать с нужной мощностью. Ведь ветер не подчиняется воле людей, ветер образуется по своим законам: то он сильнее, то он слабее... А может случиться, что несколько дней подряд и вовсе ветра не будет. Значит, тот завод, машины которого будут приводиться от ветряного двигателя, встанет.

Правда, есть разные способы, помогающие выйти из затруднительного положения. Например, когда ветер сильный и двигатель развивает очень большую мощность, заряжают специальные электрические аккумуляторы, а когда ветер окажется слабым или его вовсе не будет, — берут ток от аккумуляторов. Но все эти способы очень удорожают установку, и хотя сам ветер природой отдается нам даром, зато постройка сложной ветросиловой установки оказывается дорогой. Поэтому основное распространение пока получают малые ветряные двигатели, которые недороги и очень удобны в условиях деревни, особенно если нет поблизости рек. Но со временем, возможно, удастся применить мощные ветродвигатели в одной энергетической системе с гидроэлектростанциями. Это было бы очень полезно, потому что как раз тогда, когда гидростанциям не хватает воды (например, зимой), в природе возникают сильные ветры, и некоторое снижение мощности гидростанций может перекрываться повышенной мощностью ветряных станций.

Великий Ленин, составляя «Набросок плана научно-технических работ», в апреле 1918 года обратил внимание Академии наук на «водные силы и ветряные двигатели вообще и в применении к земледелию».

Наши советские ученые и инженеры, помня ленинское указание, всё время работали и продолжают работать над задачами наилучшего использования дешевых видов энергии — воды и ветра — для нужд нашего социалистического народного хозяйства.

Но не всегда и не везде удается обойтись водяными и ветряными двигателями, — есть целый ряд областей техники, где основными типами двигателей являются тепловые. В таких двигателях в механическую энергию превращают тепло. Вот к этим двигателям теперь и перейдем.

Глава II

„ОГНЕННЫЕ МАШИНЫ“

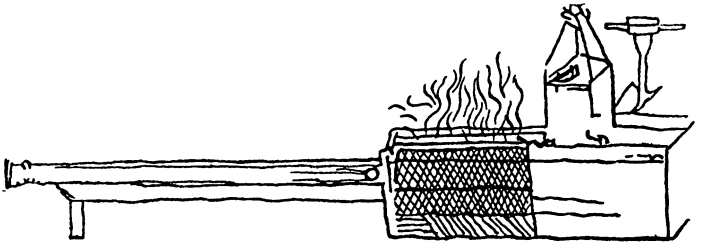
От пушки „самый сильный гром“ до необычайного двигателя Бранка

В некоторых старых учебниках физики рассказывался приблизительно такой случай: сидел как-то англичанин Джемс Уатт, механик по специальности, возле плиты, на которой подогревал себе чай. Сидел, поглощенный работой, — разбирал какой-то механизм. Вдруг на чайнике задребезжала крышка. Сначала Уатт не обратил на это внимания, а потом, когда крышка так сильно запрыгала, что, казалось, вот-вот слетит вовсе, механик оглянулся. Тут-то ему в голову и пришла будто бы примерно такая мысль: «Ого-го! Откуда столько силы у пара, что тяжелой крышкой он играет, как ореховой скорлупкой? Уж не заставить ли эту силу делать более полезное дело?» И будто бы после этого случая Уатт стал работать, изобретать и изобрел, наконец, паровую машину.

Как всё ясно и просто, как необычайно повезло Уатту, не правда ли? На самом же деле такого случая, вероятно, никогда и не было — или, если и произошло что-либо подобное, то для создания паровой машины такой случай не имел никакого значения. Уатт сделал для паровой техники много, но всё это было результатом большого труда.

Уатт далеко не первый открыл ту могучую силу, которой обладает пар, и не первый предложил паровую машину, то есть двигатель, в котором энергия пара превращается в механическую энергию.

В рукописях знаменитого итальянского ученого Леонардо да Винчи описывается очень любопытная паровая пушка,



Эскиз паровой пушки «архитронито», сделанный рукой Леонардо да Винчи.

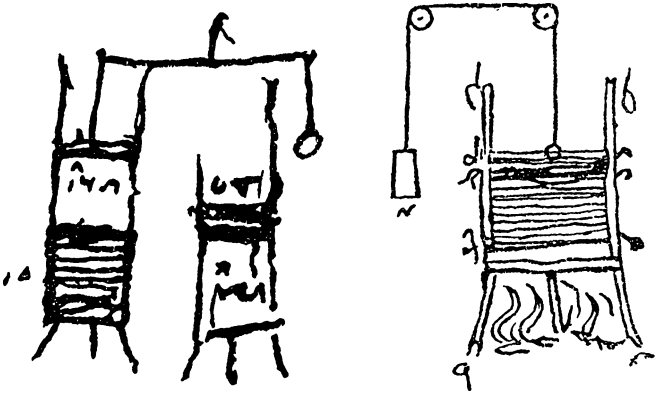
которую Леонардо да Винчи считает изобретением известного вам греческого математика и механика Архимеда.

Как такая пушка должна была стрелять? А вот как: длинный ствол на одну треть помещался в жаровню, и там эта часть нагревалась до раскаленного состояния. Над раскаленной частью ствола ставился бак с водой. По трубке вода могла попасть внутрь раскаленного ствола; для этого надо было повернуть запорный кран. Здесь вода быстро испарялась, и образовавшимся давлением пара выбрасывалось пушечное ядро. Не правда ли, любопытная пушка? О том, какой эффект производил ее выстрел в те далекие времена, когда еще о порохе ничего не знали, можно судить по данному ей названию. Ее именовали «архитронито», что в точном переводе означает: «самый сильный гром».

Если прав в своих предположениях Леонардо да Винчи, то, следовательно, уже в III веке до нашей эры, во времена Архимеда, люди знали о могучей силе пара.

Геронов шар.

Но совсем достоверно известно, что немногим позже (I век до н. э. или 1 век н. э.) пар использовали для приведения в движение многих устройств, предназначенных для забавы. Описание таких устройств оставил выдающийся греческий инженер и ученый Герон Александрийский. Одна из его игрушек — Геронов шар — послужила прообразом современного двигателя — паровой реактивной турбины. Этот шар по принципу действия напоминает «сегнерово колесо». Разница в том, что внутрь шара здесь подается не вода, а пар, который затем также выходит наружу через две отогнутые трубки и за-



Эскизы, сделанные рукой Леонардо да Винчи, изображающие принцип действия паровой поршневой машины.

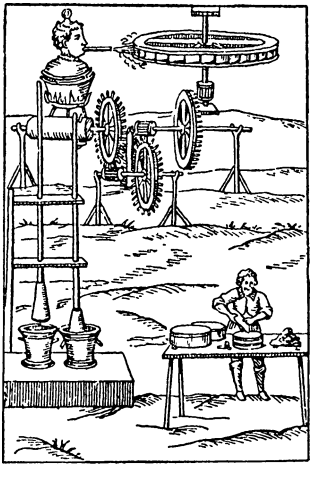
ставляет шар вращаться по той же причине отталкивания. Такое действие пара называется реактивным.

Но ни паровая пушка, ни Геронов шар еще не были двигателями. Геронов шар, казалось, мог бы приводить в движение какую-либо машину, но развивал очень малую мощность и оставался игрушкой.

Лишь много столетий спустя (в XV веке), после средневековья, в эпоху нового расцвета культуры и наук великий итальянский ученый и инженер Леонардо да Винчи вновь напомнил человечеству о паре как источнике механической энергии.

Леонардо да Винчи набросал пером два эскиза: цилиндр с поршнем и цилиндр с кожаным мешком, «куда наливается немного воды». Под такие цилиндры следовало подводить огонь и заставлять воду испаряться. И так как пару некуда выходить, —он должен был двигать поршень или расширять кожаный мешок.

Как надеялся Леонардо да Винчи дальше получить повторения такого же процесса, — из эскизов неясно, но уже сама идея цилиндра и поршня,



Необычайный двигатель Бранка.

двигающегося под давлением пара, намного опередила свое время. Эта идея потом легла в основу создания паровой машины. Немногим позже, в 1629 году другой итальянский ученый — архитектор Джиованни Бранка — опубликовал свое изобретение: «толчею для изготовления порошка необычайным двигателем». Это было очень забавное изобретение, причем наиболее забавным выглядел сам двигатель.

Посмотрите на рисунок и попробуйте там этот двигатель отыскать. Внешне ничего похожего на современные двигатели вы не найдете. В самом деле, разве можно предположить, что изображенная в левом верхнем углу голова есть не что иное, как паровой котел, а поставленное на вертикальную ось колесо с лопатками — паровая турбина?

Оказывается, что это именно так. Изо рта головы — парового котла — вырывается сильная струя пара, ударяющая по лопаткам колеса и заставляющая их вращаться. А далее, от колеса, уже идет передача движения с помощью зубчатых колес на барабан, который попеременно зацепляет шпильками то левую, то правую ступку, производя непрерывно процесс дробления какого-либо сыпучего вещества.

Вот тут уже явное использование пара как двигательной силы.

Заметим, что на этом принципе воздействия струи на лопатки колеса (принцип активного действия) работают современные паровые двигатели, так называемые активные турбины.

Итак, о силе, которую в известных условиях можно получить от пара, знали давно. Даже пытались использовать эту силу. Но прежде чем был создан настоящий паровой двигатель, удобный тем, что хорошо поддавался управлению и не зависел от рек или от капризных свойств ветра, — прошло много времени. Надо было прежде всего изучить свойства самого пара.

Куда девалась вода из стакана?

Действительно, пока люди имели дело только с энергией воды и ветра, всё казалось простым и понятным: вода течет и увлекает за собой лопатки колеса, ветер надувает паруса или толкает крылья мельницы. Вода — в реке, ветер — в поле...

Но вот человек решил использовать энергию пара. Почему, когда воду нагревают, она закипает и превращается в пар?

Почему этот пар, если его не собрать, быстро рассеется и никакой работы от него не получить? А вот, если его собрать в Геронов шар и оттуда позволить ему вырываться через узкие трубки, — он окажется настолько сильным, что, отталки-

вая трубки, заставит весь шар вращаться. Или, если пар запереть в небольшом пространстве, как в случае с пушкой Архимеда, и к тому же подогреть, — он станет еще сильнее: дальше, чем любая пружина, пошлет из пушки ядро.

Какими же тайными свойствами обладает этот волшебник-пар? Как можно наилучшим образом овладеть этими свойствами? Изучение свойств пара длилось долгое время, и только к концу прошлого века сложились вполне точные научные представления. Правда, создание парового двигателя шло своим чередом, не ожидая того времени, когда пар будет изучен всесторонне. Как только опытом удавалось найти какое-либо новое свойство, — сразу же оно применялось в новых изобретениях.

Однако совершенный двигатель, работающий паром, стал строиться позднее, уже на основании точных знаний.

Прежде чем продолжить рассказ об интереснейшей истории создания паровой машины, следует напомнить вам основные сведения о паре, которые когда-то никому не были известны и о которых теперь знает каждый школьник седьмого класса.

То, что жидкости, в том числе и вода, испаряются, всякий из вас замечал. Действительно, кто не наблюдал, например, таинственного исчезновения воды из стакана, оставленного летом на окне? Сначала, когда вы были маленькими, вам казалось, что кто-то выпивает эту воду. Но потом, когда вы стали учиться в школе, то поняли, что вода просто улетучивается, то есть испаряется. Почему?

Уже давно люди задумывались над тем, что́ представляют собой различные вещества, которые окружают нас.

Люди заметили, что каждое вещество можно получить в больших и в малых порциях. Такое вещество, как вода, может наполнять огромные водоемы, но может и в виде маленькой росинки искриться на лепестке цветка. До каких же пределов можно мельчить вещество, не меняя его свойств? Ведь есть же самая мельчайшая частица? Да, такая частица, как выяснили ученые, есть, и назвали они ее молекулой. Молекулы вещества друг к другу притягиваются, друг за друга держатся, но для этого они должны находиться очень близко друг к другу. Однако при очень близком соприкосновении у них возникают и силы отталкивания.

В твердом теле молекулы расположены очень близко друг к другу и, находясь под влиянием сил притяжения и сил отталкивания, совершают небольшие колебательные движения, которые нам, конечно, не заметны.

Но вот давайте твердое тело, например кусок свинца,

нагревать — и вы увидите, что в определенный момент он превратится в жидкость, — расплавится. Что же произошло?

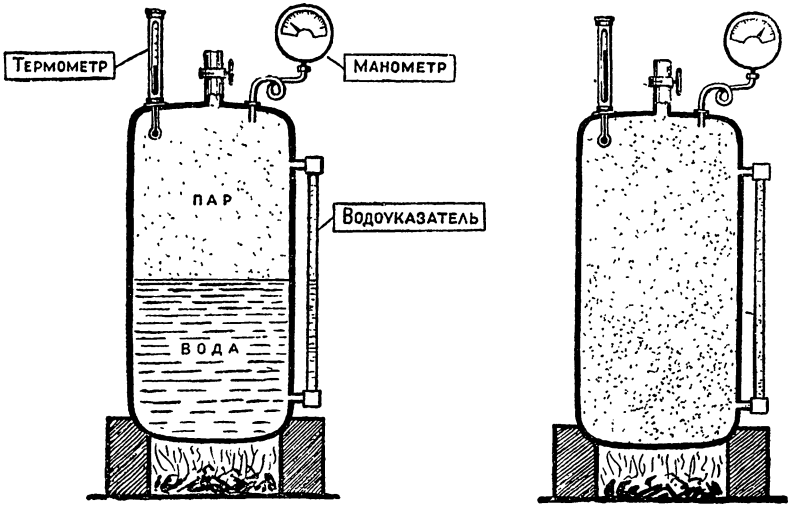
Оказывается, когда мы нагревали свинец, мы тем самым заставляли молекулы колебаться всё чаще и чаще и увеличивать размах этих колебаний (вот почему тела при нагревании расширяются). Наконец, при какой-то вполне определенной для каждого вещества температуре молекулы начинают отделяться друг от друга, вновь соединяться в новые группы, опять отделяться, чтобы затем опять соединиться по-новому. Молекулы начинают хаотическое движение внутри массы вещества, и вещество превращается в жидкость. Вода и представляет собой вещество, которое в обычных условиях является жидкостью.

А что, если жидкость — в данном случае воду — тоже нагреть? Ускорится ли движение молекул? Да, ускорится. При этом молекулы начнут так быстро двигаться, что некоторые с размаху вылетят прочь, покидая поверхность и устремляясь в атмосферу. Вот это и есть испарение. Оказывается, если даже не нагревать воду, то испарение всё равно происходит — правда, медленно. Так улетучилась за день вода из стакана, стоявшего на окне. Но если воду нагревать, то, чем выше будет ее температура, тем быстрее пойдет испарение.

Нагревая воду в открытом сосуде и измеряя ее температуру, дойдя до 100°С, мы заметим, что вода при этом закипела, температура дальше не поднимается, а вверх устремились клубы пара. Началось парообразование: не только от поверхности, но и по всей массе жидкости происходит отрыв молекул, образуются пузыри, которые поднимаются вверх, прорываются через поверхность, и молекулы улетучиваются. Всё тепло, которое мы теперь при нагревании сообщаем воде, пойдет на отрыв молекул, — вот почему температура, как установилась в 100°, так и будет держаться до тех пор, пока не выкипит, то есть не испарится, вся вода. Из жидкого тела вода превратится в газообразное — в пар.

А теперь, вспомнив, что такое пар, вспомним и его основные свойства. Для этого представим себе, что вода, которую мы нагреваем, находится уже не в открытом, а в закрытом со всех сторон сосуде, куда вставлены два измерительных прибора: термометр — для измерения температуры и манометр — для измерения давления пара.

Сосуд металлический, закрытый; сбоку поставлена стеклянная трубка, прочно вделанная сверху и снизу в патрубки, которые сообщаются с внутренним пространством сосуда. Такой сосуд назовем «котлом», а стеклянную трубку — водоуказателем. И действительно, так как водомерная трубка сверху и



В котле насыщенный пар (слева). В котле перегретый пар (справа).

снизу может сообщаться с пространством котла, нам будет видно, на каком уровне находится вода.

Допустим, что сначала вода заполняла половину котла, — вторую половину заполнял, следовательно, пар.

Посмотрим, что покажут при этом приборы.

Манометр, оказывается, стоит на нуле, — это значит, что давление внутри котла равно наружному, атмосферному, давлению. Термометр показывает примерно ту же температуру, которую имеет и окружающий воздух.

Открыв верхний кран, начнем нагревать котел. Пока кран открыт, вода будет нагреваться так же, как в обычном открытом сосуде, а пар при этом постепенно вытеснит из котла весь воздух. Теперь закроем кран и, продолжая нагревать, будем следить за приборами. По мере нагрева мы заметим, что уровень воды понижается, а пространство, занимаемое паром, — возрастает. При этом температура будет всё время расти, а вместе с ней и стрелка манометра будет показывать всё большее и большее давление пара.

Мы уже давно прошли температуру кипения 100°С, но температура воды всё растет и растет... В чем же дело? В открытом сосуде воду никак нельзя было нагреть выше 100° С, а здесь она нагревается и выше. Почему?

Оказывается, что вода имеет температуру кипения 100°С только в том случае, когда над ее поверхностью давление равно атмосферному. В открытом сосуде пар улетучивается и давлёние всё время остается постоянным и равным давлению окружающего воздуха, то есть атмосферному.

Совсем другое дело в закрытом сосуде. Здесь пару деваться некуда, он скапливается над поверхностью воды и оказывает на нее всё большее и большее давление. Если бы это давление было повышенным, но дальше не росло, то при некоторой температуре, более высокой, чем 100°С, всё равно началось бы кипение. Но стоит воде нагреться на один градус, как и давление в закрытом сосуде тут же возрастает на какую-то долю атмосферы... Так мы и будем отмечать по манометру для каждой новой температуры новое давление, пока вся вода не превратится в пар. Такой пар, который находится в котле в то время, как имеется еще вода, называется насыщенный пар. Это значит, что в этом объеме парового пространства котла, при этой температуре воды, большего количества пара получить нельзя. Пространство насыщено паром. Если из воды при этом продолжает вылетать какое-то количество молекул, то точно такое же количество их возвращается обратно из парового пространства в воду. При новой температуре воды меняется количество могущих вылететь без возвращения частиц и давление насыщенного пара также меняется.

Когда же вся вода испарится, можно продолжать нагревать один пар, но тогда это будет уже не насыщенный пар, а перегретый, и его давление, повышаясь и дальше, уже будет зависеть не только от температуры, но и от объема котла, в то время как давление насыщенного пара в любом объеме зависит только от температуры.

Теперь, вместо нагревания, попробуем начать охлаждение котла. Мы заметим, что перегретый пар превратится в насыщенный, а тот по мере охлаждения будет понижать свое давление. Этот обратный процесс превращения пара в воду называется конденсацией. Посмотрите на узоры, которые расписал мороз на вашем окне. Вы задумывались над тем, отчего эти узоры получаются? А ведь тут тоже происходит явление конденсации паров, находящихся в воздухе. Эти пары, соприкасаясь с холодным стеклом, конденсируются, превращаются в мелкие капли воды, которые тут же замерзают.

Вот теперь мы, пожалуй, закончим нашу беглую экскурсию в область науки о паре. Заметим, что наука эта достаточно сложная, но углубляться в нее мы сейчас не можем, — это уже дело инженеров-теплотехников.

Пришло время

Но почему Леонардо да Винчи, почему Джиованни Бранка, почему десятки других инженеров, ученых, изобретателей стремились создать тепловой двигатель? Почему нельзя было ограничиться водяным и ветряным двигателями?

Да потому, что уже давно ощущалось большое неудобство: двигательную силу можно было получить только возле реки, а где-нибудь в стороне — нельзя.

Правда, иногда выручал ветер, но ведь мощность ветряных двигателей не высока, да к тому же и сам ветер непостоянен — сегодня есть, завтра нет.

От природных условий зависела мощность и водяного двигателя: спадет вода в реке — и мощность падает.

Совсем иначе дело обстоит с тепловым двигателем. Всюду, где есть топливо — дрова, уголь, нефть, солома, — всюду, где возможно развести огонь, удастся заставить работать тепловой двигатель. Когда надо, — можно двигатель пустить, когда не надо, — остановить. Мощность у такого двигателя всегда постоянная, — знай подбрасывай топливо. Словом, казалось полезным наряду с водяными и ветряными двигателями попытаться создать такой удобный двигатель, как паровой.

Но если попытки Леонардо да Винчи и Джиованни Бранка использовать силу пара были вызваны лишь техническим интересом, который они питали к разрешению этой задачи, и идеи их остались не воплощенными в реальные машины, то наступила пора, когда тепловой двигатель потребовалось создать во что бы то ни стало.

Долгое время, как вам известно, изготовление необходимых предметов человеческого обихода производилось отдельными мастерами-ремесленниками. Сидит себе такой ремесленник — прядильщик — и вращает потихоньку ногой прядильное колесо. Но с развитием торговли потребовалось много различных товаров и работа ремесленников, да еще почти вручную, не могла обеспечить всё возрастающий спрос. Постепенно стало появляться крупное капиталистическое машинное производство — фабрики и заводы. Новые машины, изобретенные, чтобы заменить рабочие руки, потребовали и мощных двигателей. Водяные колеса не могли развивать больших мощностей, да и вообще этот двигатель был неудобен для привода фабричных машин, — уж слишком громоздкими оказывались такие сооружения. Помните, какой подземный коридор с несколькими подземными залами вынужден был соорудить Козьма Фролов, чтобы разместить водяные колеса для привода механизмов Змеиногорского рудника?

А кроме того, в большом производстве уже стала нетерпима сезонность работы водяных колес, — зимой почти вся фабрика должна была или вовсе останавливаться, или работать далеко не на полную мощность. Кроме того, из-за водяных двигателей и вся фабрика оказывалась как бы привязанной к реке, хотя во многих случаях сюда было далеко и дорого подвозить сырье, отсюда далеко и дорого было перевозить готовые изделия, здесь чувствовался недостаток в рабочей силе.

Словом, внимание промышленников стали всё больше и больше приковывать к себе работы по созданию теплового двигателя, действующего паром. Удобство такого двигателя было очевидным. Потребность в нем всё больше и больше нарастала. Инженеры, техники, механики всего мира вплотную заинтересовались паром...

Уже в семнадцатом веке, и даже несколько ранее, многие передовые люди, ученые и инженеры, предвидели, какие широкие возможности откроются перед тепловым двигателем, и настойчиво искали пути использования силы пара.

Наиболее важной технической задачей того времени была задача создания двигателя, который приводил бы в движение насосы, откачивающие воду из шахт.

Без таких насосов в шахтах работать было нельзя, — подземные воды просачивались и мешали добывать уголь и руду. Насосы приводились в движение лошадьми, но при таком «двигателе» эти насосы обладали малой производительностью и мощностью, — не успевали откачивать воду, не могли поднимать воду с больших глубин. Надо было строить насосы больших мощностей, но для них нужны были и более мощные двигатели. Шахты и рудники не всегда располагались вблизи рек, — вот почему там раньше, чем в других производствах, делались попытки создания теплового двигателя. Это были очень интересные попытки. С них-то мы и начнем продолжение истории создания паровой машины.

Врач-инженер Дени Папен и его машины

Французский врач Дени Папéн, встретившись с крупнейшим ученым того времени — голландцем Христианом Гюйгенсом, после долгих и увлекательных бесед с ним был до такой степени заинтересован задачами, стоящими перед инженерами, что решил изменить медицине и посвятить себя технике. И, как человек, решивший заниматься новым делом, он выбрал для себя самую интересную и самую важную по тому времени

область техники — исследование свойств пара и затем создание тепловой машины.

В 1680 году Дени Папен нашел способ получения пара сравнительно высоких давлений, изобретя паровой котел, который и получил название, сохранявшееся долгое время, — «Папе́нов котел».

Однако, создав паровой котел, Папен не сразу придумал способ его применения. Больше того, он на время вовсе отошел от пара — его поглотила идея создания машины, в которой использовалась бы сила давления атмосферного, наружного, воздуха.

Сложными зигзагами идет подчас развитие технических идей. Гюйгенс и Папен решили создать тепловой двигатель, но работающий не паром, а пороховыми газами.

Папен изготовил цилиндр, поместил в него поршень, а от поршня через блоки перекинул трос, которым, по мысли Папена, можно было бы поднимать груз, или качать воду, или выполнять любую другую работу. На дно цилиндра насыпали немного пороха, который поджигали фитилем. Происходило сгорание пороха, выделение горячих газов повышенного давления; газы толкали поршень, поднимая его вверх. Затем эти газы охлаждались, — для этого вокруг цилиндра пускали холодную воду. Охлажденные газы как бы съеживались, уменьшалось их давление, и поршень под собственным весом и под силой атмосферного давления оседал вниз. При этом он тянул трос и совершал работу.

Так действовала первая «атмосферная» машина Папена и Гюйгенса. Но этой машине не суждено было жить, — от нее прежде всего отказались сами изобретатели. Папен убедился, что сильно охладить газ он не может, что поршень поэтому опускается лишь немного и что полезная работа от такой машины получается незначительной.

И тогда Папен вновь вернулся к пару.

Прежде чем продолжить рассказ о новых поисках Папена, заметим, что Гюйгенс и Папен своей «пороховой» машиной открыли совершенно новую страницу техники — создание двигателя внутреннего сгорания. Правда, вписав на этой страничке первую строчку, они забыли о ней, но факт остается фактом. Однако к этому вопросу мы еще вернемся несколько позднее, — сейчас же вновь, вслед за Папеном, обратимся к пару.

Если газ от охлаждения не очень-то значительно уменьшается в объеме и под влиянием давления наружного воздуха поршень атмосферной машины опускается лишь слегка, то почему бы не воспользоваться для этой же цели паром, который охлаждением можно просто сконденсировать? Ведь при

этом весь объем, занимавшийся паром, освободится, так как воде, в которую пар превращается при конденсации, потребуется очень мало места в цилиндре.

Свою первую паровую машину Папен и построил на этом принципе. Вместо пороха в цилиндр теперь наливали немного воды. Затем поршень опускали до соприкосновения с ее поверхностью; при этом воздух между поршнем и водой отводился из цилиндра, чтобы он не мешал поршню дойти до воды. Затем закрывали все отводы и цилиндр подогревали снаружи. Вода постепенно превращалась в пар, который своим давлением поднимал поршень вверх. Здесь поршень удерживался специальной «упоркой», а в это время от цилиндра убирали огонь и начинали цилиндр охлаждать. Подождав, когда пар сконденсируется, убирали упорку, и поршень под давлением атмосферного воздуха устремлялся вниз, совершая полезную работу.

Казалось бы, Папен добился своего, — он заставил работать и пар, и наружное воздушное давление. Но попробуйте представить себе, сколько возни было с такой машиной! Подводить — отводить огонь, подводить поршень, ставить — отпускать «упорку», охлаждать, ждать конденсации, — как много хлопот, а в результате — всего один рабочий ход в минуту и мощность меньше одной лошадиной силы. А к тому же и очень много топлива уходило для такой машины...

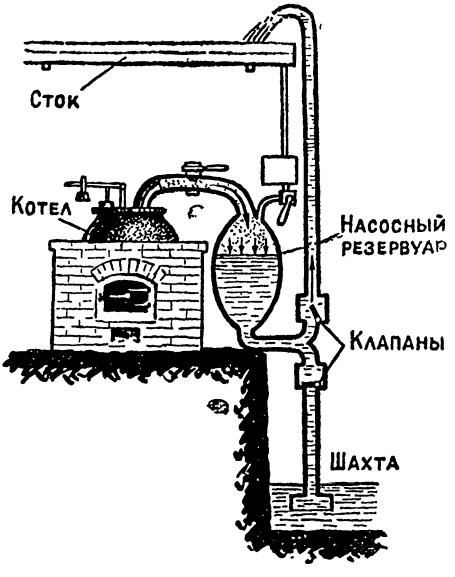
Не суждено было найти применение и этой машине Папена.

Паровой насос в Летнем саду

Но вот, пока Папен увлекался идеей использования атмосферного давления и производил в самом цилиндре машины парообразование и конденсацию, другие инженеры решили использовать забытое Папеном его же собственное изобретение — паровой котел.

Английский горный инженер Томас Сэвери предложил откачивать шахтные воды паровым насосом любопытной конструкции. Паровой котел всё время подогревался огнем, — отводить и подводить огонь оказалось ненужным. У котла была устроена топка, в которой огонь мог гореть всё время. Полученный в паровом котле пар подавался в насосный резервуар, из которого своим давлением он вытеснял воду в нагнетательную трубу и дальше в сток. После того, как вода из резервуара оказывалась вытесненной, закрывался кран паропровода и на короткое время открывался кран водоподводящей трубки, через который в резервуар попадала холодная вода,

отчего пар быстро конденсировался. В резервуаре образовывалось разрежение, то есть почти пустота, и вода, выдавливаемая атмосферным давлением из шахты по трубке, устремлялась в резервуар. Затем цикл повторялся. Чтобы пар не мог гнать воду обратно в шахту, а поднимал бы ее наверх, был поставлен невозвратный клапан, который сам открывался только в одну сторону — при движении воды из шахты в резервуар. Такой же невозвратный клапан мешал слиться воде из нагнетательной трубки.



Паровой насос Сэвери — Дезагюлье (схема).

В том виде, как он был только что описан, насос Сэвери представлял собой уже несколько усовершенствованную французским физиком Дезагюлье конструкцию. Эта машина могла быть использована и на шахтах.

Паровой насос Сэвери — Дезагюлье для нас интересен еще и тем, что это была первая машина, использующая силу пара, появившаяся в России. Такой насос в 1717 году, по указанию Петра I, был установлен в Петербурге.

Петр I предполагал использовать насос Сэвери — Дезагюлье для крупных водоотливных работ при строительстве каналов в Петербурге. Насос оказался маломощным, и тогда Петр I приказал его поставить в Летнем саду для накачивания воды в бак, откуда она подавалась к фонтанам. Еще два таких насоса были поставлены потом купцом Трусовым в своих банях на Фонтанке.

Малая производительность насоса Сэвери, разочаровавшая Петра I, была причиной поисков новых решений той же задачи.

Вслед за Сэвери и Папен предложил похожую конструкцию насоса, вернувшись сам к идее отделения парового котла. Но насос Папена был еще менее удачен, чем насос Сэвери. Главный недостаток таких машин, если не считать малой мощности и низкого коэффициента полезного действия, заключался

в однократности действия, — нельзя было получить непрерывно работающий двигатель. И Папен и Сэвери для того, чтобы сделать универсальными свои машины, предложили комбинировать их с водяным колесом. Это значит, что паровой насос должен был откачивать воду из нижнего бака в верхний, а оттуда вода должна была сливаться на водяное колесо и вновь попадать в нижний бак. Водяное колесо, непрерывно вращаясь, приводило бы в непрерывное движение любые механизмы.

Несмотря на громоздкость и неэкономичность такой установки, она всё же применялась, — так остро ощущалась нужда в универсальном двигателе, не зависящем от места установки.

Машина кузнечных дел мастера Ньюкомена

Тем временем еще один английский изобретатель — кузнечных дел мастер Томас Ньюкомен, — познакомившись с первой машиной Папена и зная устройство насоса Сэвери, решил построить свою машину. При этом Ньюкомен взял за основу первую конструкцию Папена и, используя тот же — атмосферный — принцип, отделил, однако, паровой котел от цилиндра так, как сделал Сэвери.

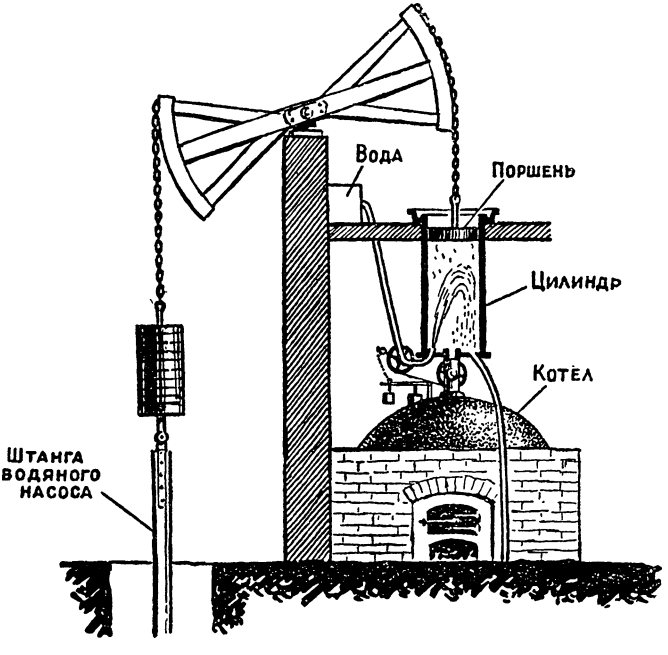
Как же стала работать машина Ньюкомена, установленная им впервые на каменноугольной шахте в 1711 году?

В паровом котле всё время вырабатывался пар. В определенный момент открывался кран и пар под некоторым давлением впускался в цилиндр. Пар, попав в цилиндр, начинал толкать поршень вверх, отчего ослабевала цепь балансира (качающегося рычага), и под действием груза левое плечо балансира опускалось. Связанная с грузом и балансирной цепью штанга водяного насоса уходила вниз. Пар заполнял всю полость цилиндра. Затем вручную открывался кран водоподводящей трубки и из бачка в цилиндр устремлялась порция холодной воды. Как и в насосе Сэвери — Дезагюлье, холодная вода конденсировала пар и в цилиндре создавалось разрежение. Тогда, под действием давления наружного воздуха, поршень опускался и тянул за собой цепь балансира. Балансир поворачивался вправо, поднимая штангу водяного насоса.

Такой машиной можно было уже откачивать воду из шахт и производить некоторые другие работы, не требующие непрерывного рабочего движения.

Появилось много «атмосферных» машин. Они были громоздки, неудобны, но выполняли большую работу. Машины понемногу улучшались.

В истории совершенствования машины Ньюкомена известна любопытная деталь. Знакомясь с устройством машины, вы могли отметить очень неприятное обстоятельство: чтобы машина непрерывно работала, надо непрерывно открывать и закрывать то водовпускной, то паровпускной краны. Такая



Пароатмосферная машина Ньюкомена (схема).

обязанность обычно вменялась мальчикам-рабочим. Это были такие же мальчики, которые у Некрасова, помните, говорят:

«Только нам гулять не довелося
По полям, по нивам золотым,
Целый день на фабриках колеса
Мы вертим — вертим — вертим!»

В погоне за дешевой рабочей силой капиталисты нанимали малолетних рабочих, поручая им обычно несложную, но утомительную и одуряющую работу. Такой работой было открывание — закрывание краников. Сотни мальчиков выстаивали

долгий рабочий день, мирясь со своей участью и думая только об избавительном гудке, прекращающем их мучения.

И вот среди них нашелся один сообразительный, умный паренек — Гумфри Потер, которому казалось нелепым простаивать весь день, поворачивая краны. Пытливо присматриваясь к работе машины, изучая ее устройство, он вдруг обнаружил, что вместо него ту же несложную работу можно поручить механизму. Механизм этот будет приводиться в действие самой машиной. Таким образом, машина сама себя сможет обслуживать. Гумфри много думал над устройством такого механизма. Не умея чертить, он его просто смастерил сам и однажды приспособил к машине. Машина пошла. Вскоре более опытные мастера этот механизм усовершенствовали, но он так и остался в технике носящим имя мальчика-изобретателя — «механизм Потера».

Первая машина Ньюкомена, появившаяся в России, была установлена в Кронштадте для обслуживания военного порта. Пущена в ход она была в 1777 году и работала удовлетворительно. Она развивала большую по тому времени мощность — 77 лошадиных сил и делала 10—11 двойных ходов в минуту. Но размеры машины были очень велики, — она требовала для себя здание высотой в 18 метров (примерно четырехэтажный дом).

«Атмосферная» машина, хоть и применялась более полувека для различных, главным образом водоотливных, работ, но не могла всё же стать тем «универсальным» двигателем, в котором нуждалась промышленность. И это потому, что она не могла так же, как, скажем, водяное колесо, непрерывно вращать любую рабочую машину.

Солдатский сын Иван Ползунов

Поиски универсального теплового двигателя продолжались. И честь изобретения такого двигателя — паровой машины непрерывного действия — принадлежит выдающемуся русскому изобретателю XVIII века — Ивану Ивановичу Ползунову.

Будущий изобретатель паровой машины непрерывного действия Иван Иванович Ползунов родился в 1728 году в семье солдата 2-й Екатеринбургской роты. Трудно было отцу на 10 рублей годового солдатского жалования содержать семью, но, заметив особую тягу сына к учебе, отец определил его в так называемую «словесную» школу.

Придавая большое значение уральской горнозаводской

промышленности, для управления ею Петр I в 1720 году учредил на Урале Горную канцелярию. Первым начальником этой канцелярии был один из питомцев Петра I — Василий Никитич Татищев. Будучи человеком умным, он хорошо понимал, что развивать промышленность без технически подготовленных кадров нельзя. И Татищев издал распоряжение об открытии на Урале специальной «арифметической» школы. В этой школе изучали математику, химию, горное дело, лесное дело, учет, строительство плотин, механику и другие технические предметы. В «арифметическую» школу принимали наиболее способных юношей, хорошо оканчивавших обычные — «словесные» — школы. В «словесных» школах учились ребята от 7 до 18 лет, в «арифметической» школе возраст учеников уже был от 14 до 21 года.

Ваня Ползунов в 10 лет успешно сдал все экзамены за «словесную» школу и, как наиболее способный, несмотря на свой возраст, был переведен в «арифметическую» школу.

Трудно было учиться Ване в «арифметической» школе. Занятия здесь шли круглый год, по 7—8 часов в день. Кроме классных уроков, в школе проводилось практическое обучение в мастерских. Не уроки были для Вани трудны, — он любил учебу. Трудной была жизнь в семье. Ему хотелось скорее зарабатывать деньги, помогать отцу и матери. Правда, в «арифметической» школе платили жалование — целых $33^1/_4$ копейки в месяц. Но на эти деньги Ваня не мог и себя-то прокормить, а не то, чтобы помогать семье...

И тем не менее, несмотря на нужду, Ваня продолжал упорно и прилежно учиться.

О способном ученике «арифметической» школы прослышал механик Горной канцелярии Никита Бахарев. Широки и ответственны были обязанности механика Горной канцелярии, — в его ведении находились все сибирские и уральские рудники и казенные заводы. Механик руководил постройкой на рудниках водоподъемных и рудоподъемных машин, пильных мельниц, специальных цехов и других сооружений. Никита Бахарев, чтобы успешнее справляться со своими многообразными обязанностями, подбирал себе наиболее способных для обучения механике и машинному делу учеников, которые были и первыми его помощниками. Так в 1742 году пал выбор и на Ивана Ползунова, который из учеников «арифметической» школы был переведен к Бахареву — в «механические ученики». С 14 лет началась производственная деятельность будущего изобретателя.

Шесть лет Иван Ползунов под руководством опытного инженера-механика Бахарева изучал заводские сооружения и

принимал участие в их строительстве. Когда Ползунову исполнилось 20 лет, за проявленные способности в практической деятельности он был выдвинут на более ответственную техническую должность. Ему было назначено жалование — 24 рубля в год. На новую должность Ползунов должен был переехать из Екатеринбурга в Барнаул, на Алтае.

Барнаульский завод, куда прибыл Ползунов, занимался выплавкой серебра. Кроме того, на Алтае был еще один такой же завод — Колыванский. Оба завода снабжались серебряной рудой, добывавшейся на двадцати алтайских рудниках, главнейшим из которых был Змеиногорский рудник. Заводы и рудники принадлежали казне — императорскому двору.

Способного и энергичного работника администрация старалась использовать там, где нужно было быстро принять какие-либо меры — построить новую машину, перестроить рудный амбар, организовать перевоз руды через реку.

Так, на Змеиногорском руднике Ползунов руководил постройкой пильной мельницы — весьма сложного для того времени сооружения.

Занимаясь самыми разнообразными делами, Ползунов продолжал самостоятельно изучать науки — теорию горного дела, теорию механизмов и машин. Но, изучая теорию, Ползунов оставался недоволен тем, что практически он не может пройти шаг за шагом, последовательно, через все стадии горного и сереброплавильного производства.

Знакомясь с жизнью этого замечательного человека, невольно поражаешься его целеустремленности, его желанию исполнить свою мечту — внести свой вклад в развитие русской техники.

Несмотря на тяжелые материальные условия жизни — к тому времени у Ползунова уже была своя семья и вместе с ним жила его мать, — он находил время и силы изучать книги и требовать от администрации, чтобы его допустили к освоению всей производственной науки. В своем прошении он писал: «К тому же и молодость моих лет без науки втуне пропадает» — и далее, в другом месте, говоря о своем желании пройти через все стадии производства, он заключает: «Через что бы я мог тому искусству (свободнее, да и бесстрастно напредки приступить) самым делом (или практикой) насмотреться, а не так, как ныне, только из одного теоретического рассуждения навыкаю».

В наши дни, когда советская власть открыла народу широкие дороги в науку, становится трудно представить себе тот поистине героический подвиг, который должен был совершить солдатский сын Иван Ползунов, чтобы стать по

знаниям на уровень инженеров своего времени. И этот подвиг был совершен.

В январе 1758 года Ползунову поручили сопровождать обоз серебра в Петербург. Уже зрелым мастером, подготовившим себя теоретически и практически, тридцатилетний Ползунов прибыл в столицу. Здесь находилась Академия наук, где творил великий Ломоносов, здесь было много интересных и новых технических сооружений.

По возвращении из Петербурга Ползунов вскоре получил чин «шихтмейстера» — что означало уже переход из разряда нижних чинов в разряд «благородного» сословия, а в 1761 году шихтмейстер Ползунов был назначен заместителем начальника Колыванского завода.

Так пробил себе дорогу «в люди» своим трудолюбием и способностями талантливый сын русского народа Иван Ползунов.

Не счастливая мысль, поданная кипящим чайником, не легкая техническая находка, а длительный и упорный труд, систематическое совершенствование своих знаний привели первого русского теплотехника Ползунова к изобретению нового, универсального двигателя — непрерывно действующей паровой машины.

„Облегчая труд по нас грядущим..."

Прежде чем познакомиться с паровой машиной Ползунова, подведем итоги тому, что было сделано раньше другими изобретателями.

Работами Папена, Сэвери, Дезагюлье, Ньюкомена и еще многих инженеров, как нам уже известно, удалось создать тепловую «атмосферную» машину, причем стало совершенно очевидным, что:

1) не вытеснительные насосы Сэвери — Дезагюлье, а машины с цилиндром и поршнем оказываются практически наиболее удобными и мощными;

2) паровой котел должен быть отделен от рабочего цилиндра машины.

Однако на построенных и работающих машинах можно было убедиться в несовершенстве «атмосферных» двигателей и прежде всего потому, что такие двигатели не могли приводить в действие машины, которые требовали непрерывного движения рабочего органа. «Атмосферная» машина могла сообщать качание штанге насоса, но вращать вал мельничного жернова она не могла. Между рабочими ходами поршня вниз (под действием атмосферного давления и собственного веса) про-

исходили холостые хода вверх (под действием пара). Поэтому и получался перерыв: даст толчок машина штанге насоса или сделает нажим на кузнечный мех — и прервет свое действие на время холостого хода.

Жернова же или другие машины (станки, например) не могут работать толчками, — им нужно, чтобы всё время сила двигателя заставляла вращаться рабочий вал.

Вот этот основной недостаток и мешал атмосферной паровой машине стать универсальным двигателем, в котором нуждалась промышленность.

В апреле 1763 года Иван Ползунов подал начальнику Колывано-Воскресенских заводов свою докладную записку с проектом «огнедействующей» машины — так он называл свое изобретение.

Работая над созданием нового двигателя, Ползунов меньше всего думал о личном обогащении. Он прежде всего стремился облегчить труд рабочих, принести славу не столько себе, сколько своему Отечеству. В докладной записке он писал: «... славы (если силы допустят) Отечеству достигнуть, и чтобы то во всенародную пользу... ввести. И тем самым облегчая труд по нас грядущим, славу и благодарность дойтить».

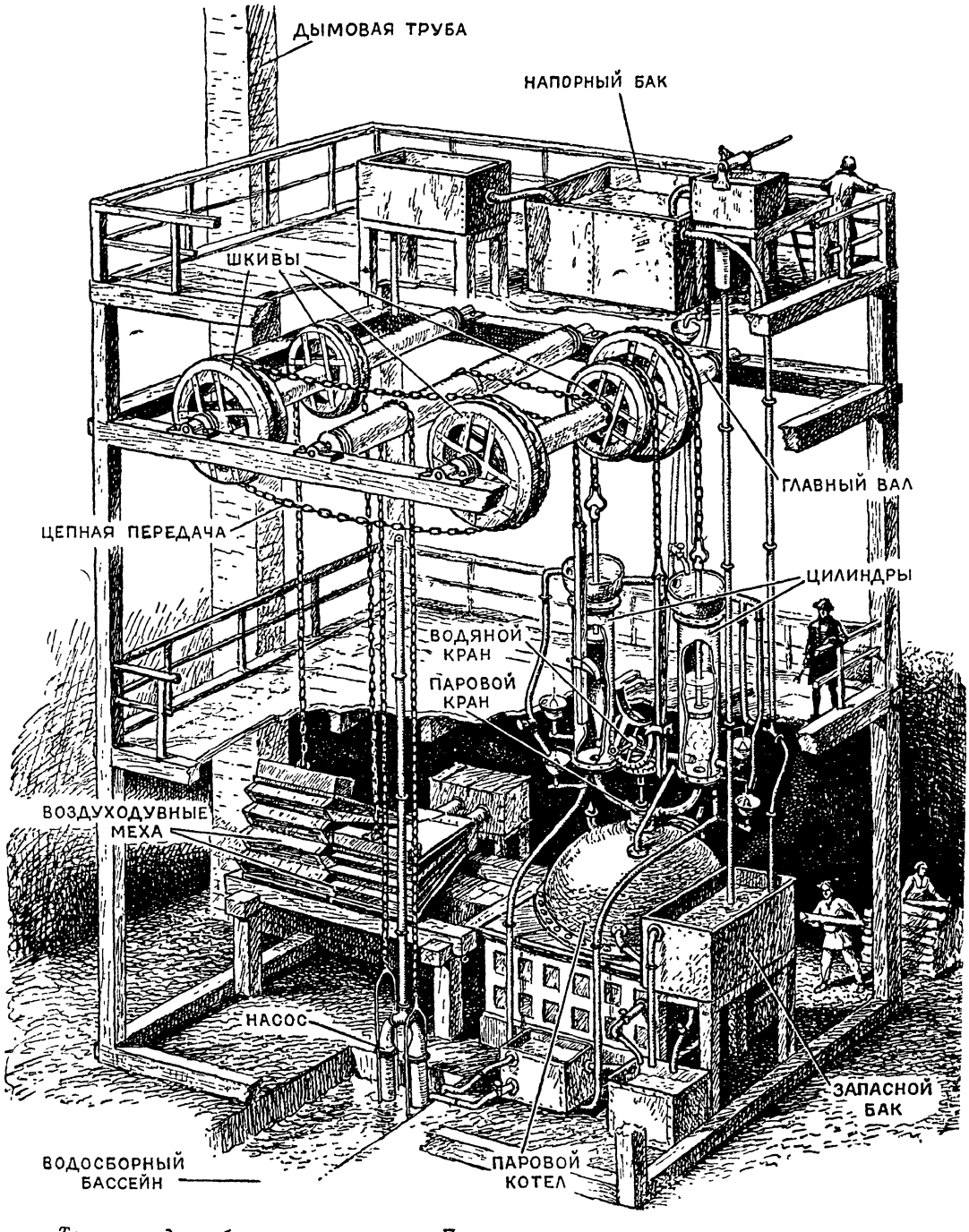
Проект Ползунова был разработан тщательно, с выполнением всех необходимых расчетов. В те времена не все машины строились по расчету. Многие изобретатели — например, тот же Ньюкомен — первые машины изготовляли, пользуясь только своим опытом, подчас даже без чертежа. Ползунов был по техническим знаниям значительно выше таких изобретателей, — он заранее всё продумал и рассчитал, изложив всё это на бумаге.

Посмотрим же, как решил задачу создания универсального теплового двигателя Ползунов. А то, что он именно такую задачу и ставил перед собой, видно из той же докладной записки.

Он писал, что следует «... сложением огненной машины водяное руководство пресечь и его, для сих случаев, вовсе уничтожить, а вместо плотин за движимое основание завода ее учредить так, чтобы она была в состоянии... по воле нашей, что будет потребно, исправлять», то есть новый тепловой двигатель должен сделать промышленность независимой от рек; все нужды завода в двигательной силе можно будет удовлетворить «огненной машиной».

Таким образом, Ползунов с самого начала правильно понял задачу техники своего времени и, разрабатывая проект двигателя, стремился обеспечить универсальность его применения.

Что же предложил Ползунов?



Так выглядела бы паровая машина Ползунова, изготовленная по первому проекту.

Посмотрим, как бы выглядела машина Ползунова, изготовленная по первому его проекту.

Ползунов, как мы видим, конечно, отделил котел от цилиндра. Но пар из котла поступает не в один цилиндр, как в машине Ньюкомена, а по очереди в два цилиндра: то в правый, то в левый. Пока в одном цилиндре паром поршень поднимается, в другом цилиндре пар конденсируется и поршень опускается.

«Ну и что же? — скажете вы. — В машине Ньюкомена так же работает поршень; может быть, здесь просто сдвоенная машина Ньюкомена?»

Но тогда посмотрим, как от поршней передается усилие на рабочий вал машины, который изображен сверху. На этом валу сидит колесо с широким ободом (шкив). Шкив обернут цепью, оба конца которой соединены с обоими поршнями. Когда левый поршень пойдет вниз, — за ним потянется левый конец цепи и шкив повернется влево. Правый же конец цепи при этом поднимется, так как поршень держать его не будет, потому что в это время в правый цилиндр подается пар и, следовательно, поршень сам идет вверх.

Потом всё то же самое повторится в обратном направлении — шкив повернется вправо. И так попеременно — то вправо, то влево — будет качаться шкив. Вместе со шкивом будет вправо и влево качаться вал, а от вала это движение можно передать цепью на другой шкив и на другой вал. От этого другого вала можно по очереди качать то правый, то левый воздуходувный мех.

Вот и выходит, что машина обеспечивает непрерывную работу вала... Правда, пока еще нет непрерывного вращения, которое нужно, скажем, мельнице, но есть непрерывное качание, которое нужно воздуходувным мехам, насосам и другим подобным механизмам.

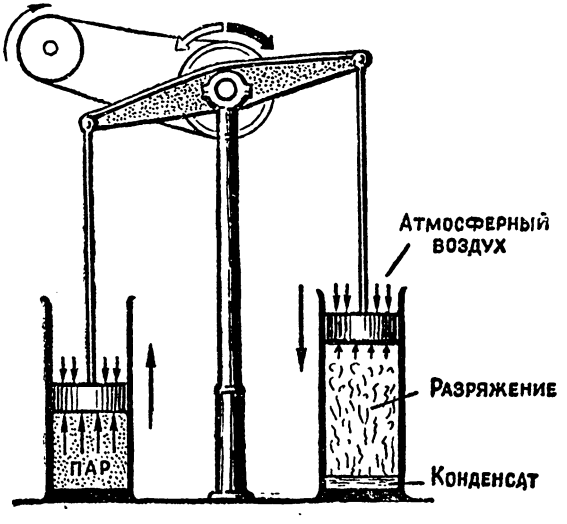
И снова у вас, наверно, возникает желание сравнить машину Ползунова с двумя машинами Ньюкомена. «А ведь можно же качать каждый мех в отдельности двумя одноцилиндровыми атмосферными машинами?» — думаете, очевидно, вы.

Можно, но Ползунов не виноват в том, что в его время на Барнаульском заводе основные механизмы (90%) требовали качательных движений; вот почему свою машину непрерывного действия он тоже приспособил для качания. Дело не в том, как движется рабочий вал, а в том, что он имеет только рабочие движения, которые непрерывно следуют одно за другим. А вращательное движение, если бы в этом была необходимость, Ползунов мог бы получить путем несложных приспо-

соблений, которыми уже пользовались при обратном превращении, когда хотели вращение водяного колеса перевести в качание. О таких механизмах Ползунов, конечно, знал.

На первый взгляд, работа цилиндров Ползунова похожа на работу цилиндра атмосферной машины, но, если вдуматься, — здесь разница огромная.

В атмосферной машине рабочий ход происходит за счет давления окружающего воздуха. А как происходит рабочий ход в машине Ползунова?



Здесь показан принцип действия цилиндров паровой машины непрерывного действия, предложенной Ползуновым.

Допустим, что поршни представляют собой две чаши весов. Если мы создадим разрежение под обоими поршнями сразу, — пойдет ли хоть один поршень вниз под давлением воздуха? Нет, не пойдет. Нам надо один из поршней поднимать паром, — тогда другой будет опускаться. Значит, здесь рабочий ход невозможен, если не будет в противоположном цилиндре работать пар. Вот и выходит, что, при условии соединения тяг от поршней на общий вал, цилиндры уже перестают быть независимыми, усилия цилиндров складываются на этом общем вале и машина, состоящая из таких попеременно работающих и связанных цилиндров, является паровой машиной непрерывного действия.

И, стало быть, честь изобретения паровой универсальной машины принадлежит барнаульскому горному мастеру Ивану Ползунову.

Подав свою докладную записку с первым проектом машины, Ползунов долго ждал решения начальства. Лишь через девять месяцев Ползунову позволили приступить к постройке машины. И Ползунов приступил. Правда, машина, которую начал строить Ползунов, отличалась от той, что была им предложена в первом проекте. Точно не установлено, под влиянием каких обстоятельств, но Ползунову пришлось переделать проект, упростить конструкцию машины и, что самое главное, отказаться от общего вала со шкивом. Машина, которую начал строить Ползунов, имела балансиры и являлась, в сущности, двухцилиндровой атмосферной машиной. Однако постройка даже этой упрощенной машины шла не легко.

Трудно было в то время строить в России первую паровую машину, — машиностроит-

Огненная машина Ползунова пошла!

тельных заводов не было и всё приходилось делать кое-как, почти вручную. Ползунов дни и ночи отдавал своей работе, не жалея сил и здоровья. И столь напряженный труд оказался непосильным для него, — весной 1766 года он тяжело заболел и вскоре умер, не дожив всего одной недели до пробного пуска своей машины.

Машину испытали, она проработала в течение 43 суток, дала большую экономию заводу и вышла из строя из-за течи в котле, который был сделан только для пробы — не из чугуна, как полагалось, а из меди.

Вместо того, чтобы дальше усовершенствовать машину, вернуться вновь к первому проекту Ползунова, позаботиться о нужных материалах и заказать из них более надежные устройства, машину остановили и забросили. Правящая государственная верхушка, преклонявшаяся перед всем чужеземным, не хотела проявить заботу о дальнейшей судьбе величайшего русского изобретения.

Потом о Ползунове и совсем забыли, а машину его растащили по деталям...

Такова блестящая страница, которую вписал в историю техники выдающийся русский изобретатель Иван Ползунов, и такова печальная судьба самого изобретателя и его изобретения, — столь характерная для царской России.

Механик Джемс Уатт

Впервые построить универсальную паровую машину через 20 лет после проекта Ползунова выпало на долю английского механика Джемса Уатта.

Джемс Уатт много сделал для дальнейшего развития парового двигателя, и имя его оказалось прославленным на весь мир. Судьба английского механика, жившего в стране быстро развивающейся капиталистической промышленности, оказалась счастливее судьбы Ползунова, трудившегося в одиночку в стране крепостничества и царского гнета.

Джемс Уатт (1736—1819 гг.) был сыном корабельного мастера. В школе учился неровно, — часто болел, пропускал занятия. Восемнадцати лет он поступил работать механиком в мастерские при Глазговском университете, где его дядя был профессором. Не проходя университетского курса, но будучи от природы любознательным и способным, общаясь со студентами и профессорами, читая много книг, молодой механик быстро развивался. Со временем Уатт стал весьма образованным человеком: он владел несколькими иностранными языками,

накопил много знаний в области естественных наук, философии.

Однажды — это было в 1763 году — Джемс Уатт получил задание, весьма заинтересовавшее его. В университете имелась модель машины Ньюкомена. Модель в несколько раз была меньше самой машины; на ней полагалось объяснять студентам работу и устройство настоящего двигателя. Однако, когда разводили огонь и пытались пустить пар из маленького котла в цилиндр, оказывалось, что пара не хватает для того, чтобы модель работала с нужным числом ходов поршня. Исправить модель поручили Уатту. Дефект был устранен, но еще долго возился Уатт с моделью. На ней ему очень хорошо стали заметны недостатки пароатмосферных машин.

Первое, к чему пришел Уатт после двухлетних опытов, — это к необходимости производить конденсацию пара вне цилиндра.

Действительно, цилиндр то нагревался впускаемым паром, то охлаждался впускаемой водой. Значит, каждая свежая порция пара отдавала часть тепла на прогрев цилиндра, — расходовалось лишнее топливо. Уатт предложил, для того чтобы всегда цилиндр оставался горячим, отработавший пар выпускать в специальный конденсатор, который всё время охлаждался водой с низкой температурой.

Так была создана первая паровая машина Уатта, которую он сам назвал «усовершенствованной машиной Ньюкомена». Получающаяся в такой машине экономия топлива заинтересовала предпринимателей, и вскоре была образована компания «Уатт и Болтон», которая стала выпускать новые машины и с успехом их продавать.

Другие заводы такой двигатель строить не могли, так как Уатт взял патент, то есть получил исключительное право распоряжаться своим изобретением.

Таким образом, уже с первых шагов Уатт имел деньги, чтобы продолжать свои работы.

В отличие от Ползунова, который нынужден был делать котел из медных листов, так как на чугунный не хватало денег, да и негде было его отлить, Уатт имел в своем распоряжении целый завод и вполне достаточно средств.

Продолжая дальше совершенствовать машину Ньюкомена, Уатт пришел к мысли, которая и привела его к созданию паровой машины непрерывного действия. Он решил попробовать подавать пар по очереди — то снизу поршня, то сверху — и тем самым сделать оба хода поршня рабочими без всякой помощи атмосферного давления. И, поскольку заказчики тре-

бовали непрерывного вращательного движения (в Англии к тому времени уже стали широко распространяться вращательные машины-станки), Уатту пришлось сделать то, чего не сделал, но что так же легко мог сделать Ползунов, — превратить качательное движение балансира во вращательное движение рабочего вала.

Так, в 1782 году, то есть спустя 19 лет после Ползунова, была создана паровая машина двойного действия Уатта, которая осуществила непрерывное рабочее движение и которая

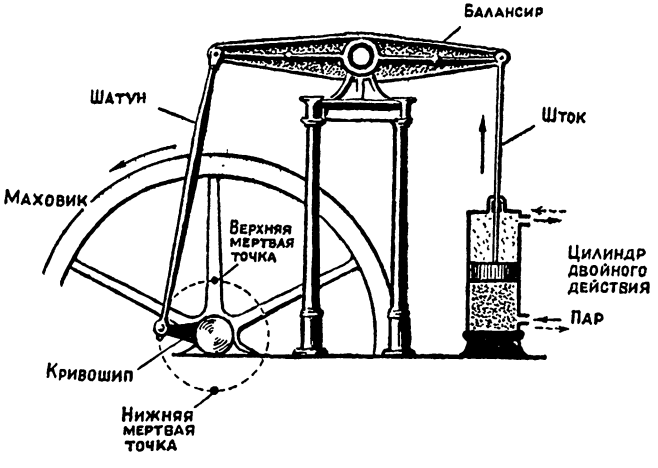


Схема первой паровой машины непрерывного движения, построенной Уаттом.

была первым универсальным тепловым двигателем, построенным в металле.

В чем же сходство и в чем отличие между машинами Ползунова и Уатта?

С работой машины Ползунова мы уже знакомы, познакомимся с работой машины Уатта.

Цилиндр здесь один, но двойного действия. Пар по очереди попадает как бы в два цилиндра: то в верхний, то в нижний — и гонит общий поршень то вниз, то вверх. Когда поршень идет вниз, то своим штоком он тянет за собой и правый конец балансира. При движении штока вверх — вверх пойдет и балансир. Холостого хода нет — балансир и рабочий вал совершают только рабочие качания.

«Но, позвольте, — скажете вы, — ведь и в проекте Ползунова рабочий вал совершал такие же рабочие качания. . .»

Совершенно верно. Разница лишь в том, что Ползунов поставил два цилиндра рядом и имел два отдельных поршня, передающих по очереди толчки валу, а Уатт использовал две полости одного цилиндра с одним поршнем. А эффект непрерывного рабочего движения в обоих случаях одинаков.

Но, как уже было сказано, Уатту надо было создать непрерывное рабочее вращение. Этого он достиг, соединив второй, левый, конец балансира с длинной тягой, которая называется шатуном. Соединение это было сделано не намертво, а с помощью шарнира. Шатун сверху был связан шарнирно с балансиром, а снизу он так же шарнирно соединялся с кривошипом.

Кривошип — это деталь, которая в виде шипа отходит от вала. С валом кривошип связан жестко. Если взяться за кривошип и повернуть, то поворачивается и весь вал. Например, ручка, которой вращают ворот колодца, есть не что иное, как кривошип.

Следовательно, когда левое плечо балансира шло вниз, шатун толкал вниз и кривошип, а вал делал пол-оборота. Когда же балансир с шатуном шли вверх, за ними двигался и кривошип, проворачивая вал еще на пол-оборота. Так и осуществлялось непрерывное вращение вала.

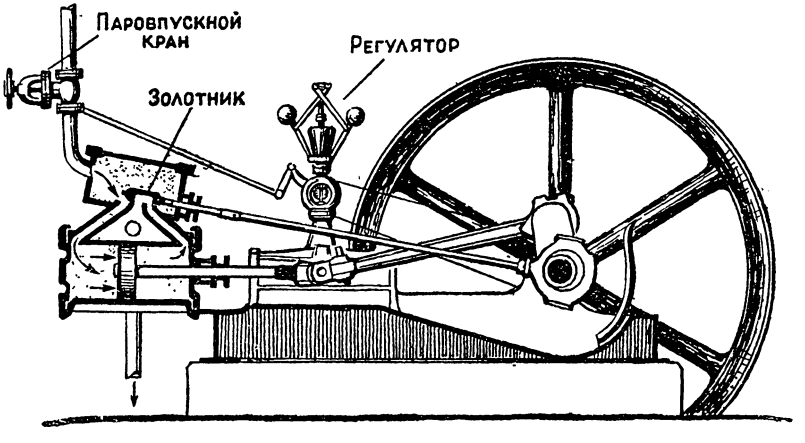
Благодаря шарнирам балансир, шатун и кривошип могли связанно двигаться, не мешая друг другу. Шатун при этом совершал качания (шатания), а кривошип — вращение.

Так Уатт, использовав уже давно известный кривошипно-шатунный механизм, превратил непрерывное рабочее качательное движение в непрерывное вращение. На рабочий вал Уатт посадил тяжелое колесо — маховик, которое ему было необходимо, чтобы вал машины мог легче переходить через те положения, когда балансир и шатун меняли направление своего движения. Маховик, раскрутившись, благодаря своей большой массе, заставлял вал вращаться всё время в одном направлении.

Иначе могло случиться, что шатун, например, повернул бы кривошип сверху вниз против часовой стрелки. Значит, и снизу вверх кривошип должен идти против часовой стрелки, — тогда вал сделает полный оборот. А вдруг, дойдя до самой нижней точки, кривошип на шарнире потянется за шатуном по часовой стрелке? Тогда вал не повернется, а будет качаться по пол-оборота то влево, то вправо. Эти точки, в которых шатун меняет свое направление, называются мертвыми точками. Таких точек по вращению кривошипа две — верхняя и нижняя.

Маховик и помогает, преодолевая мертвые точки, валу вращаться всё время в одном направлении и без рывков — равномерно.

Свою машину двойного действия Уатт снабдил еще одним устройством — регулятором подачи пара. Этот регулятор в виде двух грузиков вращался от вала машины. Если обороты машины возрастали выше тех, которые были необходимы, — грузики расходились от увеличенной центробежной силы и тянули за собой тягу. Тяга поворачивала немного паровпускной кран, и поступление пара в цилиндры уменьшалось, усилия поршней становились меньше, и обороты снижались.



Горизонтальная паровая машина двойного действия Уатта.

Итак, что же нового дал Уатт по сравнению с Ползуновым? Уатт ввел конденсатор, изобрел способ двойного действия и превратил непрерывное качательное рабочее движение в непрерывное вращение, создал центробежный регулятор подачи пара.

Уатт прожил 83 года. За свою большую жизнь он много еще поработал над дальнейшим улучшением паровой машины, а главное, вместе со своим компаньоном сделал всё, чтобы внедрить машину как можно шире. Паровой универсальный двигатель стал появляться во всех частях света.

Прошло много лет. Патенты Уатта кончились, — паровую машину стали строить и другие заводы. Всё больше и больше улучшений вносили инженеры всех стран в универсальный тепловой двигатель — паровую машину.

Со временем паровые машины стали выпускать горизонтальными, без балансиров, — поршень связывался прямо с кривошипно-шатунным механизмом. Вместо паровпускных и паровыпускных кранов и клапанов, стали применять более удобное устройство, распределяющее пар по цилиндрам, — золотник.

Горизонтальная машина двойного действия не имеет балансира. Цилиндр здесь расположен горизонтально, и пар попадает в ту или другую его полость по каналам, открывающимся или закрывающимся плоским ползунком, который и носит название «золотника». В таком виде паровую машину описывают в учебниках физики.

Девятнадцатый век был веком дальнейшего развития паровой техники. Много паровых машин появилось и в России. Так, в 1894 году в Европейской части страны действовало 7 707 паровых машин, дававших общую мощность в 227 853 лошадиных силы. На Кавказе было установлено 574 машины на 5 928 лошадиных сил и в Сибири — 53 машины на 1 100 лошадиных сил. Поршневая паровая машина как универсальный двигатель обеспечила рост крупной промышленности. Но, по мере распространения теплового двигателя, к нему стали предъявлять всё новые и новые требования. Паровая машина совершенствовалась.

Забытая книга Сади Карно

Думал ли парижский книгоиздатель Башелье, отпечатав в 1824 году и выставив в витрине своего магазина тоненькую книжку, что ей суждено положить начало новой науке?

Правда, автор этой книжки, молодой человек в мундире военного инженера, носил известную всей Франции фамилию Карно. Многие видные инженеры и ученые давали о нем самые лестные отзывы, уверяя, что он, Сади Карно, достойный сын своего знаменитого отца — Лазаря Карно.

Ну, а кто не помнил Лазаря Карно? Член конвента, страстный республиканец, военный министр республики, а затем один из ее Директоров — он не мог смириться с вероломством генерала Бонапарта, не мог простить ему измену Республике и, несмотря на уговоры нового императора, отошел от политической жизни. Но Лазарь Карно был известен не только как общественный деятель, — его знали как крупнейшего ученого Франции. Ему принадлежали очень важные научные труды по математике и механике, частично созданные в разгар политической борьбы. Были известны увлечения Лазаря Карно и философией, и поэзией... Передавали, что младшего сына,

родившегося в 1796 году, он назвал именем Сади в честь своего любимого персидского поэта XIII века — Саади. Известно, наконец, что Лазарь Карно сам подготовлял своего сына к поступлению в Парижскую политехническую школу, которую Сади окончил восемнадцати лет, поступив далее на службу военного инженера. И тем не менее, следует ли много ожидать от двадцативосьмилетнего инженера? «Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу» — так назвал автор свою брошюру.

Книгоиздатель не рассчитывал на ее успех. Она была издана небольшим тиражом. Читалась она, правда, легко, но, именно поэтому, можно ли ее считать серьезным научным трудом, — ведь в ней не содержалось ни одного сколько-нибудь сложного математического вывода?

И, видимо, не только книгоиздатель, — ученые и инженеры тоже сочли появление брошюры Сади Карно рядовым, даже заурядным явлением. Правда, в книге высказывались оригинальные, свежие мысли, но ведь это только «размышления». Молодому человеку еще следует потрудиться, накопить побольше опыта и облечь свои мысли в форму строгого математического анализа.

Так, появившись на свет, небольшая книжка Сади Карно была вскоре всеми забыта. Автор продолжал накапливать материал. Следуя совету старших ученых, он собирался издать другой, более обширный, труд. Но в 1832 году, полный энергии и творческих сил, Сади Карно скончался, заразившись тяжелой болезнью — холерой.

Все бумаги заразного больного были сожжены, кроме отрывочных записей, сохраненных его братом.

Спустя два года другой французский ученый, Клапейрон, выступил с научным трудом, где он напомнил о тех замечательных мыслях, которые впервые изложил в своей книге Сади Карно. Дополнив эти мысли строго научным математическим исследованием, Клапейрон показал, что правильно строить тепловые двигатели можно, лишь изучив законы, которым подчиняется процесс превращения тепла в механическую энергию. Но и после Клапейрона новая наука еще не получила практического применения.

Лишь спустя два десятилетия, когда появились, кроме паровой машины, и другие тепловые двигатели, вновь вспомнили о книгах Карно и Клапейрона. Многие ученые стали дальше развивать новую науку, получившую название «термодинамика» (движение тепла), но «отцом» этой науки по праву считался и считается до наших дней двадцативосьмилетний инженер-ученый Сади Карно.

Новая наука

О чем же размышлял Карно? В чем значение и сила его мыслей?

Еще в 1784 году, когда появилась паровая машина Уатта и новый универсальный тепловой двигатель дал толчок дальнейшему развитию промышленности, отец Сади, Лазарь Карно, писал: «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. . .».

Прошло четыре десятка лет, и Сади Карно, восприняв от отца глубочайший интерес к теории тепловых двигателей, своей работой положил начало этому изумительному перевороту. . .

К 1824 году паровая машина прочно вошла в жизнь. Она приводила в движение фабричные машины, пароходы и паровозы. Указывая на столь важное значение, которое приобрела в промышленности и на транспорте паровая машина, Сади Карно отмечал ее несовершенство как теплового двигателя. Ведь только 4—5% всего тепла, которое выделяется при сгорании угля в топке парового котла, используется для полезной работы! Остальные 95—96%, то есть почти всё тепло, теряется: излучается в атмосферу, уходит с топочными газами, уносится отработавшим паром. . .

Но почему? Неужели нельзя построить тепловой двигатель с более высоким тепловым, или — как говорят инженеры — термическим КПД, где бы использовалось значительно больше тепла для полезной механической работы?

А может быть, есть способ превращения всей выделяющейся при сгорании топлива теплоты в работу?

На эти вопросы наука, как замечает Карно, еще не могла дать ответа. И это потому, что ученые еще не определили те общие законы, которым подчиняется процесс перехода тепла в механическую энергию.

Мало совершенствовать устройство самой машины, надо поставить вопрос относительно тепловых двигателей вообще.

И Сади Карно сам впервые поставил этот вопрос о тепловых двигателях вообще.

На примере паровой машины Сади Карно заключил, что «во всех паровых машинах получение движения связано с одним обстоятельством, на которое нужно обратить особое внимание. Это восстановление теплового равновесия, то есть переход тепла от тела с более высокой температурой к телу с менее высокой температурой».

...Продрогнув на морозе, вы подходите к только что натопленной печи. Прижавшись холодными ладонями к гладким печным изразцам, вы с наслаждением ощущаете, как медленно начинает разливаться тепло по всему вашему телу. Но вот, простояв пятнадцать-двадцать минут, вы почувствовали себя согревшимся, а печка вам стала казаться уже остывшей. Вдумаемся, — почему печка нагрела вас, а не вы печку? Ведь ваше тело также может передать какое-то количество тепла, но почему же это тепло не передалось печке, а вот тепло от печки вас согрело? Оказывается, тепло может переходить только от тела с более высокой температурой к телу с менее высокой температурой. Когда температуры обоих тел выравниваются, — наступает тепловое равновесие.

Точно такое явление мы наблюдаем и при переходе, скажем, воды с одного уровня на другой. С нижнего уровня вода не может сама подняться на верхний, а вот падать сверху вниз она может, да при этом еще и работу произведет, если ее падение будет использовано, например, гидротурбиной. И чем выше находится верхний уровень над нижним, тем больше работы произведет падающая вода.

То же самое можно сказать и о тепле. Если тепло, совершая работу, будет переходить от верхнего температурного уровня к нижнему, то, чем эта разница уровней окажется больше, тем бо́льшую работу можно получить от того же количества тепла.

Как переход воды от верхнего уровня к нижнему можно использовать для получения механической работы? На пути потока воды ставится водяное колесо или гидротурбина.

А как можно превратить тепло в механическую работу? Надо при переходе тепла от тела с высокой температурой к телу с низкой температурой поставить на его пути какое-либо устройство, где часть этого переходящего тепла использовалась бы для расширения газа, двигающего поршень.

Ведь то тепло, которое перешло от печки и согрело человека, никакой механической работы не совершило. Это был процесс простой теплопередачи.

А представьте себе другой случай. Вы купили в зимний день цветной воздушный шар. Придя домой, вы привязали этот шар возле печки и забыли о нем. Но вскоре он сам напомнил о себе, — раздался сильный хлопок, напоминающий выстрел, и вместо шара вы увидели жалко болтающиеся на бечевке лоскутки пузыря. Шар лопнул. Тепло, переходившее от печки к холодному шару, постепенно нагревало его. При этом заключенный внутри шара воздух нагревался тоже, а при нагреве все

газы, как вам известно, расширяются. Но расширению воздуха препятствовала оболочка. Давление воздуха стало повышаться, оболочку начало распирать, пока она не лопнула. Таким образом, здесь тепло, переходящее от тела с высокой температурой к телу с низкой температурой, было частично использовано для механической работы — разрыва оболочки шара.

Следовательно, всякая машина, где тепло превращается в механическую работу, то есть всякий тепловой двигатель, должен иметь два температурных уровня: верхний (источник тепла) и нижний (охладитель), а кроме того, в такой машине должно находиться вещество, способное изменять свой объем от нагрева и охлаждения и тем самым превращать тепло в механическую работу, например двигая поршень в цилиндре. Таким веществом может быть любой газ или пар, и называется это вещество «рабочим телом».

Вот Сади Карно как раз первый и указал на то, что в основе работы любого теплового двигателя лежит разность в температурном уровне рабочего тела (которым не обязательно должен быть пар, — об этом тоже впервые сказал Карно) до входа в цилиндр машины и после выхода из него. Чтобы наибольшая доля затраченного на нагрев тепла превратилась в работу, необходимо:

1) с помощью источника тепла с возможно более высокой температурой нагревать при этой температуре рабочее тело;

2) при нагреве заставить рабочее тело расширяться и совершать работу (например, позволив ему двигать поршень в цилиндре);

3) отводить от рабочего тела тепло охладителем, температура которого должна быть как можно ниже;

4) расширение продолжать без нагрева до тех пор, пока температура рабочего тела не снизится до температуры охладителя.

В паровую машину можно впустить пар разной температуры. Чем выше начальная температура, тем больше работы пар производит. Внутри цилиндра паровой машины пар будет толкать поршень и сам расширяться. Но, расширяясь, он, во-первых, постепенно будет уменьшать свое давление на поршень, во-вторых, он также постепенно будет и охлаждаться.

Заметим, что все газы при сжатии повышают свою температуру, а при расширении снижают. Наверно, накачивая велосипедным насосом шину, вы замечали, что насос начинает нагреваться. Это происходит как раз потому, что вы многократно сжимаете воздух внутри насоса. С другой стороны, если вы дотронетесь до трубки, выходящей из баллона, в котором содержится сжатый газ, в тот момент, когда газ выпускают, — вы

ощутите, как трубка холодеет. При выходе из баллона газ расширяется и температура его при этом падает.

Вернемся к цилиндру паровой машины.

Итак, расширившийся пар снизил свою температуру и свое давление. Очевидно, если удастся пар расширить, как говорят, глубже, до очень малых давлений, а следовательно, и температур, то работу этот пар произведет бо́льшую. Вот почему полезно ставить за паровой машиной конденсаторы. Снижая температуру выходящего пара до температуры, близкой к температуре охлаждающей воды, стало возможным получить очень малое давление в конденсаторе, равное 0,04 атмосферы. При этом в цилиндре паровой машины образуется тоже низкое конечное давление, при котором пар и поступает в конденсатор.

Как и указывал Карно, понижение температуры пара на выходе, осуществленное с помощью конденсатора, привело к лучшему использованию тепла. Паровые машины с конденсатором стали обладать более высоким коэффициентом полезного действия.

В современной паровой технике дальше понижать нижний температурный уровень уже затруднительно. И так в конденсаторе образуется почти пустота (0,04 атмосферы!). Поэтому сейчас обращено особое внимание на повышение начальных давлений и температур пара.

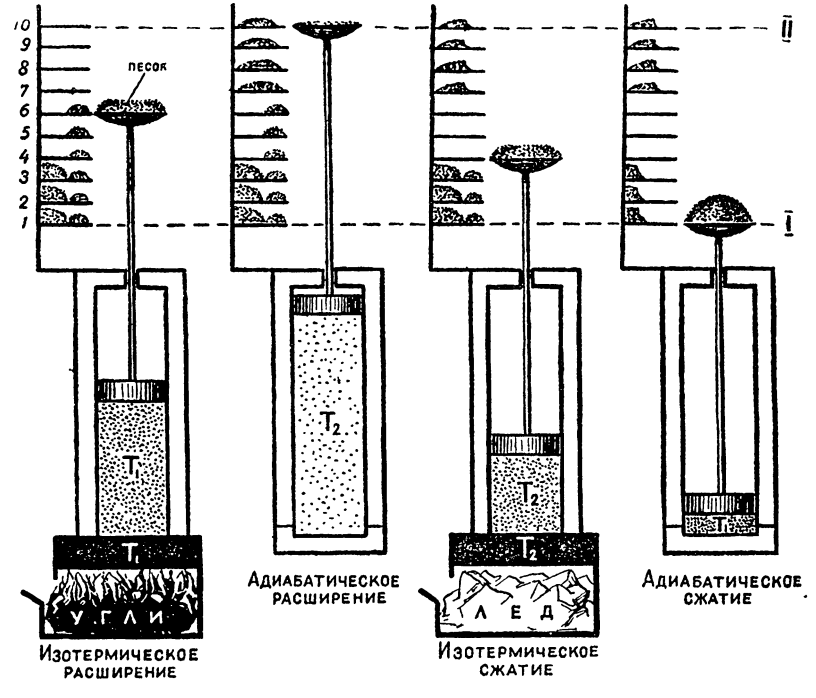
Оба эти пути, указанные Карно, помогли совершенствовать паровую машину. Но, кроме того, в размышлениях «отца термодинамики» содержались очень важные мысли и о том, как лучше подводить тепло к рабочему телу, как лучше расширять рабочее тело, как лучше отводить от него тепло на нижнем температурном уровне и как лучше вновь подготавливать рабочее тело к расширению. Карно предложил идеальный цикл тепловой машины, при котором во время перехода от верхнего температурного источника к охладителю тепло превращалось бы в максимально возможное количество механической работы и не терялось бы на теплообмен с окружающей средой.

Познакомимся же с этим идеальным циклом Карно, так как к нему стремятся приблизить циклы всех тепловых двигателей. По тому, как далеко отклоняется процесс превращения тепла в механическую работу в данном двигателе от процесса, предложенного Карно, судят о термодинамическом совершенстве такого двигателя.

Представим себе цилиндр с нагруженным поршнем. Грузом является песок, насыпанный в чашу. Внутри цилиндра находится «рабочее тело» — какой-либо газ.

Допустим, что стенки цилиндра и поршень сделаны из такого материала, который не пропускает тепло. Через донышко

же цилиндра, которое сделано из теплопроводного материала, можно газ нагревать или охлаждать. Предположим далее, что у нас имеется два чугунных ящика с плитами. В первый ящик положены горячие угли, и плита нагрета до температуры T_1. Во второй ящик положены куски льда, и плита охлаждена до температуры T_2. Подведем под цилиндр горячую плиту. Через не-



Так можно было бы осуществить работу теплового двигателя по идеальному циклу, предложенному Карно.

которое время газ нагреется до температуры плиты T_1 и займет некоторый начальный объем в цилиндре: поршень с полным грузом окажется на высоте I. Предположим, что вдоль вертикального движения чаши с песком поставлена колонка, разделенная полочками на ячейки. Сбросим в ячейку 1 немного песку. Поршень станет легче, и газы его приподнимут до полочки 2. При этом произойдет небольшое расширение и, следовательно, охлаждение газа; но, добавив немного угля в нашу

жаровню, мы опять установим температуру T_1. Затем то же самое проделаем вновь — поршень поднимется до полочки 3, и так далее. Достигнув уровня, например, полочки 7, мы отведем горячую плиту, закроем донышко, чтобы не уходило из цилиндра тепло, и сбросим песок, не добавляя нового тепла. Поршень дойдет до полочки 8, но газ, теперь уже расширившись, несколько охладится, так как добавки тепла не поступает. Чтобы достигнуть полочки 9, нам придется сбросить на полочку 8 больше песка, чем сбрасывалось раньше, так как вместе с расширением и охлаждением начало значительно снижаться и давление газа. Достигнув полочки 9, мы сбросим вновь много песка. До полочки 10, где стоит упор верхнего крайнего положения, поршень дошел с небольшим грузом.

Первая часть расширения и работы газа по подъему поршня шла при неизменной температуре, равной температуре горячего источника. Такой процесс расширения называется в термодинамике «изотермическим» (при постоянной температуре). После того, как мы отняли горячий источник, расширение продолжалось, но без приема и без отдачи тепла (стенки изолированы). Такой процесс расширения называется адиабатическим.

Так мы совершили ход поршня вверх. Но всякая тепловая машина только тогда сможет стать двигателем, когда рабочее тело будет, совершив работу, возвращаться вновь в исходное состояние. Или, иными словами, тепловой двигатель должен работать по «замкнутому циклу», то есть непрерывно повторять расширение и сжатие рабочего тела.

Как же следует в нашем случае вернуть рабочее тело к исходному состоянию?

Предположим, что к концу расширения газ в цилиндре как раз охладился до температуры охладителя T_2. Поставим цилиндр на холодную плиту и немного ссыплем на чашу поршня с полочки 10 песку. Поршень станет тяжелее, и газ слегка сожмется. При этом температура газа начнет подниматься. Но охладитель не дает расти температуре, отводя какое-то количество тепла от газа. Затем с полочки 9 мы еще немного ссыплем на поршень песку — поршень спустится до полочки 8, а газ попрежнему останется при температуре T_2, отдавая излишнее тепло охладителю. Так мы совершим «изотермическое» сжатие, нагружая небольшими порциями песка поршень. Но вот, достигнув полочки 4, мы отведем холодную плиту, закроем донышко и станем насыпать большими порциями песок. Теперь газ начнет сжиматься, повышая свою температуру, так как тепло никуда отводиться не будет. Нам придется с нижних полочек вновь насыпать полную чашу песка, и только тогда

мы вернем поршень в начальное положение 1, подняв температуру газа до T_1 и давление газа до его первоначального значения. Круг замкнется — цикл будет совершен. Начав от положения I, мы заставили поршень подняться до положения II и вновь вернуться в положение I.

Но в чем будет состоять полезная механическая работа, которую в этом случае мы получаем от тепла? Ведь, начав с полной чаши песка, мы вновь пришли к ней же!

Дело в том, что в результате такого цикла газ совершил полезную работу переноса песка снизу вверх: при изотермическом расширении надо немного песка ссыпать, а при изотермическом сжатии надо немного песка насыпать, и в результате на верхних полочках скапливается всё больше и больше песка, а на нижних песок убывает.

Этот цикл, с которым мы только что познакомились, осуществляется как раз так, как рекомендовал Карно: подводить тепло к рабочему телу надо изотермически, и рабочее тело должно при этом расширяться, совершая работу. Заканчивать свое расширение рабочее тело должно адиабатически, не передавая накопленное тепло через стенки цилиндра окружающей среде. Возвращать рабочее тело в исходное состояние надо, тоже вначале сжимая изотермически, отводя при этом тепло в охладитель, а затем заканчивая сжатие адиабатически.

Тогда, указывал Карно, тепло будет наилучшим образом использовано, а коэффициент полезного действия теплового двигателя будет зависеть только от разности температурных уровней.

В реальных тепловых двигателях, как мы дальше увидим, трудно выполнить цикл, похожий на этот, да и сам Карно не ожидал, что удастся точно так заставить работать паровую машину или другой двигатель. Но чем больше будет похож процесс в двигателе на цикл Карно, тем лучше он будет использовать тепло.

Можно ли всё тепло сгорания топлива использовать в тепловом двигателе? Нет. Даже в идеальном цикле Карно часть тепла отдается охладителю.

В большинстве тепловых двигателей совершает работу не один и тот же заряд рабочего тела. Пар, поступивший в цилиндр паровой машины, совершив работу, покидает этот цилиндр, а на его место при новом ходе поступит новый пар. Это обстоятельство также отличает реальные двигатели от идеального, но и тут остаются в силе главные направления, указанные Карно. Следуя этим направлениям, паровая техника к концу XIX века сделала огромные успехи.

Новая наука положила основу совершенствованию не только паровых машин, но и всех тепловых двигателей на многие десятилетия вперед, вплоть до наших дней.

Что же касается паровых машин, то к началу XX века уже стали строить паровые машины мощностью в 6—8 тысяч лошадиных сил, в то время как сто лет тому назад — к началу XIX века, во времена Уатта, машины строились лишь до 50 лошадиных сил. Паровая машина XX века использовала пар высокого давления и высокой температуры, была значительно экономичней первых машин и при большой мощности была сравнительно небольших размеров.

«Была? Почему была, а сейчас разве не строят паровых машин?» — спросите вы.

Чтобы ответить на этот вопрос, нам придется снова вернуться в XIX век и проследить за появлением еще одного теплового двигателя — паровой турбины.

Глава III

ДВИГАТЕЛЬ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

От молочного сепаратора к паровой турбине

Идея Герона Александрийского, так же как и проект Джиованни Бранка, к началу XIX века вновь привлекла к себе внимание инженеров и изобретателей. Большинство рабочих машин требовало от двигателя вращательного движения.

Казалось заманчивым попытаться использовать энергию пара для получения механической работы не в поршневой машине, где приходится возвратно-поступательное движение поршней превращать во вращательное движение вала с помощью кривошипно-шатунного механизма, а в машине-турбине, где пар должен, выходя из котла, сразу создавать вращательное движение рабочего колеса.

Пытались повторять «Геронов шар», используя реактивное действие струи пара, пытались предлагать двигатели, очень напоминающие колесо Бранка, где имеется в виду использование активного действия струи пара, — множество всяких проектов появлялось.

За первые две трети XIX века насчитывают более двухсот предложений паровых турбин. Но ни один проект не мог быть практически осуществлен, — еще не знали, как правильно рассчитывать такие турбины, какие формы придавать лопаткам и каналам, направляющим пар на лопатки. Слишком большие скорости вращения, большие диаметры колес, повышенные требования к материалам затрудняли применение таких двигателей на практике.

Паровая турбина интересовала и русских изобретателей. Одним из первых — в 1806—1813 годах — Поликарп Залесов сооружал на Алтайском Сузунском заводе модели паровых

турбин. Однако эти начинания, как и многие другие, не получили нужной поддержки в царской России.

Первой турбиной, которую можно было практически использовать, была турбина, построенная шведским инженером Лавалем в 1890 году.

Карл-Густав-Патрик де Лаваль принадлежал к старинной французской семье, переехавшей в Швецию еще в конце XVI века — в тот темный период, когда господствующие религии не стеснялись огнем и мечом подавлять своих «братьев во Христе», имеющих несколько отличные религиозные взгляды. Учинив невиданную резню в ночь на святого Варфоломея, французские феодалы-католики сломили сопротивление своих религиозных противников — гугенотов. Оставшиеся в живых поспешили покинуть Францию. Так семья Лавалей оказалась в Швеции.

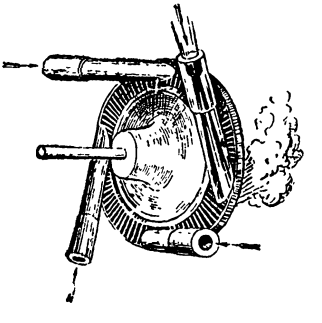
Будущий изобретатель первой промышленной паровой турбины родился в 1845 году.

Лаваль получил хорошее, разностороннее образование, окончив два высших учебных заведения: технологический институт и университет.

Обладая широким техническим кругозором и нужными математическими знаниями, Лаваль с первых же дней своей практической деятельности посвятил себя разработке новых машин и устройств, совершенствующих самые различные области техники.

Интересно отметить, что свои работы по созданию турбины Лаваль начал с конструирования сепаратора молока. Чтобы сообщить сепаратору большую скорость вращения, Лаваль применил способ Герона, — через две отогнутые трубки выходил пар, отчего эти трубки вместе с цилиндром сепаратора быстро вращались.

Далее Лаваль стал совершенствовать турбину и в конце концов отошел от реактивного принципа Герона и построил свою первую промышленную турбину на активном принципе Бранка. Однако, обладая глубокими инженерными знаниями, Лаваль, естественно, не пошел по примитивному пути Бранка. Лаваль изучил, как лучше всего направлять пар на лопатки, используя его скорость; он разработал новый вид направляющих трубок-сопел, придав им



Рабочее колесо турбины Лаваля с четырьмя пароподводящими трубками — соплами.

специальную коническую форму. При таких соплах пар мог выходить на колесо турбины с огромной скоростью, превышающей скорость звука.

Рабочий диск турбины Лаваля имел по окружности множество лопаток. К лопаткам примыкали четыре неподвижные трубки, по которым пар подводился из котла к лопаткам. Трубки эти и называются «соплами». Выходящий с огромной скоростью (свыше километра в секунду) пар передавал свою кинетическую (скоростную) энергию колесу, заставляя последнее вращаться с большим числом оборотов.

Так, первая турбина Лаваля при мощности в 5 лошадиных сил развивала 30 000 оборотов в минуту.

Паровые поршневые машины давали бо́льшие мощности и лучший КПД при более низких оборотах (от 125 до 1500 оборотов в минуту), которые как раз и нужны были для привода рабочих машин. Поэтому первая турбина Лаваля еще не могла с ними конкурировать. Но изобретатель упорно работал над своим двигателем, и через десять лет он уже стал строить турбины до 500 лошадиных сил при 10 000 оборотов в минуту. А чтобы и эти обороты снизить до оборотов рабочих машин, Лаваль пристраивал к своим турбинам редуктора, то есть шестеренчатые передачи, которые постепенно от вала турбины до выходного рабочего вала понижали скорость вращения.

Однако и после этого турбина еще не могла конкурировать с паровой машиной, — одноступенчатая турбина с редуктором была громоздка, дорога и обладала низким КПД.

Итак, Лаваль, начав свои работы с использования реактивного принципа Герона, пришел к конструкции турбины активного действия.

Уясним еще раз, в чем отличие двух этих принципов использования пара в турбине для получения механической работы вращения.

Подойдем к биллиардному столу. Вот игрок нацелился и кием отправил один из шаров так, что тот, быстро разогнавшись, ловко коснулся другого шара. Второй шар, получив толчок, сам покатился. При этом первый шар, отдав часть своей кинетической (скоростной) энергии второму шару, стал замедлять движение. Похожее явление наблюдается и при поступлении пара на лопатки колеса активной турбины. К соплам пар подводится из котла под некоторым давлением. Проходя со́пла, пар расширяется в них и приобретает большую скорость. Обладая этой большой скоростью, струя пара, состоящая, в сущности, из множества мельчайших частичек-шариков, встречается с выгнутыми в виде совочков лопатками подвижного колеса. Скользнув вдоль вогнутой поверхности лопаток, струя отдает

часть своей кинетической энергии колесу и затем покидает турбину. Вслед за первой струей на лопатки поступит сразу же следующая, и колесо получит непрерывное вращение. Таков принцип работы активной турбины.

...Подойдем теперь к артиллерийскому орудию и проследим, как оно себя ведет в момент выстрела. Вот артиллерист зарядил орудие снарядом, навел его на цель и нажал спускной рычаг. Прогремел выстрел — снаряд устремился вперед. Но и орудие не осталось неподвижным. Вы заметили, как оно вздрогнуло во время выстрела, а затем казенная часть и ствол откатились немного назад по специальным направляющим дорожкам. Взорвавшийся порох стал давить внутри ствола во все стороны. Но снаряд вылетел — и тогда в передней части ствола стенки не оказалось, — газ стал выходить, а в задней части стенка восприняла давление, и орудие откатилось. Получилось впечатление, что газ, вылетая вслед за снарядом, как бы отталкивается от стенки затвора, отводя при этом орудие назад. То есть, происходит примерно так же, как если бы с плота прыгал человек: человек прыгнул бы вперед, а плот оттолкнулся бы назад. Такое действие называется реактивным.

Именно на этом принципе, как вы уже знаете, и работает Геронов шар. Пар, выходя из трубок шара, отталкивает эти трубки, вследствие чего весь шар получает вращение. Но не только Геронов шар, который так и остался игрушкой, но и настоящие двигатели работают на этом принципе.

Совершенствование паровой турбины пошло как по линии использования активного действия пара, так и по линии применения реактивного принципа.

После первых успехов Лаваля турбиной стали заниматься во многих странах, и постепенно, шаг за шагом, инженеры всё больше и больше совершенствовали новый двигатель.

Активная турбина Рато

Среди творцов турбин значительное место принадлежит французскому инженеру и ученому Огюсту Рато.

Огюст Рато родился в 1863 году и так же, как и Лаваль, получил широкое техническое образование, окончив два учебных заведения: Политехническую школу и Высшую горную школу. В 1888 году двадцатипятилетний инженер становится профессором в той же Высшей горной школе, которую он недавно до того окончил. Уже в 1890 году появляются его первые работы по паровым турбинам. В 1900 году на Международном

конгрессе по прикладной механике, в Париже, молодой ученый и инженер доложил о предложенной им конструкции активной паровой турбины. Такая турбина уже строилась по чертежам Рато. На Всемирной выставке в Париже в том же 1900 году демонстрировались эти чертежи и даже отдельные части нового двигателя.

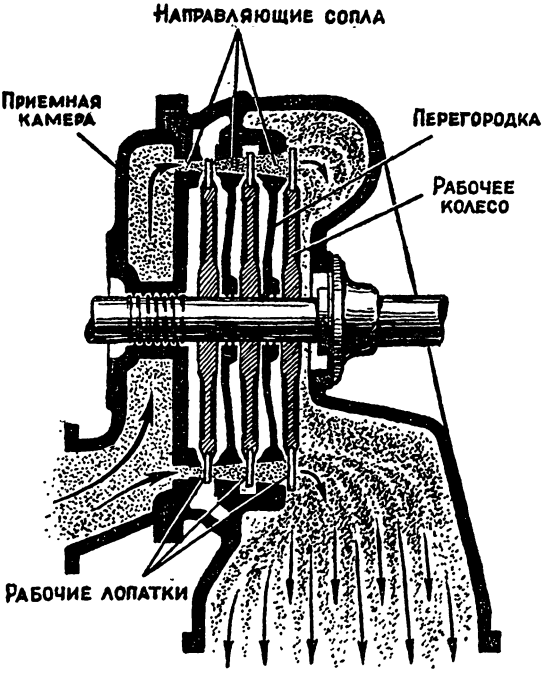
Это была многоступенчатая паровая турбина, работающая так же, как и турбина Лаваля, на активном принципе. Лавалю из-за большого числа оборотов рабочего колеса не удалось создать двигатель мощностью больше 500 лошадиных сил. Рато же свою первую многоступенчатую турбину рассчитал на 1000 лошадиных сил. Это стало возможным благодаря тому, что Рато, используя кинетическую энергию пара, не развивал таких огромных оборотов своего вала, как турбина Лаваля.

Как же удалось инженеру Рато обойти основное затруднение, мешавшее турбинам конкурировать с паровыми машинами? В отличие от Лаваля, Рато направил струю пара не на одно рабочее колесо, а на несколько. При этом он заставил пар расширяться постепенно, — так, что скорость струи, поступающей на одно колесо, оказывалась уже не столь высокой.

Чтобы понять этот принцип, обратимся к рисунку. Здесь изображена активная турбина Рато с тремя рабочими колесами, закрепленными на общем валу. Между колесами стоят неподвижные перегородки. Каждое колесо с лопатками вращается в своей отдельной камере. В каждой перегородке имеется направляющий аппарат — ряд сопел, причем, обратите внимание, — в первой перегородке слева сопла менее широкие, чем во второй, а во второй перегородке менее широкие, чем в третьей. Пар из котла подводится в приемную камеру турбины. Этот пар имеет достаточно высокое давление. Проходя через сопла первой перегородки, он несколько расширяется, его давление на какую-то долю уменьшается, а скорость возрастает. С этой скоростью пар и поступает на первое рабочее колесо. Однако первый ряд сопел сделан так, чтобы пар не расширялся полностью, то есть до давления конденсатора, а лишь частично. Поэтому и скорость, которую пар успевает приобрести в первых соплах, не очень велика. А стало быть, и скорость вращения первого колеса окажется значительно меньшей, чем у колеса Лаваля, на которое пар выходил полностью расширившись.

Но означает ли это, что не вся кинетическая энергия, которую мог бы пар передать колесу, здесь используется? Да, если говорить об одном колесе. Но колес в турбине Рато много. На

втором ряде сопел пар заставляют дальше расширяться — опять не до конца, а как раз настолько, чтобы на второе колесо выйти с такой же скоростью, как и на первое. С оставшимся давлением пар входит в третий ряд сопел, где в случае турбины, изображенной на рисунке, он уже расширяется до конца, то есть до давления атмосферы или конденсатора. Рассчитаны сопла так, чтобы на все три колеса пар поступал с одинаковой скоростью.



Активная турбина Рато с тремя рабочими колесами.

Таким образом, кинетическая энергия пара развивается не сразу, а как бы по частям. Но так как все три колеса сидят на одном валу, то и части эти складываются, создавая необходимую мощность турбины. Почему размеры сопел от ряда к ряду увеличиваются? Да потому, что пар всё расширяется и расширяется. А следовательно, и путь для него должен становиться всё шире и шире.

Заметим, что на лопатках рабочего колеса никакого изменения давления пара не происходит, — имеет место лишь потеря его скорости.

Турбина, предложенная Рато, совершенствовалась далее другими инженерами. Много улучшений в конструкцию внес швейцарский инженер Целли.

Ступени скорости

Иначе решил задачу совершенствования активной паровой турбины американский инженер Чарльз Кэртис.

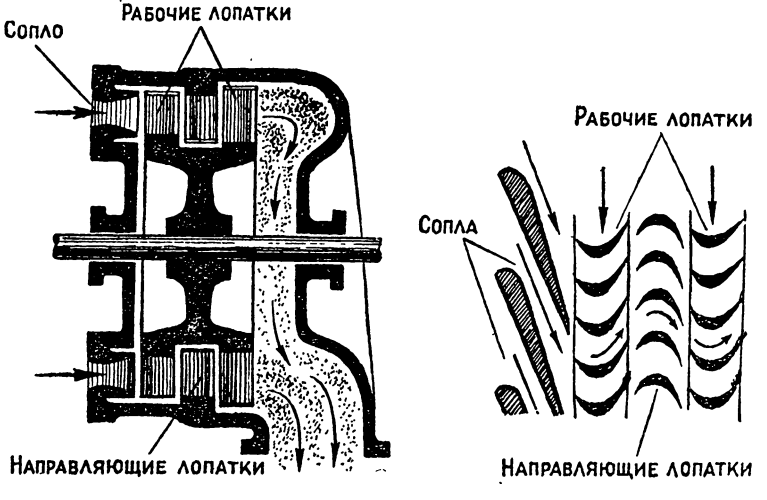
В 1900 году, почти одновременно с Рато, Кэртис предложил свою конструкцию. Борясь, так же как и Рато, с недостатками турбины Лаваля и прежде всего с чрезмерно быстрым вращением рабочего вала, Кэртис нашел другой способ снижения этих оборотов. Всю энергию пара в виде его полной кинетической энергии подавать на один ряд рабочих лопаток нельзя. К этому выводу Кэртис пришел так же, как и Рато, детально изучив свойства активной турбины. Но Рато, как мы знаем, предложил постепенно снижать первоначальное давление пара в рядах неподвижных сопел, между которыми вращаются однолопастные рабочие диски, получающие кинетическую энергию по частям. Такую турбину стали называть активной турбиной со ступенями давления.

Кэртис же предложил другую многоступенчатую активную турбину — со ступенями скорости.

В двухступенчатой турбине Кэртиса пар поступает из парового котла в сопловой аппарат. Здесь он сразу, как и в турбине Лаваля, расширяется полностью, то есть до того давления, с которым он покидает турбину. Это означает, что, как и в турбине Лаваля, пар выходит из первого ряда сопел с наибольшей скоростью. Однако здесь вся кинетическая энергия пара, соответствующая этой скорости, не передается только одному ряду лопаток. Кэртис предложил на рабочем колесе турбины располагать два, три или больше рядов лопаток. А между рядами лопаток Кэртис предложил поставить неподвижные, связанные со стенками корпуса турбины направляющие каналы. Таким образом, струя пара, выходящая с большой скоростью из сопел, встречается сначала с первым рядом лопаток. Затем, не успев передать всю энергию колесу и значительно снизить свою скорость, струя попадает в неподвижные каналы, которые ее направляют на второй ряд рабочих лопаток. Отдав часть энергии первому ряду, другую часть струя пара отдает второму, и так далее.

В результате оказывается, что пар может передать колесу со многими рядами лопаток ту же энергию, что и колесу с одним рядом лопаток, но при меньшей скорости вращения колеса, — ведь пар как бы распределил свою энергию одновременно на несколько колес, сидящих на одной оси.

Если вы вспомните, как распределение энергии пара по ступеням происходило в турбине Рато, то вам сразу станет ясно, в чем разница между той турбиной и этой.



Турбина Кэртиса с двумя ступенями скорости.

Рато не давал полностью расшириться пару в первом ряде сопел, — он использовал ступенчатое расширение. Кэртис, наоборот, расширяет пар сразу до нижнего предела давлений и сразу получает наибольшую скорость. Но эту наибольшую скорость он не сразу использует на первом же венце лопаток, — он заставляет скорость снижаться постепенно, ступенями.

Турбины со ступенями скорости начали строиться в Америке. Но вскоре обнаружился их недостаток: они обладали малым коэффициентом полезного действия.

Вскоре инженеры нашли, что одновременное применение и ступеней скорости и ступеней давления имеет особые преимущества. Можно уменьшить общее количество ступеней, если

первыми ступенями сделать ступени скорости и на них использовать значительную часть давления. А дальше ступенями давления уже доводить пар до полного расширения.

Этот комбинированный принцип и лег в основу дальнейшего развития паровых турбин.

Однако наряду с активными турбинами получили свое развитие и турбины реактивные.

Реактивная турбина Парсонса

Англичанин Чарльз Парсонс вошел в историю техники как создатель промышленной турбины реактивного типа.

Парсонс родился в 1854 году и так же, как Лаваль и Рато, был широко образованным инженером, окончившим один из старейших английских университетов в Кембридже. Не случайно, что новый паровой двигатель создавался не мастерами-самоучками, как паровая машина, а инженерами, обладающими большими теоретическими знаниями.

Это был двигатель более высокого класса. Его создание требовало сложных математических расчетов, требовало применения специальных материалов, требовало точной механической обработки деталей. Новый двигатель можно было создать не случайными техническими находками, а научными изысканиями, последовательно ведущими инженера от одного технического решения к другому.

Новый двигатель создавался на пороге XX века, века быстро развивающейся науки и совершенствующейся техники.

Свою первую небольшую турбину в 6 лошадиных сил Парсонс построил в 1884—1885 годах, несколько раньше Рато. Это была тоже многоступенчатая турбина, но ее принцип действия отличался от принципа Лаваля или Рато, — ее нельзя было считать чисто активной турбиной. Вот посмотрите на рисунок, на котором схематично показаны три ряда лопаток. Пар из котла подводится к первому ряду. Здесь пар, проходя между двумя неподвижными лопатками, образующими коническое сопло, стремится расшириться, увеличивая свою скорость течения.

Схема реактивной турбины Парсонса.

Однако Парсонс не дает пару в первом же ряде сопел расшириться

полностью. Он так же, как и впоследствии Рато, вначале использует только часть давления пара, не доводя скорость истечения из сопла до наибольшей.

«Значит, и у Парсонса были ступени давления?» — спросите вы. Да, были. Но, кроме расширения в неподвижных соплах, Парсонс ввел расширение и в каналах рабочих лопаток.

Если вы внимательно посмотрите на второй ряд лопаток — а это как раз лопатки, сидящие на рабочем колесе, — то вы заметите, что и между ними, так же как и между направляющими лопатками, образуется конический канал-сопло. Значит, проходя по рабочим лопаткам, пар продолжает увеличивать свою скорость и расширяться.

Как же в этом случае пар воздействует на рабочее колесо? Прежде всего, как и в активных турбинах, пар, входя на рабочие лопатки, передает им часть своей кинетической энергии. Но затем, проходя по суживающимся каналам между рабочими лопатками, он, как уже сказано, увеличивает скорость.

Таким образом, вдоль лопаток пар движется в конце с бо́льшей скоростью, чем в начале. Теперь обратите внимание на то обстоятельство, что более узкая горловинка канала рабочих лопаток направлена в сторону, обратную вращению.

Когда пар покидает рабочие лопатки с несколько повышенной скоростью, он как бы дополнительно отталкивается от их вогнутых поверхностей. То есть, создается реактивное действие струи пара. Здесь происходит такое же явление, с которым мы уже знакомились, рассматривая устройство и работу реактивной водяной турбины. Рабочее колесо паровой турбины Парсонса получает дополнительную энергию и от реактивного действия пара.

Далее пар поступает в третий ряд лопаток, — эти лопатки образуют собой новый ряд сопел. Здесь происходит дальнейшее расширение пара. Затем пар поступает на новый ряд рабочих лопаток, и так далее.

Итак, в турбине Парсонса используется не только активный принцип, но и реактивный. Следовало бы эту турбину называть «смешанной», — это было бы правильнее. Однако в технике принято именовать ее турбиной реактивной.

А нельзя ли всё же создать и чисто реактивную турбину? Парсонс пробовал строить и такие турбины. Одну из них он даже назвал «Герон». Эта турбина почти точно воспроизводила принцип шара Герона. Здесь, однако, не было самого шара. Здесь на общем валу сидело несколько дисков, полых внутри. На ободах этих дисков ставились сопла, направленные в сторону, обратную направлению вращения. Пар подводился через канал, просверленный внутри вала, в полость дисков. Оттуда

же пар выходил через сопла, заставляя диски вращаться в обратную сторону.

Построив такую турбину, Парсонс убедился в том, что ее коэффициент полезного действия оказывается очень низким, — составляет всего 70% от коэффициента полезного действия ранее описанной турбины смешанного типа. Это заставило Парсонса больше не возвращаться к идее чистой реактивной турбины и дальнейшие искания направить на создание экономичной, надежной турбины смешанного типа.

Таким образом, турбина Парсонса, получившая название реактивной, на самом деле использует и тот и другой принцип действия паровой струи. Первые турбины Парсонса были еще далеки от совершенства и тоже не могли конкурировать с паровой машиной. Однако Парсонс, так же как и Лаваль, упорно работал над своей турбиной.

Но почему всё же так настойчиво пытались заменить паровую машину турбиной? Ведь к началу XX века паровая машина достигла совершенства и, казалось, удовлетворяла промышленность? Ее мощность была вполне достаточной, чтобы приводить в движение механизмы весьма крупных заводов.

И тут мы снова должны сделать отступление и сказать несколько слов о появившемся к тому времени новом виде энергии — электричестве, с помощью которого стало возможно получать и механическую энергию.

Вторичный двигатель

Русский академик Борис Семенович Якоби в 1834 году построил первый в мире электродвигатель, показав, как можно с помощью электрического тока получать механическую работу вращения.

Паровая машина только начала внедряться в промышленность, а академик Якоби уже предвидел, что она должна уступить свое исключительное место другим двигателям. Он указывал на неоспоримые преимущества нового электрического мотора:

«Механизм мотора весьма несложен, по сравнению с паровой машиной: нет цилиндров, поршней, клапанов... Машина эта даст непрерывное, постоянное, круговое движение, которое гораздо проще преобразовать в другие виды движения, чем возвратно-поступательное движение».

Это было написано в 1835 году. С того времени медленно, но верно стал завоевывать право на жизнь еще один двигатель — электромотор.

Вряд ли кто-либо из читателей этой книги не знаком с электромотором. На уроках физики, вероятно, не раз демонстрировалась эта внешне простая, но очень важная электрическая машина.

Современный электромотор по своему устройству, конечно, отличается от того, что́ предлагал в свое время Якоби.

Рассмотрим, как работает простейший современный электродвигатель — двигатель постоянного тока.

В каждом электродвигателе имеется неподвижная часть — корпус, или статор, и подвижная, вращающаяся, — ротор. Статор имеет выступы — полюсы, между которыми вращается ротор. Вокруг полюсов намотана проводящая электричество металлическая проволока в изоляции. Это обмотка статора.

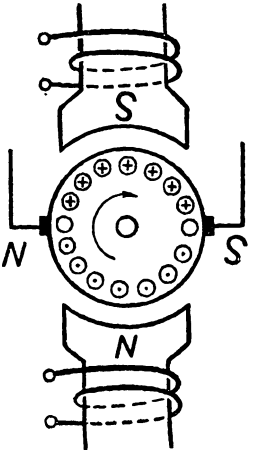


Схема электромотора постоянного тока.

Имеется обмотка и на роторе. Если теперь направить электрический ток и в обмотку статора и в обмотку ротора, то получится следующее.

Из физики известно, что ток, проходя по проводнику, создает вокруг этого проводника магнитное поле. Значит, такое поле возникнет и вокруг статора и вокруг ротора. Это будет означать, что внутри одного магнита оказался другой. А в этом случае, как известно, магниты будут стремиться встать друг против друга своими разноименными полюсами. Северный полюс ротора устремится к южному полюсу статора — возникнет движение ротора. И это движение будет происходить всё время, пока идет ток по обмоткам, потому что у ротора положение полюсов определяется неподвижными щетками, по которым подводится ток, и такого момента, когда разноименные полюса статора и ротора притянутся, не наступает. Как только один виток обмотки ротора, стоящий возле щеток, повернется, следом за ним подойдет к щеткам другой виток и тоже повернется. Так возникает сила, поворачивающая ротор. Эту силу можно использовать, соединив вал ротора с любой машиной или станком.

Но для того, чтобы электромотор мог вырабатывать механическую энергию и приводить в движение рабочие машины, к нему нужно подвести электрический ток.

К сожалению, электрическая энергия в природе не находится в таком же свободном виде, как энергия воды или ветра, не может быть получена так же легко, как тепловая, путем сжига-

ния топлива. Чтобы вырабатывать электрическую энергию, то есть получать электрический ток, обычно нужны специальные машины. Об этих машинах мы уже говорили в связи с гидротурбинами. Они называются, как нам уже известно, электрогенераторами. Внешне они похожи на электромоторы, только если электромоторы электрическую энергию превращают в механическую энергию вращения, то они, наоборот, механическую энергию вращения превращают в электрическую энергию.

Так, например, двигатель, о котором говорилось выше, можно было бы обратить в электрогенератор следующим образом.

Необходимо было бы попрежнему посылать ток только в обмотку статора. В обмотке ротора же, если ротор чем-либо привести во вращение, появился бы свой электрический ток. Ведь при вращении обмотка ротора пересекала бы магнитное поле статора и, что так же известно из физики, в витках этой обмотки возникал бы электрический ток.

Ток от ротора можно отводить и использовать для любых нужд, в том числе и для питания электродвигателей. Значит, чтобы выработать электрический ток, надо чем-то вращать вал электрогенератора. Полученный электрический ток будет использован в электромоторах, и вновь произойдет превращение электрической энергии в механическую.

Вот и выходит, что электромоторы не «самостоятельные» двигатели. Они именуются двигателями вторичными. Для выработки электрического тока всё равно нужны «первичные» двигатели, которые смогли бы вращать электрогенераторы, то есть нужны двигатели такие, как гидротурбина, паровая машина, паровая турбина или двигатель внутреннего сгорания, о котором будет сказано дальше.

Электромоторы же удобны тем, что, коль скоро электрическую энергию можно передавать по проводам на расстоянии, они могут стоять прямо возле каждого станка или каждой машины. Тут не требуется сложных передач — валов, шкивов, ремней и прочего, — с помощью которых передавалось бы движение на рабочие машины от любых других двигателей.

Способ приводить в движение каждую рабочую машину с помощью своего электромотора инженеры называют «индивидуальным приводом».

Итак, появившийся электромотор требовал создания станций, на которых бы вырабатывался электрический ток. Но, может быть, вам покажется слишком сложной такая комбинация из первичного двигателя, электрогенератора и вторичных дви-

гателей — электромоторов? Быть может, вы считаете, что приводить рабочие машины по-старому, с помощью одного первичного двигателя, всё же проще, удобнее и дешевле?

Но не забудьте, что электрический ток потребовался не только для электромоторов. Ведь с 1875 года, после того, как на лондонской выставке наш русский инженер Павел Николаевич Яблочков продемонстрировал новый источник света — «электрическую свечу», электрическое освещение стало всё шире и шире распространяться по всему миру. Значит, нужно было вырабатывать ток и для освещения.

А потом всё больше и больше электричество стало входить и в промышленность, и в быт, и в транспорт.

Вопрос о создании электростанций с мощными первичными двигателями уже в конце XIX века стал одной из важнейших проблем техники. Электростанции строились в городах, при крупных заводах.

В 1882—1883 годах первая электростанция появилась и в России. Она была размещена на барже и стояла на реке Мойке, в Петербурге. Электрогенераторы приводились в движение паровыми машинами. Мощность этой станции была всего 150 киловатт (204 лошадиных силы). Более совершенные и мощные электростанции появились в России в 1887—1888 годах.

Основной двигатель тепловых электростанций

Вы уже знаете, что для привода электрических генераторов можно использовать водяные двигатели — гидротурбины. Но нельзя забывать, что электрический ток хоть и можно передавать на расстояние, но не на любое, а на сравнительно небольшое, иначе в проводах будет потеряно много полезной энергии. Кроме того, не на всякой реке выгодно строить гидростанцию, — река должна быть полноводной, требуется водохранилище — озеро, из которого пополнялась бы река в периоды спада воды. Наконец, чтобы построить гидростанцию, надо выполнить большие работы по сооружению плотины, специального здания и так далее. Поэтому вместе с созданием гидростанций с конца XIX века широко развернулось строительство и теплостанций. Даже теперь, когда в нашей стране только за годы советской власти построено и введено в действие 90 гидростанций большой и средней мощности и множество мелких гидростанций, но еще до сих пор 80% всей электроэнергии вырабатывают у нас тепловые электростанции. На этих электростанциях в качестве первичных двигателей используются двигатели тепловые.

Сначала таким двигателем служила паровая машина. Но вот, на пороге XX века, в 1900 году наступил перелом.

Заводу Парсонса были заказаны две турбины мощностью по 1000 киловатт каждая для электростанции немецкого города Эльберфельда. Этот заказ удивил очень многих, — в новый двигатель не верили; казалось, что паровая машина, проверенная практикой, надежнее.

Парсонс понимал ответственность и постарался особенно тщательно выполнить заказ. И действительно, испытания прошли успешно. Новый двигатель, правда, еще несколько уступал лучшим паровым машинам по экономичности, — он потреблял несколько больше пара на киловатт-час, но для привода электрогенератора оказался очень удобен: вращался равномерно, плавно; легко обслуживался.

С этих пор многие заводы Европы и Америки начали строить паровую турбину, и не прошло десятилетия, как она стала основным двигателем на тепловых электростанциях, крупных военных кораблях и даже на торговых морских судах.

Так, перешагнув порог XX века, паровая машина почти полностью уступила свое место другому паровому двигателю — турбине.

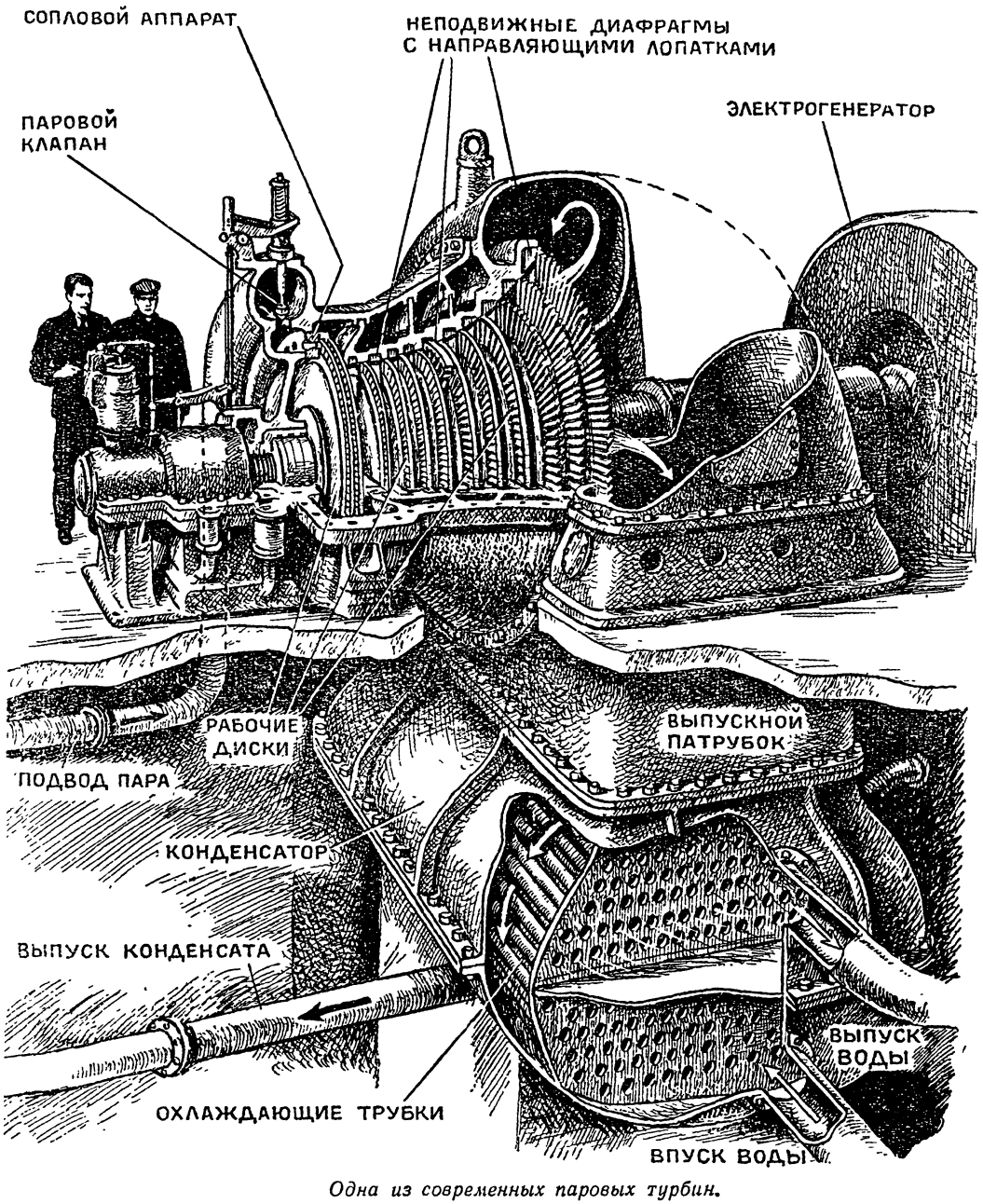
Современная паровая турбина в одном агрегате может развивать мощность до 200 000 и даже до 300 000 киловатт! Ни один поршневой двигатель на такие мощности не строится. И лишь гидравлическая турбина способна соревноваться с нею.

Паровой турбине и в будущем предстоит сыграть немаловажную роль. Она, наряду с газовой турбиной, позволит человеку использовать неисчерпаемый запас энергии, сосредоточенный в атомном ядре.

Современные турбины работают на паре высокой температуры и, значит, высокого давления. Они, как и рекомендовал Карно, используют более горячий «верхний источник тепла». При выходе пара из турбины ставят охлаждаемый водой конденсатор.

В директивах XX съезда КПСС по шестому пятилетнему плану имеется специальное указание о том, чтобы советские энергетики всемерно повышали начальные давления и температуру пара. В решениях сказано, чтобы широкое применение нашло паротурбинное оборудование, работающее при давлении пара в 130 атмосфер и температуре 565° С. Но, кроме этого, директивами устанавливается необходимость освоения еще более высоких значений давления и температур — 220 атмосфер и 600° С, а один агрегат должен быть введен в действие даже на 300 атмосфер при температуре 650 ° С.

Директивами XX съезда дается задание нашей промышленности и по строительству мощных паровых турбин.



Одна из современных паровых турбин.

В Советском Союзе сейчас изготовляется много паровых турбин. Пока наиболее мощные из них могут развивать 150 тысяч киловатт. По заданию партии советские турбостроители создадут турбины на 200 тысяч и даже на 300 тысяч киловатт.

В шестой пятилетке значительно увеличится и количество выпускаемых нашей промышленностью турбин.

Один только Ленинградский Металлический завод увеличит к 1960 году выпуск турбин по сравнению с 1955 годом на 648%.

Современная паровая турбина представляет собой сложное сооружение. На изготовление паровых турбин идут особые, жаропрочные металлы. Как выглядит современная паровая турбина? На рисунке (на странице 81) изображена установка с турбиной мощностью около 30 000 киловатт. На валу турбины сидит ряд дисков с рабочими лопатками. Первый слева диск — колесо Кэртиса. Здесь два ряда лопаток на одном диске и направляющие каналы между ними представляют собой ступень скорости. Остальные диски вращаются между перегородками с соплами. Это ступени давления.

Пар поступает к камере, откуда через клапан он может получить доступ к группе сопел на первой стенке корпуса. Таких клапанов несколько. Если не требуется снимать полную мощность с турбины, то часть клапанов закрывают и пар подается на колесо Кэртиса не по всей окружности, а лишь в некоторых пунктах. Потом пар, пройдя ступень скорости, заполняет весь объем цилиндра турбины, постепенно расширяясь и отдавая остальную энергию ступеням давления. Через патрубок отработанный пар уйдет в конденсатор.

На рисунке видно, как размер рабочих дисков и лопаток на них от ступени к ступени увеличивается, обеспечивая нужные проходы для расширяющегося пара.

На рисунке видно и устройство конденсатора. Он представляет собой большой резервуар, через который проходит пучок трубок. Пар из турбины выпускается в резервуар, а по трубкам циркулирует охлаждающая вода. Сконденсировавшийся пар (конденсат) собирается в нижней части резервуара и специальным насосом откачивается снова в паровой котел.

Вал турбины лежит на подшипниках и имеет очень сложные уплотнения по концам, через которые пар не может просочиться вдоль вала.

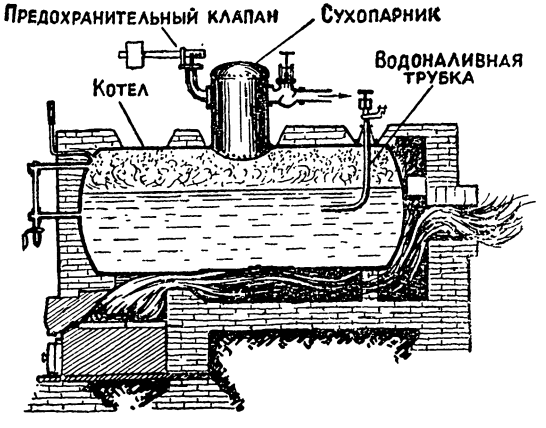
Регулирование подачи пара клапанами производят автоматически с помощью специального регулятора — вроде уаттовского.

Турбины более высоких мощностей устроены еще сложнее. Самой ответственной деталью турбины является рабочая лопат-

ка. Эти лопатки трудно изготовить, — они имеют очень сложные формы. Их трудно закрепить, — ведь при большой скорости вращения они стремятся оторваться от диска. Наконец, они находятся всё время в контакте с горячим паром и должны быть сделаны из очень прочного, жаростойкого металла.

Таков современный паровой двигатель, являющийся основным первичным двигателем тепловых электростанций.

Но вместе с совершенствованием парового двигателя совершенствовался и паровой котел. Современные котлоагрегаты



Цилиндрический паровой котел.

совсем не похожи на первые паровые котлы Папена или даже более поздние.

Наиболее простой паровой котел — цилиндрический. Он относится к первым образцам котлов, которые стали применяться в промышленных установках прошлого века и применяются кое-где даже сейчас.

Его устройство несложно. Огромный цилиндрический резервуар, похожий на железнодорожную цистерну, покоится на кирпичной подушке. Под котлом — топка, где сжигается топливо. От топки внутри кирпичных стенок, окружающих котел, идут каналы, отводящие дым, — дымоход. Сверху к котлу приклепан небольшой резервуар — сухопарник. Здесь скапливается отделяющийся от воды пар и далее отводится через трубу к паровому двигателю. На сухопарнике установлен предохранительный клапан. Он откроется в том случае, если давление пара в котле вдруг поднимется выше допустимого значения. Иначе,

без клапана, давлением пара котел может разрушиться. Пополнение новой водой идет через трубку, входящую в котел сверху.

Такой котел был неэкономичным, — много сжигалось топлива и мало образовывалось пара. Кроме того, в таком котле нельзя было получать пар высокого давления, — стенки цилиндра не выдерживали.

Через много усовершенствований прошел котел до наших дней. Одним из наиболее совершенных котлов современных теплоэлектростанций является так называемый прямоточный котел.

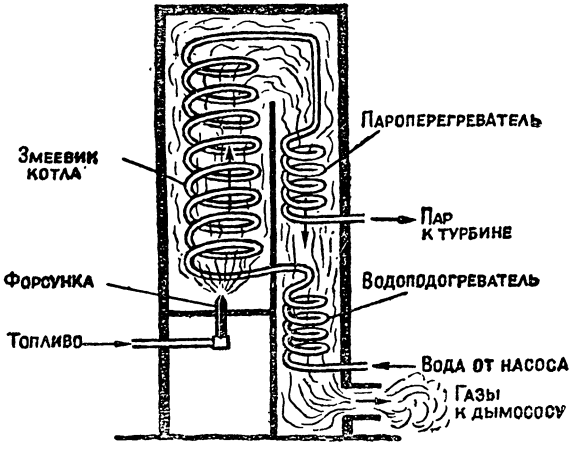


Схема прямоточного парового котла.

Здесь нет совсем цилиндра, то есть нет котла в собственном смысле слова. Имеется лишь система змеевиков из труб. Топка — почти всё пространство, в котором размещены змеевики. Форсунки, подающие жидкое топливо, расположены в нижней части левой камеры. Здесь горит топливо. Горячие газы (дым) проходят сначала мимо первого змеевика, затем мимо второго и, наконец, мимо третьего. Затем дым отсасывается прочь специальным вентилятором-дымососом. Вода поступает в змеевик, который омывается газами в последнюю очередь и потому оказывается самым холодным. Здесь вода подогревается. Затем подогретая вода поступает в первый, главный змеевик. Проходя снизу вверх, вода нагревается и к выходу из змеевика превращается в пар. Пар далее попадает в змеевик, где происходит перегрев пара. Перегретый пар направляется к тур-

бине. В такой котел вода подается непрерывно и под большим давлением и нагревается до высокой температуры.

Так создается в современных паросиловых установках пар высокого давления и высокой температуры.

Представим себе, как выглядит вся паросиловая установка современной тепловой электростанции.

Очевидно, пар из котла должен проходить через пароперегреватель и затем поступать в турбину. Из турбины уже отработанный пар попадет в конденсатор. Конденсат, то есть вода, в которую превратился пар, насосом вновь будет подан в котел.

Значит, на всякой теплоэлектростанции есть котел, пароперегреватель, турбина, конденсатор, питательный насос. Как будто бы не так-то и много оборудования. Но это только схема. В действительности современная теплоэлектростанция — это огромный комбинат производственных цехов.

Так, например, чтобы котел бесперебойно снабжать топливом и водой (в конденсат превращается не весь пар — есть утеки, есть отбор пара на отопление и т. д. — приходится восполнять убыль воды), существуют цехи топливоподготовки и водоподготовки. Это большие цехи, оборудованные специальными устройствами.

Большим цехом является и котельный. Современный котел — сложное сооружение. Он имеет много вспомогательных механизмов, управляется автоматически, оборудован сложными приборами. Так, например, котел, снабжающий паром турбину в 200 000 киловатт, должен испарять в час 600—700 тонн воды. Он имеет высоту десятиэтажного дома, и для привода его вспомогательных механизмов требуются электромоторы мощностью в несколько тысяч киловатт. Такие мощности развивали электростанции крупных губернских городов царской России.

Следующий цех — машинный зал. Здесь стоят турбогенераторы со всеми обслуживающими механизмами.

Наконец, последний цех — распределительный. Здесь стоят распределительные щиты, на которые подается ток генераторов и откуда электроэнергия распределяется. Сложная аппаратура, размещенная здесь, помогает четко управлять всей теплоэлектростанцией.

Итак, паровая машина уступила место паровой турбине на электростанциях большой мощности, на мощных кораблях... Но для небольших силовых установок еще нужна и паровая машина. Вот, скажем, паровоз... Его движет паровая машина.

Небольшие установки паровых машин с электрогенераторами очень удобны и в сельском хозяйстве: любое топливо, какое только есть в этом районе, можно сжигать в топке котла и получать электроэнергию.

Время, конечно, принесло изменение в конструкцию паровых машин. Сейчас они строятся быстроходными, работающими на паре повышенной температуры и давления.

Время же призвало к жизни и другие тепловые двигатели, среди которых значительное место заняли двигатели внутреннего сгорания.

Вот к ним-то теперь и перейдем.

Глава IV

ИНЫМИ ПУТЯМИ

„Пожиратель газа, вращающийся кусок сала“

Длинные языки пламени лизали стоящую на горелке колбу. Для опыта, который задумал инженер, надо было прогреть сосуд. Инженер нетерпеливо пересыпал с ладони на ладонь горсть опилок. Когда, по его расчетам, прогрев сосуда должен был окончиться, — инженер бросил опилки на дно колбы. Опилки задымили... Беловатая струйка потянулась из горловины колбы... Вдруг наружное пламя коснулось струйки и... дым загорелся. Это было удивительно. В воздухе, над колбой, повис синеватый язычок нового пламени. И пока опилки дымились, тлели, над колбой всё время трепетал синеватый огонек.

Так в 1729 году был открыт французским инженером Лебоном способ получать газ, который горит. Потом этот способ был усовершенствован, появились специальные газовые заводы. На таких заводах сжигались дрова или другое топливо в закрытых сосудах при недостатке воздуха, и газ, выходящий из этих сосудов, направлялся по трубам в любое место.

Газ получил название «светильного», потому что в первое время его использовали для освещения, — зажигались специальные «газовые» лампы.

Появление светильного газа вновь вызвало к жизни идею создания двигателя внутреннего сгорания.

«Почему вновь?» — спросите вы. Но вспомните пороховую машину Папена и Гюйгенса. Разве, пытаясь создать такую машину, авторы не хотели построить тепловой двигатель, где сгорание топлива происходило бы внутри рабочего цилиндра?

Теперь, когда появилась возможность сжигать в цилиндре

Для опыта, который задумал французский инженер, надо было прогреть сосуд.

не порох, а газ, полученный из обычного топлива, стало казаться заманчивым избавиться от громоздких котлов и конденсаторов. Такой облегченный двигатель мог бы найти широкое применение на мелких предприятиях.

В технике так бывает часто: появившаяся сегодня идея не может быть осуществлена,— не хватает технических знаний, но завтра она станет осуществимой.

...В контору парижского заводчика Маринони вошел один из наиболее способных мастеров завода — Жан Ленуар. Заводчик был удивлен, когда узнал, что причиной визита мастера является не новый рецепт эмали, которые так искусно составлял Ленуар, а нечто совсем другое. Жан Ленуар изобрел новый двигатель и просит помочь в изготовлении первого образца.

Маринони насторожился. Ленуар вынул из кармана сложенный чертеж и развернул его на столе.

Заводчик не плохо разбирался в технике, он всегда с интересом относился к предложениям своего способного мастера. Маринони и теперь был готов выслушать Ленуара, хотя сама идея газового двигателя ему не казалась новой.

Маринони помнил, что еще тридцать лет назад в Лондоне по реке Темзе плавала моторная лодка с газовым двигателем изобретателя Броуна. Да и сам Лебон, как слышал Маринони, еще в 1801 году предлагал использовать горючий газ в двигателях.

Заводчик обо всем этом напомнил и Ленуару. Но Ленуар вынул из кармана свою записную книжку и показал ее Маринони: там был выписан еще более длинный перечень изобретателей, предлагавших газовые двигатели. И тем не менее, как уверял Ленуар, его двигатель отличен от всех прочих и может быть практически построен. Он, Ленуар, берется всё изготовить сам, лишь бы было согласие хозяина.

Маринони не сразу уступил просьбе мастера. Ему не хотелось затрачивать средства и отрывать от основного дела Ленуара, — он мало верил в газовые двигатели, которые вот уже полвека пытаются строить, но всё безуспешно.

При первом же взгляде на чертеж Маринони увидел, что у цилиндра нового двигателя много внешнего сходства с цилиндром паровой машины.

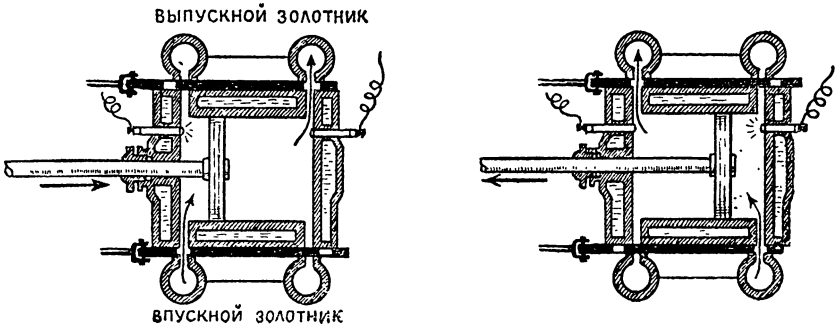


СХЕМА РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ

ВЫПУСКНАЯ ТРУБА
ЭКСЦЕНТРИК ВЫПУСКНОГО ЗОЛОТНИКА
ВЫПУСКНОЙ ЗОЛОТНИК
МАСЛЕНКА
МАХОВИК
ВОДЯНАЯ РУБАШКА
ГАЗ
КРИВОШИП
ЗАПАЛЬНАЯ СВЕЧА
БАТАРЕЯ ЗАЖИГАНИЯ
ИНДУКЦИОННАЯ КАТУШКА
ПРИВОДНОЙ ШКИВ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ ЗАЖИГАНИЯ
ВПУСКНОЙ ЗОЛОТНИК
ЗАПАЛЬНАЯ СВЕЧА

Первый двигатель внутреннего сгорания — газовый двигатель Ленуара.

— Да, действительно, — объяснял Ленуар, — он похож на паровую машину с цилиндром двойного действия, но работает он, конечно, совсем иначе.

Через левый канал, когда его откроет золотник, в левую полость цилиндра будет поступать не пар, а светильный газ; для этого придется прокрутить маховик и поршень немного оттянуть вправо... Примерно на половине полного пути поршня левый канал золотником закроется, и через электрический запальник в газ будет послана электрическая искра. Газ загорится, большое количество выделяющегося тепла поднимет газовое давление, и поршень пойдет дальше уже под силой этого давления. В конце хода поршня откроется правый канал на впуск, а левый откроется на выпуск. Затем маховик, провертывая по инерции вал, заставит поршень двигаться справа налево. При этом в левой части цилиндра будет происходить вытеснение отработавшего газа, а в правой заполнение новой порцией газо-воздушной смеси. Вспышка от искры произойдет в правой полости цилиндра, и так далее.

Ленуар пояснил, что в цилиндр двигателя будет засасываться не чистый газ, а смесь газа с воздухом, — ведь воздух нужен для горения. Расход горючего газа, по его, Ленуара, предположению, не должен будет превосходить одного кубического метра в час на каждую лошадиную силу мощности.

Работа двигателя, как ее описал Ленуар, казалась осуществимой. Расход газа в 1 кубический метр на лошадиную силу в час не вызывал возражения. Маринони решил рискнуть своими средствами.

Так в 1860 году возникло первое промышленное производство двигателей внутреннего сгорания.

Вскоре после того, как Ленуару удалось заинтересовать своим двигателем заводчика Маринони, были построены три опытных двигателя. И хотя Ленуар, в сущности, не был оригинальным и выдающимся изобретателем, но, тщательно и кропотливо изучив недостатки своих предшественников, обладая достаточной энергией и технической сноровкой, он сумел довести свой двигатель до работоспособной конструкции.

Фирма Маринони стала широко рекламировать новый двигатель. Появился спрос, — для мелких предприятий такой двигатель был незаменим, потому что установка паровых машин вместе с паровыми котлами требовала много средств и места.

Но... прошел год, прошел другой. Накопился опыт эксплуатации двигателей Ленуара. И опыт этот оказался печальным.

В технических журналах того времени появились статьи, в которых сначала слегка, а затем всё сильнее и сильнее стали поругивать новый двигатель.

«Это не машина — это какой-то «пожиратель газа»! Вместо разрекламированного одного кубометра на лошадиную силу в час он потребляет целых три!» — возмущались одни.

«Какой же это двигатель? Ему не надо кочегара, но зато он требует столько смазочного масла, что смазчик должен всё время стоять и заполнять масленки. Нет, увольте, это не двигатель, а вращающийся кусок сала!» — вторили им другие.

И действительно, обладая малым коэффициентом полезного действия, двигатель Ленуара потреблял много топлива, а конструктивное несовершенство его приводило к большому расходу смазочного масла.

Но двигатель внутреннего сгорания был нужен. Инженерная мысль начала работать в новом направлении: почему оказался неудачным двигатель Ленуара и как добиться создания экономичного и надежного двигателя?

„Зайдите в магазин Шопена“

Русских инженеров, которые сами много работали над совершенствованием тепловых двигателей и чутко следили за прогрессом зарубежной техники, живо заинтересовал новый двигатель Ленуара. Какие возможности открылись бы для распространения легкого двигателя внутреннего сгорания в России — стране, где столько мелких предприятий, где создается новый флот и где вместе с тем такое разнообразие в топливе!

Возникшим интересом не замедлили воспользоваться предприимчивые купцы. В петербургских газетах 1862 года появилось рекламное сообщение:

«Желающие видеть машину ЛЕНУАРА
могут посетить магазин Шопена
на Большой Морской улице,
между Невским проспектом и Кирпичным переулком.
Машина для посетителей пускается в ход
каждый день
от 2-х до 4-х часов пополудни».

В магазин заходило много любознательных. Машину запускали. Поглощая газ, машина вырабатывала энергию, вращала станки. Зрители, познакомившись с двигателем,

переходили к осмотру прочих механизмов, продававшихся в магазине, Шопен бойко торговал.

Среди других посетителей в магазин часто захаживал молодой инженер Павел Кузьминский. Для него новый двигатель не был только заморской диковиной. Он внимательно и терпеливо наблюдал за работой двигателя, изучая его свойства, и вскоре обратил внимание на главный его недостаток — низкий коэффициент полезного действия.

Когда двигатель пускался, его наружные стенки были холодны, как все металлические предметы вокруг. Но вот двигатель немного проработал — и до стенок уже нельзя дотронуться рукой.

Кузьминский знал, что вдоль стенок цилиндра двигателя просверлены специальные каналы и через эти каналы непрерывно пропускается охлаждающая вода, вытекающая из специального бака. И всё же двигатель очень нагревался.

«Значит, плохо используется тепло, выделяющееся из газа, — думал Кузьминский. — Оно, это тепло, должно производить работу, а не нагревать окружающий воздух».

В 1862 году в журнале «Морской сборник» Кузьминский поделился своими замечаниями о недостатках двигателя Ленуара и предложил сочетать принцип сжигания топлива внутри цилиндра двигателя с предварительным сжатием воздуха. Он рассуждал так: если в цилиндр каким-либо путем подать сжатый воздух, то, расширяясь, этот воздух может толкать поршень, но тогда он, наоборот, будет охлаждаться и охлаждать стенки цилиндра, отнимая при расширении тепло от окружающих его предметов. Так работают воздушные двигатели. А что, если бы в тот момент, когда начинается расширение, впустить в цилиндр порцию газа и поджечь? Выделяющееся тепло снова подогревало бы воздух и давление его при расширении не так быстро снижалось бы, то есть он мог бы сильнее толкать поршень на всем его ходе от одного крайнего положения до другого. Значит, такой двигатель, правильно используя тепло сгорания, смог бы развивать бо́льшую мощность, чем просто воздушные двигатели или чем двигатель Ленуара, работающий без сжатия.

Заметка Кузьминского была короткой. Автор не предлагал новой конструкции, — он только обращал внимание инженеров на тот путь, который, по его мнению, может привести к созданию более экономичного и надежного двигателя, чем двигатель Ленуара.

Сам Ленуар плохо разбирался в науке и не видел, в чем состоит принципиальный порок его двигателя.

И это несмотря на то, что уже почти сорок лет прошло со времени издания книги его гениального соотечественника — Сади Карно, где впервые говорилось о том, как следует создавать тепловой двигатель с высоким коэффициентом полезного действия.

Судебное дело о четырех тактах

Так же, как Уатт и Болтон пробили дорогу паровой машине широкой рекламой, так и Ленуар с Маринони приложили все старания к тому, чтобы весь мир заговорил о только что созданном газовом двигателе.

Уже в 1860 году на заводе Маринони было построено десять двигателей Ленуара, а в течение нескольких лет более трехсот машин работало в различных странах Европы.

В одной из кельнских газет, в Германии, появилась хвалебная статья, посвященная новому двигателю. В статье говорилось о небывалом успехе двигателя внутреннего сгорания, о тех широких перспективах, которые открываются перед транспортом и промышленностью с применением такого двигателя. «Конец паровым машинам!» — восклицал автор статьи.

Среди других статью прочел тридцатилетний конторщик Николай Отто. Машин он не знал, а двигателей тем более. До сих пор ему приходилось работать приказчиком, бухгалтером, конторщиком. Но такая жизнь ему казалась скучной, бесперспективной. Он жаждал найти применение своим силам, найти свой особый путь к успеху.

Прочитав статью о двигателе Ленуара, он загорелся сам идеей постройки таких двигателей, их совершенствования.

— Покончить с паровыми машинами — вот над чем мне надо работать! — увлеченно говорил он в кругу друзей.

— Но как? — удивлялись друзья. — Ты же ничего не смыслишь в технике! . .

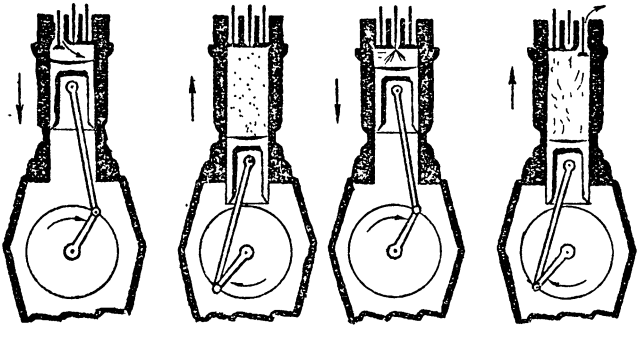
Однако Николай Отто был тверд в своем решении. Он стал много заниматься и упорно читать технические книжки, познакомился с устройством двигателя Ленуара.

С помощью кустарных мастерских он построил себе маленькую опытную машину. Но заставить работать эту машину было нелегко. Тут только Отто и понял, что между желанием и его исполнением лежит путь огромного труда и исканий.

Как-то, настойчиво повторяя свои бесконечные попытки запуска двигателя, Отто заметил любопытное явление. Начав, как обычно, всасывать в цилиндр рабочую смесь — вращая при этом маховик и отводя поршень, — он позабыл включить электрическое зажигание. Не дав засосанному газу уйти из ци-

линдра, Отто повернул маховик в обратном направлении и тем самым сжал газ. После этого он включил зажигание, искра подожгла сжатый газ, и поршень рвануло вперед сильнее обычного: вместо двух-трех оборотов, маховик после взрыва сделал чуть ли не десять.

Так своими опытами Отто пришел к значительному техническому открытию, которое, однако, уже предвидели инженеры, знающие термодинамику, и в их числе русский инженер Кузьминский: если газ предварительно сжимать, то работа, совершаемая этим газом при сгорании, окажется больше.



В один год со статьей Кузьминского, то есть в 1862 году, вышла брошюра французского инженера Бо де Роша, где также научно доказывалось преимущество предварительного сжатия. Больше того, Бо де Роша предложил способ выполнения такого сжатия, — он рекомендовал производить работу в цилиндре двигателя за четыре приема:

1) сначала, отводя поршень внешним усилием (например вращая маховик), засосать через отверстия в цилиндре рабочую смесь воздуха с газом;

2) затем закрыть всасывающие отверстия специальными клапанами и сжать поршнем на обратном его ходе рабочую смесь;

3) когда поршень дойдет до крайнего положения, — электрической искрой поджечь смесь. Произойдет вспышка, выделившееся тепло поднимет давление газа, отчего поршень совершит уже рабочий ход — сам повернет вал с маховиком;

4) как только под давлением расширяющихся газов пор-

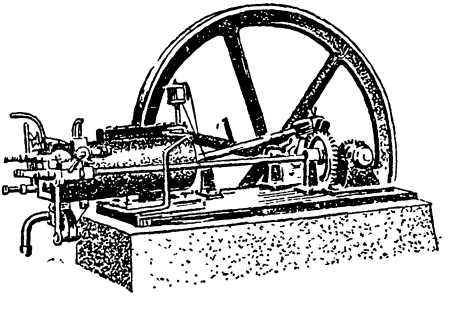
шень пройдет весь ход и дойдет до другого крайнего положения, — надо открыть специальные выхлопные отверстия в цилиндре, через которые отработавшие газы вырвутся наружу, а их остаток будет выталкиваться поршнем, так как раскрутившийся маховик заставит по инерции поршень идти снова вверх. Затем всё должно повториться в такой же последовательности еще и еще раз — непрерывно, но уже без помощи человека — автоматически, за счет использования инерции маховика. Отто ничего, повидимому, не знал о предложении Кузьминского, но знал ли Отто о книжке Бо де Роша? Трудно сказать. Во всяком случае, двигатель, который он построил совместно с инженером Лангеном, стал работать именно в четыре приема, или, как теперь говорят, в четыре такта.

Новый четырехтактный газовый двигатель Отто — Лангена появился впервые на Всемирной Парижской выставке в 1873 году.

Свыше пятнадцати лет прошло с тех пор, как конторщик Отто стал увлекаться двигателями. За это время, найдя себе компаньона в лице состоятельного инженера Лангена, он стал заводчиком, и двигатель 1878 года был изготовлен по всем правилам промышленного производства того времени. Развивал он мощность в 4 лошадиные силы. Топливом служил светильный газ.

Как же выглядит этот первый четырехтактный двигатель внутреннего сгорания?

На массивном фундаменте лежит плита. К плите крепится горизонтальный цилиндр. В подшипниках справа лежит коленчатый вал с маховиком. Поршень через шатун связан с валом. На коленчатом валу сидит коническая шестерня, которая может вращать другую шестерню, связанную с маленьким валиком, доходящим до крышки цилиндра. Этот валик, вращаясь в два раза медленнее коленчатого вала, открывает золотником то всасывающие, то выхлопные окна в крышке цилиндра.



Первый четырехтактный двигатель внутреннего сгорания — газовый двигатель Отто—Лангена, построенный в 1878 году.

На Парижской выставке двигатель работал и вызвал огромный интерес. Шутка ли — вместо коэффициента полезного действия в 3—4%, как у Ле-

нуара, здесь на полезную работу шло уже 12—14% выделяющегося тепла! А на сколько меньше сжигалось газа!

Вот когда удалось получить расход в 1 кубический метр газа на лошадиную силу в час!

Двигатель стал быстро распространяться. Владелец патента Отто и его компаньон Ланген были завалены заказами.

Четыре такта принесли успех двигателю Отто — Лангена.

Четыре такта. Но ведь о них значительно раньше говорил Бо де Роша, причем говорил со знанием термодинамики, доказал их преимущество?

И французские наследники Бо де Роша возбудили судебное дело против Отто.

Факты были очевидны; суд признал, что французский инженер первый предложил четырехтактный процесс. Германский патент Отто был аннулирован. Четырехтактный двигатель получил широкую дорогу — новые двигатели этого типа стали строить повсюду.

Заслуга Отто в том и состоит, что он создал первую промышленную конструкцию четырехтактного газового двигателя, за которой последовало бурное развитие нового двигателестроения.

Капитан русского флота Костович и его двигатель

27 декабря 1879 года на 6-м съезде естествоиспытателей, собравшемся в Петербурге, был большой день.

С докладом «О сопротивлении среды» выступал выдающийся русский ученый Дмитрий Иванович Менделеев.

После доклада группа молодых любителей воздухоплавания окружила профессора, — надо было уяснить еще много важных деталей, о которых в коротком докладе нельзя было говорить подробно. Дмитрий Иванович, сам увлеченный идеей воздухоплавания, охотно делился своими знаниями. Разговоры продолжались на улице,— все шли на квартиру лейтенанта Спицына. Здесь должно было состояться первое собрание будущего общества воздухоплавателей.

Лейтенанта Спицына знали все. Уже девять лет он трудился над созданием летательных аппаратов. Его квартира — музей и мастерская одновременно. Здесь можно увидеть чучела разнообразных птиц, модели гигантских крыльев, хитроумные станки, с помощью которых малыми усилиями вызываются очень сложные движения крыльев.

Хозяин любезно принял гостей, и сразу вокруг аппаратов завязались жаркие споры.

— Ну нет, — горячился уже ставший знаменитым изобретателем капитан флота Огнеслав Костович, — на таких крылышках далеко не улетишь!

— Но и на ваших аэростатах тоже не улетишь или улетишь, да не туда, куда хочешь, — смеясь возражал лейтенант Спицын. Однако капитана Костовича поддержал Менделеев.

— А ну-ка, Огнеслав Стефанович, расскажите-ка им о том, что вы задумали. Господа, прошу внимательно отнестись к сообщению капитана Костовича, — его воздухоплавательное судно в ряду изобретений на почве аэронавтики занимает первое место.

Собравшиеся с интересом приготовились слушать.

Капитан Костович открыл портфель и, достав чертежи, приступил к подробному изложению своего проекта управляемого дирижабля.

Это был интересный проект. Предлагался управляемый воздушный корабль, снабженный легким двигателем внутреннего сгорания любопытной конструкции. Паровую машину изобретатель отказывался ставить на дирижабль, — слишком много места требовалось отвести под уголь, а также под котел, машину и остальные устройства. Всё это утяжелило бы дирижабль, заставило бы увеличить его размеры.

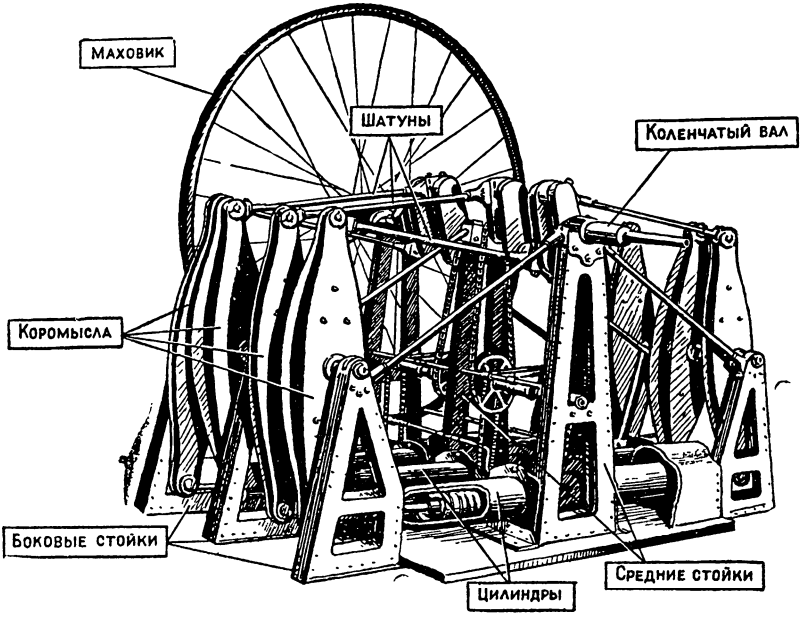
Но и газовый двигатель Отто также не устраивал Костовича. Он не мог мириться с тем, что для этого двигателя необходимо брать на борт дирижабля запасы газа. Ведь пришлось бы ставить специальные баллоны, занимающие много места.

И Костович предложил для своего дирижабля другой изобретенный им двигатель — двигатель внутреннего сгорания, работающий на жидком топливе.

Это была совсем новая, оригинальная идея. Изобретатель подробно описал конструкцию специального приспособления, которое позволяло сжигать в цилиндрах двигателя не горючий газ, а пары жидкого топлива — керосина или бензина.

На призыв Д. И. Менделева и других ученых откликнулись многие передовые люди страны. Начался сбор средств, и в 1882 году Костович на Охтенской верфи в Петербурге стал строить свой дирижабль и прежде всего — двигатель для него. Костович считал, что успех всего дела зависит от того, удастся или не удастся создать легкий, но мощный двигатель.

Увидев, что изобретение Костовича может принести огромные прибыли тому, кто первый им овладеет, зарубежные предприниматели предложили изобретателю строить дирижабль за границей, но патриот Костович объявил в печати, что «воздуш-



Первый двигатель внутреннего сгорания, работавший на жидком топливе, — двигатель русского изобретателя Огнеслава Костовича.

ный корабль будет строиться из отечественных материалов и руками только русских рабочих».

В 1884 году двигатель Костовича — первый в мире двигатель внутреннего сгорания, работающий на жидком топливе, — был построен, а в 1885 году успешно прошел испытания.

Это был весьма интересный двигатель. Он сохранился до наших дней (утеряны только некоторые второстепенные части) и находится в Доме авиации имени М. В. Фрунзе, в Москве.

Давайте познакомимся с этим двигателем.

Основанием двигателя служит плита, к которой крепятся девять клепаных стоек. Три из них, те, что повыше, — посредине, а слева и справа — по три более низких стойки. На этих стойках в подшипниках лежат три вала. Крайние валы — прямые, а средний — коленчатый — имеет четыре кривошипа. На хвостовике этого вала сидит большое колесо со спицами, вроде велосипедного. Это маховик. На прямых валиках свободно качаются по четыре коромысла с каждой стороны. Верхние концы коромысел шарнирно связаны с шатунами, а те — с кривошипами коленчатого вала. Нижние концы коро-

мысел через вторые шатуны связаны с поршнями цилиндров двигателя. «Цилиндров? — спросите вы. — Но где они?»

Всмотритесь внимательнее. Внизу, на плите, лежат четыре трубы. Это и есть цилиндры, каждый из которых имеет по два поршня — левый и правый.

Но как происходит работа в таком цилиндре? Когда оба поршня сходятся, — заключенный между ними газ сжимается. Сюда посылается электрическая искра — газ воспламеняется, давление растет и сила этого давления заставляет поршни расходиться.

После рабочего хода наступает выхлоп, во время которого поршни вновь сближаются и через открывшийся от автоматического привода выхлопной клапан выбрасывают отработавшие газы. Затем поршни коленчатым валом вновь разводятся. Но теперь уже открывается всасывающий клапан и пространство между двумя поршнями заполняется свежей горючей смесью.

Однако в двигателе Костовича эта рабочая смесь уже составлялась не из воздуха и горючего газа, как в двигателе Ленуара или Отто, а из воздуха и паров легкого жидкого топлива — бензина.

Но откуда получались пары бензина? В приборе, который придумал Костович (потом такие устройства стали называть «карбюраторами»), жидкий бензин испарялся и его пары смешивались с подходящим к впускному клапану цилиндра воздухом.

Построив такой двигатель, Костович мог взять на дирижабль сравнительно небольшой бак с бензином, и его хватило бы для полета на относительно далекое расстояние.

В 1885 году двигатель испытывался. Он оказался очень

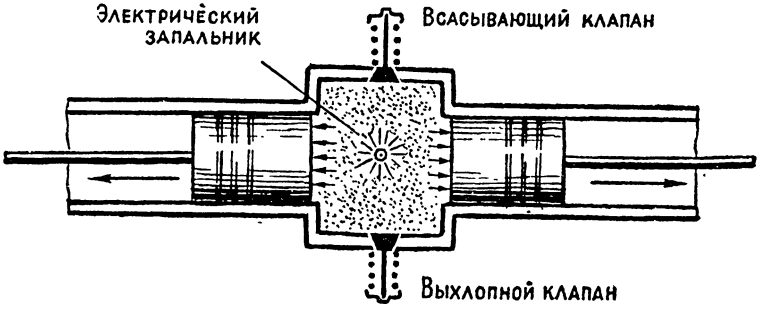


Схема работы цилиндра двигателя Костовича с двумя расходящимися поршнями.

легким — весил всего 240 килограммов, а развивал мощность в 80 лошадиных сил, то есть на каждую лошадиную силу мощности приходилось всего 3 килограмма веса машины. Это было неслыханно для того времени. Именно такой легкий и мощный двигатель требовался воздухоплаванию.

Но Костовичу, как и многим другим русским изобретателям, не удалось довести до конца начатое дело. Средства иссякли, царское правительство в помощи отказало, а тут еще возник пожар, который уничтожил все труды изобретателя. Уцелел лишь двигатель, находившийся в другом помещении.

Вместо лошади — мотор

К этому же времени относятся и первые попытки создания двигателя внутреннего сгорания, работающего на жидком топливе, для наземного транспорта.

В 1882 году произошла размолвка между Отто и одним из инженеров его завода — способным, знающим конструктором Даймлером.

Инженер Даймлер хотел создать четырехтактный двигатель для экипажей. Его увлекала идея самодвижущихся повозок. «Как можно было бы развить безрельсовый транспорт, — думал Даймлер, — если вместо лошади запрячь в телегу мотор!»

Но Отто не хотел заниматься ничем, кроме усовершенствования своего двигателя.

Даймлер ушел и открыл совместно со своим другом, инженером Майбахом, мастерскую.

К этому времени уже весь мир опоясывали железные дороги. Были попытки вслед за паровозом использовать паровую машину для безрельсового транспорта — появились паровые автомобили. Но это были громоздкие и неудобные сооружения, не получившие широкого развития.

«Надо, чтобы сам двигатель и топливо для него занимали как можно меньше места», — думал Даймлер. Так появилась идея создать двигатель, работающий на жидком топливе.

Заметим, что Костович над этой проблемой начал работать раньше Даймлера, еще в 1879 году, и к 1884 году имел уже построенный мощный двигатель.

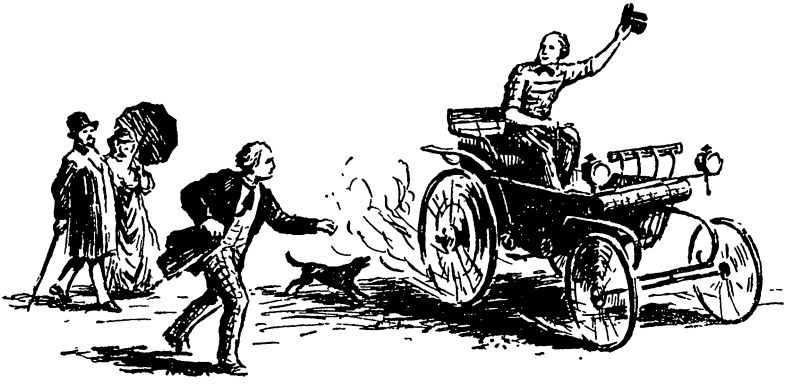
Даймлер в 1883 году построил лишь опытный одноцилиндровый двигатель, сконструировав к нему простейший испарительный прибор — карбюратор. А двигатель, годный для установки на повозку, Даймлер и Майбах построили только в 1885 году.

Этот двигатель развивал мощность всего в 12 лошадиных сил, и на каждую лошадиную силу приходилось 25 килограммов веса.

В ноябре 1885 года повозка с двигателем Даймлера сама проехала по саду, окружавшему мастерскую.

Это был первый автомобильный пробег.

Было странно смотреть на движущуюся без лошади извозчичью пролетку, на которой восседал Даймлер. Следом, не отставая, бежали любопытные.



Первый автомобильный «пробег».

Позднее изобретатели добились скорости 18 километров в час — это уже в три-четыре раза превышало скорость пешехода, и бежать рядом с такой повозкой стало трудновато.

Тем не менее прошло еще пять лет, пока инженеры смогли привлечь к постройке автомобилей компаньонов с деньгами. Лишь в 1890 году «Акционерное общество Даймлера» начало производство автомобилей в заводском масштабе. Несколько раньше французская фирма «Панар и Левассер» купила патент Даймлера и тоже начала строить автомобили.

Итак, первые автомобили появились лишь в последнем десятилетии прошлого века, и способствовал этому новый, компактный, удобный двигатель — бензиновый двигатель внутреннего сгорания.

Так обозначилась еще одна линия развития двигателей — для авиации и наземного транспорта.

Двигатель „нефтянка“

Легкий двигатель внутреннего сгорания, работающий на жидком топливе, всполошил владельцев угольных шахт.

Двигатель газовый не вызывал тревоги: чтобы получить газ, надо сжигать твердое топливо. Значит, пойдут в ход низкокачественные угли, торф, сланец...

Но двигатель на жидком топливе — это уже явление опасное. А вдруг начнут строить такие двигатели не только для автомобилей, но и для промышленности — для фабрик, заводов, мельниц, электростанций! Это будет на руку владельцам нефтяных промыслов, а угольную промышленность это может привести в упадок. Так рассуждали «угольные короли».

Иными глазами смотрели на происходящее «короли нефти». Они готовы были оказать поддержку изобретателям, работающим над тем, чтобы двигатель внутреннего сгорания на жидком топливе можно было распространить шире.

Появилось много различных проектов четырехтактных двигателей, работавших не только на бензине, но и на более дешевом жидком топливе — керосине и даже на сырой нефти. Среди всех двигателей этого рода очень широко распространились двигатели, которые за границей назывались «калоризаторными» или «калорическими», а в России им дали более простое название: «нефтянки».

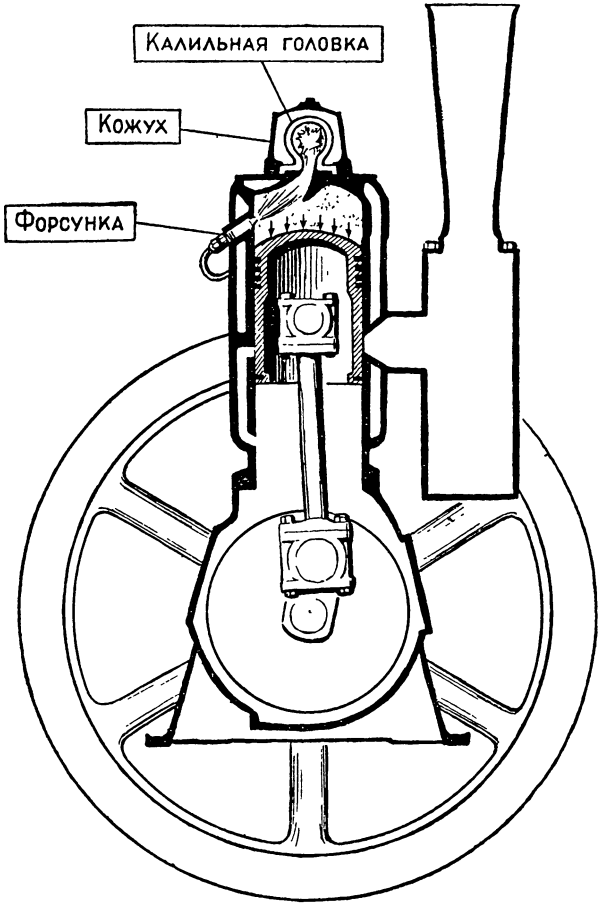
Такие двигатели еще и сейчас в небольшом количестве выпускаются промышленностью, и на многих сельских, колхозных, электростанциях их можно встретить.

Посмотрим, что же это за двигатель. «Нефтянка» имела один цилиндр, поршень и коленчатый вал с маховиком. Первые «нефтянки» работали, как и газовые или бензиновые двигатели, в четыре такта.

Только в цилиндр засасывалась не рабочая смесь газа или пара с воздухом, а один воздух. Верхняя часть цилиндра сообщалась с большим полым шаром, который назывался «калоризатором» или запальным шаром, или калильной головкой. Этот шар перед пуском двигателя разогревали паяльной лампой докрасна. Против шара в верхней части цилиндра помещалось специальное устройство, через которое можно было впрыскивать нефть (или керосин). Такие устройства называются «форсунками».

Что же происходило, когда после прогрева «калоризатора», или, как чаще его называли у нас, «калильной головки», начинали раскручивать маховик?

Происходило следующее. После всасывания воздух сжимался поршнем и, пока поршень подходил к своему верхнему положению, автоматически впрыскивалась порция топлива.



Двигатель «нефтянка».

Попадая на раскаленную поверхность калильной головки, это топливо испарялось и к моменту подхода поршня воспламенялось. Далее начинался рабочий ход, за которым следовал последний такт — выхлоп.

Таким образом, здесь не требовался карбюратор, не нужно было запальной электрической искры. «Калильная головка»

водой не охлаждалась и во всё время работы двигателя продолжала оставаться раскаленной.

Чем же был удобен такой двигатель?

Прежде всего он оказался очень простым, изготовить его было несложно: не надо точных станков, крупных производственных предприятий.

К топливу он был совсем не требователен, — самая дешевая нефть в нем сгорала.

Мощность, правда, такой двигатель развивал не большую, но для мелких производств этого оказывалось вполне достаточно.

«Нефтянку» долго надо было запускать, но зато потом уход за ней был весьма прост.

Неудобный запуск и большой вес делал, конечно, невозможным использование «нефтянки» на автомобиле, но на рыболовное судно можно было устанавливать. Здесь находилось время, чтобы заранее раскалить головку, а вес не имел особого значения.

Но большим недостатком «нефтянок» была и остается прожорливость.

Если двигатель Ленуара называли «пожирателем газа», то «нефтянки» следует назвать «пожирателями нефти». Это объясняется очень несовершенным процессом сгорания топлива, — не используется для полезной работы значительная часть выделяющегося тепла.

Строить «нефтянку» большой мощности, чтобы конкурировать с паровой машиной, было нельзя... Результаты оказались бы не в пользу «нефтянки». Покупать таких «пожирателей нефти» никто бы не стал.

Кроме того, «нефтянки» больших размеров оказывались очень недолговечными.

Шведский инженер Эриксон — один из первых создателей этого двигателя — решил построить «нефтянку» мощностью в 60 лошадиных сил. Ему действительно удалось соорудить такой относительно мощный двигатель. Двигатель этот был поставлен на судно и некоторое время эксплуатировался. Но через год пришлось заменить «нефтянку» обычной паровой машиной. «Нефтянка» требовала частого ремонта, — детали двигателя быстро выходили из строя, изнашивались.

Так, несмотря на то, что появилось много двигателей жидкого топлива — бензиновых, керосиновых и нефтяных, — «угольные короли» еще могли спать спокойно. Крупные заводы, мощные электростанции, морские и речные суда использовали только паровые двигатели — паровые машины или турбины — и нуждались в больших количествах угля.

Миф Дизеля

В 1893 году на весь мир прогремела брошюра, принадлежавшая перу немецкого инженера Рудольфа Дизеля, с кричащим, сенсационным названием: «Теория и конструкция рационального теплового двигателя, призванного заменить паровую машину и другие существующие в настоящее время двигатели».

Такое название, звучащее как реклама, заставляло всякого инженера, всякого любителя техники прочесть брошюру, поинтересоваться, — что за удивительную машину придумал автор? А предприимчивому автору как раз и нужна была популярность — его еще никто не знал, и появившуюся идею нового двигателя, которую он запатентовал годом раньше, ему негде было претворить в жизнь.

Идея эта была действительно заманчивой. Она сразу приковала к себе внимание, а имя Дизеля стали упоминать на страницах газет и журналов.

В чем же состояла эта идея? Дизель был инженером, и его идея была подсказана ему наукой — теорией тепловых двигателей.

Дизель, изучая термодинамику, знал, как Сади Карно представлял себе работу самого совершенного теплового двигателя, где бы использовалось наибольшее теоретически возможное количество тепла для механической работы.

И, следуя науке, Дизель рассуждал так: паровая машина плохо использует тепло; сгорание топлива происходит в топке котла, много тепла рассеивается, уходит с топочными газами, теряется в трубах по пути к машине. Там только 3—8% от всего выделившегося из топлива тепла идет на полезную работу. Но вот — двигатель внутреннего сгорания. Здесь котла нет, а в газовом двигателе Ленуара использовалось тоже 3—4% тепла. Лучше обстоит дело у Отто. С введением сжатия и четырехтактного процесса удалось раза в четыре увеличить коэффициент полезного действия. В двигателях Отто он доходит до 12—14%.

Но предел ли это? А что, если попытаться построить двигатель, который бы работал так, как предлагал Карно?

Тогда, как уже показал Карно, не всё тепло, но значительная часть могла бы быть использована на полезную работу. Двигатель работал бы по «циклу Карно».

Но как осуществить этот цикл?

Какой двигатель надо построить?

Какой газ выбрать в качестве «рабочего тела»? Дизель не мог не вспомнить советов Карно:

«Водяной пар может быть образован только в котле, в то время, как атмосферный воздух можно нагревать непосредственно сгоранием, происходящим в нем. Этим была бы избегнута не только большая потеря в количестве тепла, но и в его термометрических градусах. Преимущество принадлежит единственно атмосферному воздуху, другие газы им не обладают: нагреть их даже труднее, чем пар». Так еще в свое время писал Карно.

И Дизель предложил: это должен быть двигатель внутреннего сгорания. В цилиндр двигателя должен засасываться чистый атмосферный воздух. Дальше этот воздух должен быть очень сильно сжат, чтобы при сжатии он нагрелся до высокой температуры. Если в двигателях Отто сжатие идет до 10—12 атмосфер, то в таком двигателе следует, как предлагал Дизель, сжимать воздух до 250 атмосфер. В сильно нагретый воздух, когда поршень начнет переваливать через свою верхнюю мертвую точку, следует постепенно ввести несколько порций распыленного твердого или жидкого топлива. В раскаленном воздухе первая же порция топлива воспламенится и начнется медленное (по сравнению со сгоранием в двигателе Отто) его сгорание. Температура не должна возрастать, пока вводится топливо, — поршень будет понемногу отходить вниз, газ — расширяться, а давление хотя тоже начнет уменьшаться, но подводимым теплом это уменьшение будет сдерживаться — газ всё еще сохранит большую силу, толкая поршень.

Вот и получится, как рекомендовал Карно, изотермическое расширение.

Ну, а затем, после прекращения подачи топлива, можно предположить, что расширение газа будет продолжаться адиабатически, то есть давление будет уже снижаться скорее, но если от стенок тепло не отводить, то до самого нижнего положения поршня это давление будет достаточно большим, чтобы совершать полезную работу.

Дальше, правда, уже трудно сделать всё так, как говорил Карно. Надо удалить отработавшие газы — пойдет такт выхлопа, надо засосать свежий воздух — пойдет такт всасывания. И лишь затем можно снова начать сжатие. Таким образом, отводить тепло в охладитель по Карно, то есть при постоянной температуре, практически нельзя. Можно лишь очень быстро сжать свежий воздух до высокого давления, ну и предположить, что это сжатие совершится адиабатически, то есть при этом вся работа сжатия потратится на нагрев воздуха без отвода тепла через стенки.

Значит, такой двигатель будет работать не совсем по циклу Карно, но близко к нему. И коэффициент полезного действия

такого двигателя должен быть выше, чем у всех существующих.

Так рассуждал Дизель. Вот эти-то мысли он и изложил в своей брошюре с многообещающим названием.

Для многих предложение Дизеля казалось новым и оригинальным. Однако те, кто был знаком с книгой Сади Карно, отмечали, что выдающийся французский инженер и ученый почти за семьдесят лет до Дизеля не только открыл термодинамический закон, но и предложил идею рационального двигателя.

Рассматривая одно из предложений по двигателям внутреннего сгорания, где рекомендовалось вводить в цилиндр порции мелкого горючего порошка ликоподия, Карно указывал, что сгорание такого порошка вызовет выделение золы и двигатель не найдет практического осуществления.

«Вместо того, чтобы делать так, как принято в двигателе Ньепса, — писал Карно, — было бы лучше, как нам кажется, сжимать воздух воздушным насосом, а затем пропускать его через закрытую камеру сгорания, в которую топливо вводилось бы постепенно небольшими порциями при помощи механизма, который легко было бы построить, затем предоставить этому газу действовать в цилиндре с поршнем и выпускать его в атмосферу!»

Дизель вначале предлагал, так же как и Карно, сжимать воздух насосом, хотя в его время уже зарекомендовал себя четырехтактный двигатель. Сжатие и сгорание, полагал Дизель, будет происходить в одном цилиндре, расширение — в другом.

Правда, Карно возражал против сжигания в цилиндре твердого топлива — порошка ликоподия, а вот Дизель этого не боялся. Первый козырь в руках Дизеля — экономное сжигание угольной пыли.

Дизель был энергичен и предприимчив. Да, он предлагает двигатель, работающий почти по циклу Карно. Но ведь ни Карно, ни кто другой такого двигателя не построил, а вот он, Рудольф Дизель, берется построить такой двигатель!

Неохотно шли заводчики на затрату средств для постройки какого-то «заумного» двигателя, — не книжная ли затея всё это? Можно ли получить в действительных условиях такой процесс?

Наконец, после многих мытарств, Дизелю удалось убедить дирекцию машиностроительного завода в городе Аугсбурге в том, что стóит сделать попытку.

И вот в одной из мастерских завода Дизель и его помощники приступили к постройке нового двигателя.

Уже проектируя первый двигатель, Дизель отошел от мно-

гих своих предложений. Прежде всего он убедился в том, что двигатель должен работать по обычному четырехтактному циклу, только, в отличие от газового двигателя, топливо должно вводиться здесь внутрь цилиндра постепенно, после сжатия. Вместо воспламенения от электрической искры должно происходить самовоспламенение топлива в горячем воздухе.

В июле 1893 года был построен первый одноцилиндровый опытный двигатель.

И вместе с первым двигателем появились и новые поправки, которые всё дальше и дальше уводили Дизеля от тех широких обещаний, которые он дал в своей нашумевшей книге.

Прежде всего оказалось, что с угольным порошком ничего не получится: за время, отводимое на сгорание, можно подать только одну шестую часть того количества порошка, которое необходимо для получения нужной работы. Кроме того, оказалось сложным его приготовление и ввод в цилиндр, появилось опасение значительных износов.

Затем, сколько ни старались Дизель и его помощники, но очень высокого сжатия в цилиндре не получалось. Вместо 250 атмосфер удалось, да и то с большим трудом, дойти только до 34 атмосфер.

Убедившись, что бóльшего не достичь, Дизель решил попробовать при таком сжатии ввести жидкое горючее. И вот, как-то раз в цилиндр двигателя был впрыснут бензин.

Раздался резкий свист и из крышки цилиндра вместе с краном, к которому обычно присоединялся манометр, вырвалась горячая струя газа.

Прочность первого двигателя оказалась недостаточной, но опыты с ним уже позволили сделать некоторые выводы.

Выяснилось, что сгорание путем самовоспламенения действительно осуществимо. Однако обеспечить сгорание при постоянной температуре, то есть так, как полагается по циклу Карно, практически нельзя. Можно лишь попытаться произвести сгорание при постоянном давлении, но и над этим придется немало поработать. Ведь поднялось давление во время первой вспышки!

Приступая к постройке нового двигателя, Дизель вынужден был фактически признать свое отступление от первоначальной идеи. Двигатель, отвечающий полностью требованиям теории, построить пока невозможно.

Взяв второй патент, Дизель уже не претендовал на идеальный двигатель, он лишь закреплял за собой право строить двигатели с самовоспламенением топлива от высокого сжатия. При этом, что вытекало из теоретических предпосылок, должен был повыситься и коэффициент полезного действия. Он будет,

правда, ниже, чем в цикле Карно, но выше, чем у других двигателей внутреннего сгорания.

«Итак, — писали в технических журналах того времени, — нет никаких оснований считать новый двигатель «рациональным», Дизель сам себя опроверг».

Один немецкий профессор назвал всё, что было обещано Дизелем, сказкой, которую чуть было мир не принял за действительность. «Но Дизель развеял созданный им самим же миф!» — заключил этот профессор.

Развеяв собственный миф о двигателе, работающем по циклу Карно, Дизель всё же продолжал работать над новым мотором.

Вслед за первым, неудачным, двигателем Дизель построил второй, который уже смог самостоятельно работать, и, наконец, третий, который уже можно было нагружать.

Летом 1898 года на выставке силовых машин в Мюнхене демонстрировалось несколько дизель-моторов, как их теперь стали называть.

Двигатели эти работали на керосине, который впрыскивался в цилиндр с помощью струи сжатого в специальном компрессоре воздуха.

Действительно, оказалось, что коэффициент полезного действия у дизель-моторов выше, чем у газовых и бензиновых двигателей, работающих с небольшим сжатием и с воспламенением от искры, и в этом смысле он был всё же «рациональным».

Дизель-моторами заинтересовался весь мир.

Но... первый керосиновый дизель-мотор, поставленный для производственной работы на спичечной фабрике «Унион» в Камптоне, не оправдал возлагаемых на него надежд. Одна деталь за другой выходила из строя. В двигателе развивались высокие давления и высокие температуры. То и дело двигатель приходилось останавливать на ремонт. Администрация фабрики шумно выражала свое негодование.

Дурные вести расползлись по всем странам. Вера в новый двигатель падала.

Русский двигатель

Профессор Санкт-Петербургского Практического Технологического института Георгий Филиппович Депп, присутствуя на съезде Общества германских инженеров, внимательно выслушал сообщение Рудольфа Дизеля о новом двигателе.

«Как нужен был бы России такой двигатель! — думал

Депп, рассматривая чертежи, вывешенные докладчиком. — Сколько мелких предприятий, электростанций можно было бы обеспечить экономичным, компактным мотором! А если к тому же заставить его работать не на керосине, а на сырой нефти,— можно было бы выбросить из употребления нефтянки, эти пожиратели жидкого топлива».

В перерыве Депп подошел к Дизелю с вопросом:

— Скажите, не имеете ли вы намерения поручить изготовление двигателей вашей системы не только американским, английским, немецким, бельгийским, французским, но и русским заводам?

Дизель, старый знакомый Деппа еще по студенческой скамье, взял русского профессора под руку и смущенно ответил:

— Право, не знаю. Для изготовления деталей двигателя нужна безукоризненная точность обработки. Я сомневаюсь в том, что механическое дело настолько подвинуто в России, что уже можно русским заводам поручить столь сложные и ответственные работы.

Депп горячо и убедительно стал доказывать Дизелю, насколько он заблуждается, пользуясь неправильной информацией о России. В России к тому времени уже успешно осваивались сложные артиллерийские механизмы и точнейшие машины, не говоря уже о насосном и прочем оборудовании этого типа.

Выслушав Деппа, Дизель изъявил согласие продать свои патентные права и русским фирмам.

Такой фирмой, пожелавшей начать постройку нового двигателя, была фирма «нефтяных королей» — «Братья Нобель».

Это была богатая фирма, эксплуатировавшая нефтяные источники Баку и имевшая свой машиностроительный завод в Петербурге, на Выборгской стороне. Глава фирмы миллионер Нобель вовсе не стремился дать русской промышленности новый двигатель. Его прельщало только одно обстоятельство: двигатель работает на жидком топливе, двигатель удобен, экономичен, — его охотно будут приобретать, а следовательно, и спрос на горючее поднимется.

Нобель, как и Депп, считал, что было бы совсем хорошо, если бы удалось построить новый двигатель, работающий на сырой нефти.

И вот перед инженерами машиностроительного завода «Людвиг Нобель» в Петербурге (ныне завод «Русский дизель») была поставлена новая техническая задача: создать двигатель, работающий с самовоспламенением от сжатия на сырой нефти.

Началась напряженная творческая работа. Около года длилось проектирование и изготовление первого русского двигателя с воспламенением от сжатия. Идя своими путями, инженеры завода «Людвиг Нобель» к концу 1899 года построили двигатель, работающий на сырой нефти.

В ноябре 1899 года председатель Русского технического общества профессор Депп получил приглашение завода провести испытание нового двигателя.

Тщательно поставленные испытания показали весьма высокие достоинства двигателя. Он работал четко, без перебоев, топливо — сырая нефть — сгорало полностью, отчего выхлопные газы были чистыми, почти бесцветными. Что же касается экономичности, то двигатель работал с таким КПД, который еще не достигался в других двигателях — 33—35%.

Докладывая членам Русского технического общества о результатах своих испытаний, Депп говорил:

— Безукоризненно выполненный нефтяной дизель-мотор пущен в ход, и я не могу не отметить, что именно у нас разрешен вопрос об экономичном тепловом двигателе. Только с переходом на нефть окончательно и бесповоротно решается судьба таких двигателей.

Вновь заговорил мир об экономичном двигателе, причем, желая подчеркнуть, что имеется в виду именно такой двигатель, какой был построен в России, в заграничных газетах и журналах стали часто называть новый двигатель «русским двигателем».

Можно работать и в два такта...

В тот самый 1878 год, когда громко, на весь мир заявил свое право на существование четырехтактный двигатель внутреннего сгорания Отто, англичанин Дуглас Клерк, адвокат по образованию и инженер по призванию, предложил еще один оригинальный двигатель.

Двигатель Клерка должен был работать не в четыре такта, а в два.

И действительно, если глубже вдуматься в процесс работы четырехтактного двигателя, разве не напрашивается сам собой вопрос: нельзя ли получать вспышку в цилиндре чаще, не через оборот, а подряд, за каждый оборот вала?

Ведь что происходит за первый такт? Поршень идет вниз и всасывает рабочую смесь в цилиндр.

А за второй такт? Поршень идет вверх и сжимает рабочую смесь.

Ну, а за третий такт? Поршень идет вниз, совершается рабочий ход, газы расширяются.

И, наконец, за четвертый такт? Поршень идет вверх, выталкивая отработавшие газы, опорожняя цилиндр.

Как будто бы все четыре такта необходимы. Приходится мириться с тем, что первый и четвертый такты вроде как бы вспомогательные, то есть один оборот вала тратится на очистку и наполнение цилиндра. Без свежего заряда двигатель не смог бы и работать.

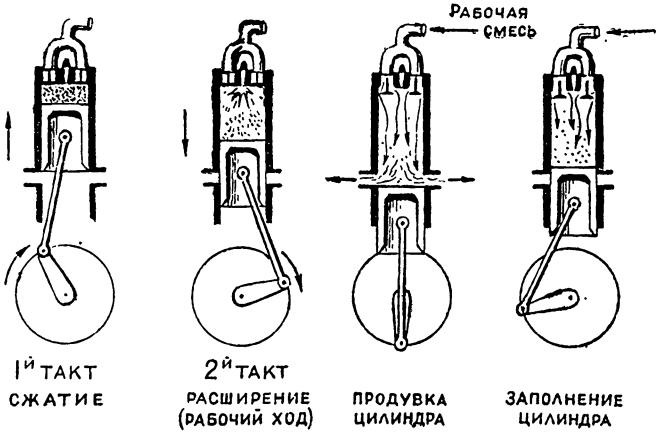


Схема работы двухтактного двигателя с прямоточной продувкой.

И, тем не менее, было бы куда целесообразнее, если бы каждый ход поршня вверх использовался для сжатия, а с каждым ходом вниз поршень совершал бы полезную работу. Тогда количество вспышек удвоилось бы, удвоилось бы за то же время количество рабочих ходов, а следовательно, — удвоилась бы и мощность двигателя.

Но как быть с очисткой цилиндра и с зарядкой его новой смесью?

И вот выход предложен.

Пусть через верхние клапаны всё время поступает свежий заряд рабочей смеси, а внизу цилиндра пусть будут вырезаны окна, через которые уйдут отработавшие газы. Тогда первым тактом, когда поршень пойдет вверх, он своим телом закроет нижние окна, и, если в цилиндре есть свежий заряд, он его сожмет. К концу первого такта (сжатия) в цилиндр

будет подана электрическая искра, — произойдет вспышка и поршень пойдет вниз, совершая второй такт — расширение, рабочий ход. Но поршень в конце хода вниз откроет окна, и отработавшие газы устремятся через окна наружу. При этом специальным механизмом откроются также и клапаны в крышке, через которые особым насосом будет нагнетаться свежая рабочая смесь. За время, пока окна остаются открытыми, свежий поток газа должен успеть вытеснить отработавшие газы — «продуть» цилиндр. Затем, когда поршень, возвращаясь к верхней мертвой точке, вновь перекроет выхлопные окна, свежая рабочая смесь поступит через клапаны в цилиндр, заполнит его объем, зарядив для очередного сжатия.

Таким образом, вместо двух насосных тактов (всасывания и выхлопа) здесь появится процесс продувки цилиндра. Теперь уже за каждый оборот можно получить рабочий ход.

Казалось бы, новый двухтактный двигатель, позволяющий развить при тех же размерах цилиндра почти удвоенную мощность, должен перенять пальму первенства у двигателя четырехтактного.

Но этого не произошло.

Оказалось, что продувать цилиндры рабочей смесью дело не выгодное, — много топлива уносится вместе с выхлопными газами через продувочные окна. И четырехтактный двигатель стал господствовать.

Лишь в некоторых «нефтянках», где цилиндр мог продуваться и заполняться не смесью топлива с воздухом, а чистым воздухом (топливо впрыскивалось в цилиндр в конце хода сжатия), двухтактный процесс еще находил применение.

Однако, как только получили широкое распространение дизель-моторы, о двухтактном цикле вспомнили всерьез. Дизель-мотор не «нефтянка» — это экономичный тепловой двигатель, но коль скоро в цилиндр дизеля также засасывается не рабочая смесь, а воздух, который и будет продувать цилиндр, то прямой смысл двухтактный процесс применить и здесь. Ведь воздуха не жалко. Его можно подать побольше и очистить цилиндр получше.

Так появление дизелей открыло широкую дорогу еще одной разновидности двигателей внутреннего сгорания — двухтактным двигателям.

Первым начал работать над созданием двухтактных дизелей всё тот же завод «Людвиг Нобель» в Петербурге. Были построены специальные опытные цилиндры со стеклянными вставками, через которые наблюдался процесс продувки при разной форме и различном размещении продувочных и выхлопных окон.

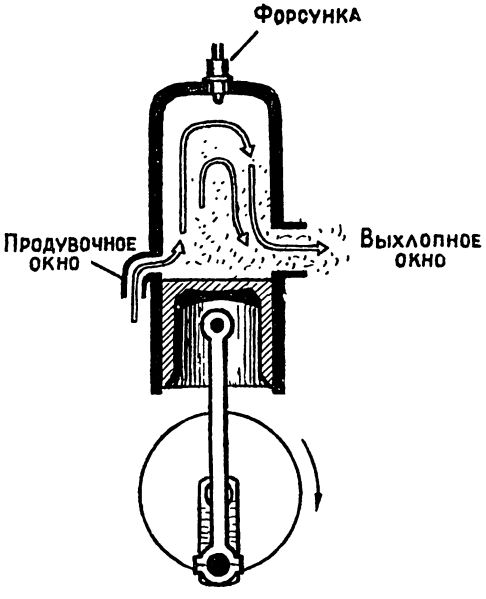


Схема петлевой продувки цилиндра двухтактного двигателя

Дело в том, что, кроме описанного выше способа продувки, который называется прямоточным, могут быть и другие способы — «петлевые».

При этих способах в крышке цилиндра нет клапанов, но зато в нижней части цилиндра имеется два ряда окон. Левую полуокружность занимают, например, продувочные окна, а правую — выхлопные. Выхлопные немного повыше; поэтому, опускаясь вниз, поршень сначала откроет эти окна, и отработавшие газы вырвутся наружу, а потом, когда поршень откроет и продувочные окна, в цилиндр через них начнет поступать нагнетаемый особой воздуходувкой воздух, который, обходя цилиндр «петлей», вытеснит через всё еще открытые выхлопные окна остаток отработавших газов. К концу продувки цилиндр окажется заполненным чистым воздухом, и поршень, поднимаясь вверх, перекрывая сначала продувочные, а затем и выхлопные окна, начнет сжатие свежего заряда.

Следует заметить, что со временем двухтактные дизели получили столь же широкое распространение, как и четырехтактные, а для мощных установок даже преобладающее.

Судьба Дизеля и дизелей

Двигатели с воспламенением от сжатия теперь называют дизелями. Но, как вам уже известно, первый дизель, который решил всю дальнейшую судьбу этого двигателя, был построен не Рудольфом Дизелем, а на русском машиностроительном заводе. И хоть не верил изобретатель в возможности русской промышленности, но именно в России было доказано, что нефтяной экономичный двигатель можно построить.

Надо сказать, что и в дальнейшем развитии этого двигателя много труда и конструкторской мысли было вложено русскими инженерами..

Рудольф Дизель, владея патентом, выдавал разрешения фирмам разных стран строить двигатель с воспламенением от сжатия лишь по своему усмотрению. Это сдерживало широкое развитие двигателя.

Только с 1908 года, после истечения срока патента, строительство дизель-моторов получило широкий размах.

Новый двигатель стал быстро совершенствоваться, всё дальше удаляясь от своего прообраза — первого двигателя Дизеля.

Рудольф Дизель, как и Отто в свое время, выдержал серию судебных процессов, где доказывалось, что всё, чем отличается новый двигатель, — высокое сжатие, самовоспламенение и постепенное сгорание, — уже предлагалось до него другими конструкторами. И многие из подобных утверждений имели к тому веские основания. Это лишний раз доказывало, что творчество многих и многих инженеров, техников и изобретателей подготовляло рождение новой машины. Должен был лишь появиться тот, кто сумел бы своей энергией и настойчивостью добиться претворения в жизнь созревшей идеи. Такими изобретателями были Ленуар, Отто и, наконец, Дизель.

Рудольф Дизель погиб при загадочных обстоятельствах. В 1913 году он отплыл на пароходе «Дрезден» из бельгийского порта Антверпен в Англию. Однако в английский порт Харвии пароход пришел без Дизеля. Вероятно, во время шторма Дизель был подхвачен и унесен в море нахлынувшей волной. Были, однако, и предположения об убийстве изобретателя по приказу германского генерального штаба из боязни, что накануне носившейся в воздухе войны Дизель передаст англичанам сведения о новых двигателях на немецких подводных лодках.

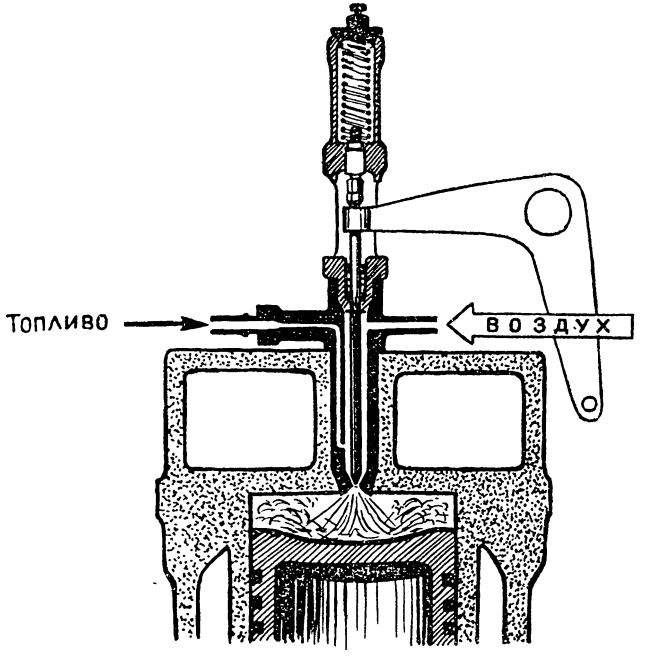
Некоторые считали, что утомленный борьбой Дизель покончил жизнь самоубийством, бросившись в воды океана. Таков трагический конец еще одного изобретателя в капиталистическом мире.

Но дизели продолжали свое победное шествие.

* * *

К директору Путиловского завода в Петербурге обратился студент технолог Тринклер с предложением построить двигатель высокого сжатия, который бы отличался от других дизелей тем, что для обеспечения впрыскивания топлива в цилиндр не требовалось бы строить специальный компрессор. Это было в 1898 году, на самой заре дизелестроения.

Действительно, сразу же, как только первые дизели получили распространение в промышленности, всем стало ясно, что основным недостатком нового двигателя является необходимость в компрессоре. Из общего числа цилиндров двигателя два, а то и три приходилось отводить под компрессор. В этих компрессорных цилиндрах не происходило сгорания топлива,



Так распыливалось жидкое топливо с помощью сжатого воздуха в компрессорных дизелях.

а только сжимался воздух. Сжатый воздух подавался к форсунке, где он встречался с топливом и увлекал его дальше, в рабочий цилиндр, раздробляя жидкую струю на мельчайшие капельки.

Воздуха для распыливания топлива во всех цилиндрах требовалось много, и компрессор всё время работал, отбирая на себя часть мощности, утяжеляя машину, делая ее большой по размерам.

Вот почему предложение студента Тринклера заинтересовало Путиловский завод.

Надо сказать, что и сам Дизель об этом много думал, но ему ничего не удалось сделать для ликвидации компрессора.

Тринклер же предложил отказаться от компрессорных цилиндров, а в крышке каждого рабочего цилиндра сделать маленький компрессор, который бы сжимал лишь столько воздуха, сколько требуется, чтобы обеспечить только один впрыск после каждого такта сжатия. Такой цилиндрик с маленьким поршеньком занимал мало места, а приводился поршенек в движение толчком от специального механизма как раз в тот момент, когда нужно было впрыснуть топливо.

Предложение русского студента Тринклера явилось первым практическим шагом к созданию бескомпрессорного дизеля.

В царской России было в моде преклоняться только перед заграничными новинками, и Тринклеру пять лет пришлось добиваться патента на свое изобретение. Путиловский же завод, сначала взявшись горячо, потом, с приходом нового директора, перестал помогать изобретателю, и Тринклер вынужден был уехать в Германию, чтобы там построить свой двигатель. У Тринклера появились последователи, и работа над бескомпрессорным дизелем началась сразу в ряде стран.

В этой же области значительный вклад сделал еще один русский изобретатель — Яков Мамин. Этот, в то время молодой, талантливый самоучка-механик решил добиться впрыска топлива в цилиндр вообще без помощи воздуха.

Работая с «нефтянками», Мамин построил специальный топливный насос, который мог бы создавать большие давления и впрыскивать через форсунку топливо в цилиндр. Потом, в 1908 году, он построил на небольшом заводе в Балаково (на Волге) свой первый двигатель высокого сжатия, который им был назван «русским дизелем», чтобы тем самым обеспечить его распространение.

В «русском дизеле» впрыск топлива производился без сжатого воздуха: в нужный момент кулачок набегал на поршенек топливного насоса, и тот под высоким давлением продавливал топливо через отверстия форсунки, отчего оно дробилось на мелкие капли, то есть распыливалось.

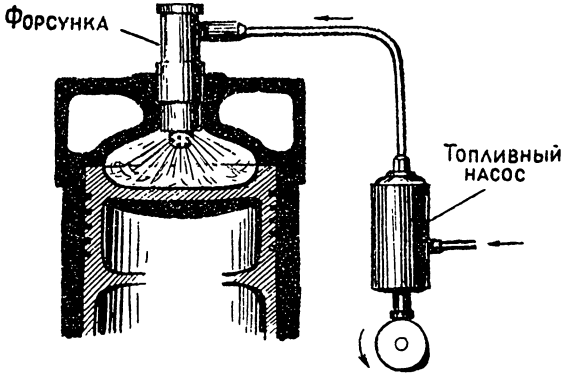
Это был еще несовершенный, но в полном смысле слова бескомпрессорный дизель.

Именно по этому пути и пошли в дальнейшем конструкторы,— по пути насосного распыливания. И надо заметить, что полностью избавиться от компрессора, наладив хорошее распыливание бескомпрессорным способом при хорошем перемешивании капелек топлива с воздушным зарядом цилиндра, удалось лишь в 20—30-х годах нашего века.

Теперь уже нет ни одного завода в мире, где бы строили двигатели с компрессорами.

Оба изобретателя — и Густав Васильевич Тринклер и Яков Васильевич Мамин — дожили до наших дней.

Густав Васильевич Тринклер еще и поныне является профессором Горьковского института инженеров водного транспорта. Несмотря на свой преклонный возраст, он и сейчас руководит работами по созданию двигателей внутреннего сгорания новых разновидностей; а Яков Васильевич Мамин, которому принадлежит также честь изобретения первых тракторов



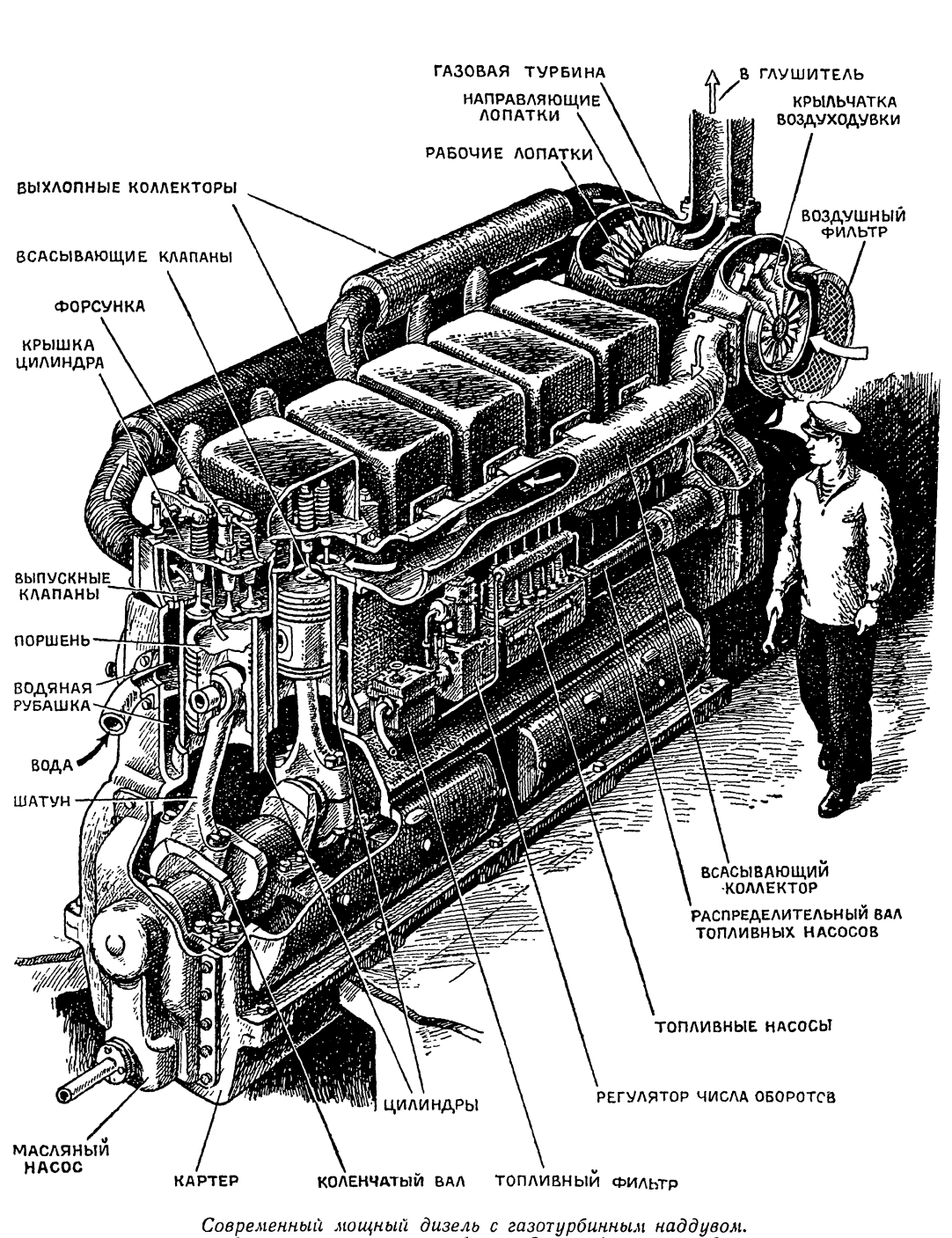
Так распыливается жидкое топливо в бескомпрессорных дизелях.

с двигателями внутреннего сгорания, до последнего времени по день своей смерти работал в Челябинском институте механизации сельского хозяйства, став за годы советской власти из самоучки-механика кандидатом технических наук.

Вспомним, в каком подавленном состоянии духа, оставшийся один, без поддержки окончил свой жизненный путь Дизель. И разве не ярким примером обратного является интересная, полная творческого труда старость двух других изобретателей, которым посчастливилось вторую половину жизни прожить в стране социализма, окруженными заботами и поддержкой народа!

* * *

Итак, двигатели с самовоспламенением топлива, которые до наших дней сохранили короткое название дизелей, отличаются значительно от первых двигателей Рудольфа Дизеля.



Современный мощный дизель с газотурбинным наддувом.
Выхлопные газы двигателя вращают турбинку. От турбинки приводится в движение воздухонагнетатель, который гонит в цилиндры двигателя воздух под повышенным давлением. От этого цилиндр «заряжается» бо́льшим количеством воздуха, сюда впрыскивается и бо́льшее количество топлива. А значит, и мощность в цилиндре двигателя с наддувом развивается бо́льшая, чем в цилиндре двигателя без наддува.

Сейчас это машины высокого класса, оборудованные сложными системами управления, развивающие большие мощности.

Изготовляли (правда, отдельные экземпляры) многоцилиндровые дизели мощностью до 22 000 лошадиных сил.

Вообще же есть дизели и малых мощностей — от 1,5 до 150 лошадиных сил,— и средних мощностей — от 150 до 800 лошадиных сил,— и более крупных мощностей — от 800 лошадиных сил и выше, до 10—12 тысяч лошадиных сил.

Такой широкий диапазон мощностей позволяет применять дизели и для тракторов, и для электростанций, и на железной дороге, для тепловозов, и на судах — теплоходах.

Особое значение в современной технике приобретают дизели больших мощностей.

В директивах XX съезда КПСС ставится перед нашей промышленностью весьма важная задача:

«Организовать серийное производство новых мощных тепловозных, судовых и стационарных дизелей».

Это должны быть современные двигатели, развивающие мощность по нескольку тысяч лошадиных сил. Такие двигатели нужны для отечественных тепловозов. Тепловозы вместе с электровозами призваны заменить на железнодорожном транспорте малоэкономичные паровозы. Вспомним о том, что паровые машины, которые двигают паровозы, ведь очень невыгодные тепловые двигатели, — в них используется полезно только 3—4% тепла, выделяющегося при сгорании угля.

А в тепловозах?

Но ведь эти локомотивы оборудуются дизелями, дизели же пока являются самыми экономичными тепловыми двигателями, — их коэффициент полезного действия равен 35%, а в ряде случаев и выше.

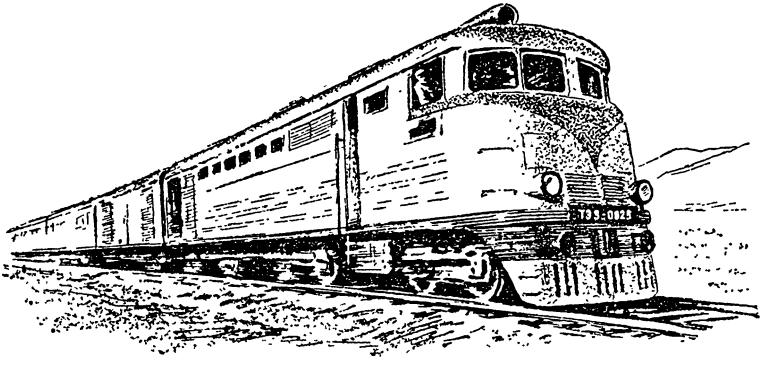
Какое имеет значение замена паровозов тепловозами для железнодоржного транспорта нашей страны, представить себе нетрудно.

Раз у дизеля коэффициент полезного действия более чем в 10 раз превышает коэффициент полезного действия паровой машины, то вес потребного для тепловозов жидкого топлива оказывается значительно меньше, чем вес угля, требующегося для паровозов.

Значит, для перевозки тех же грузов и на те же расстояния тепловозам потребуется меньше топлива. От этого стоимость перевозок удешевится.

Тепловозу не надо возить с собой большие топливные запасы, отчего он сможет перевозить больше полезного груза. На

станционные склады тоже не придется завозить много запасов топлива, а значит, те поезда, которые были заняты перевозкой угля для железных дорог, теперь будут перевозить полезные грузы для промышленности и сельского хозяйства. Тепловозы не нуждаются и в частой заправке водой, как этого требуют паровые котлы. В результате тепловозные составы будут меньше времени терять на стоянки, а их средняя скорость движения возрастет. Грузы будут скорее доставляться на место назначения. Тепловозы смогут вести составы по безводным степям и пустыням.



Мощный советский тепловоз «ТЭ-3».

Было подсчитано, например, что в 1954 году перевозки грузов тепловозами на дорогах нашей страны стоили в два с половиной раза дешевле, чем паровозами. А на тех дорогах, где ощущались трудности в снабжении водой, тепловозные перевозки оказывались дешевле почти в пять раз!

Там, где стали использоваться тепловозы, вес топлива, подвозимого к заправочным станциям, оказался в 13 раз меньше, чем прежде. Если средние скорости паровозных составов равны 30—40 километрам в час, то тепловозные составы идут со скоростями 70 километров в час и смогут в дальнейшем делать до 100 километров в час.

В Советском Союзе первый тепловоз был построен еще в 1924 году, по прямому указанию Владимира Ильича Ленина. Мощность этого тепловоза равнялась одной тысяче лошадиных сил. Это был, пожалуй, первый в мире построенный тепловоз.

Количество тепловозов, курсирующих по дорогам нашей страны, увеличивалось с каждым годом. Однако потребности также быстро возрастали. За годы шестой пятилетки количество выпускаемых тепловозов должно возрасти в 12 раз.

Что же касается паровозов, то время этих локомотивов прошло, и строить их заводы больше не будут.

Мощные дизели нужны морскому и речному флоту. Правда, кроме дизелей морские суда двигаются от паровых или газовых турбин, но всё больше и больше теплоходов, снабженных мощными дизелями, начинают бороздить воды морей и океанов. На речных же судах дизель становится основным первичным двигателем.

Мы можем с удовлетворением отметить, что первой страной, построившей теплоход, была наша страна. В 1903 году завод Нобеля в Петербурге построил дизельное нефтеналивное судно «Вандал». В следующем году на том же заводе был построен еще один такой же теплоход. К 1912 году во всем мире насчитывалось 15 теплоходов с мощностью двигателей от 600 до 1000 лошадиных сил, из них 14 таких теплоходов принадлежало России.

Какие преимущества имеет теплоход по сравнению с пароходом? Современный пароход, как нам известно, имеет в качестве двигателя паровую турбину. Пар при этом вырабатывается в паровом котле, в топке которого сжигается либо уголь, либо нефть. Коэффициент полезного действия судовых паровых турбин оказывается ниже коэффициента полезного действия дизелей. Значит, и на теплоходах, так же как и на тепловозах, надо меньше хранить топлива. А если теплоход снабдить такими же топливными запасами, то он увеличит свой район плавания. Так, при движении на самых больших скоростях теплоход может без наполнения топливом пройти путь раз в пять длиннее, чем паротурбоход.

У дизелей есть и другие преимущества — они не дымят, легко и быстро запускаются, легко управляются. Всё это очень важно для судна.

Наконец, как сказано в директивах XX съезда Коммунистической партии, нужен выпуск и мощных стационарных дизелей.

Стационарные двигатели — это те, которые работают не на транспортных установках, а на электростанциях, на насосных станциях, на компрессорных станциях.

Среди тепловых электростанций сейчас не так много дизельных. Основной двигатель здесь, как мы знаем, — паровая турбина. Но в ряде случаев, например в нефтедобывающих районах, в степных районах, если не требуется очень больших мощностей, есть смысл сооружать дизельные электростанции.

Вернемся к „старичкам“

Дизели — наиболее «молодые» двигатели внутреннего сгорания. Но и «старички» — газовые двигатели и двигатели карбюраторные — еще не отошли в область преданий. До сих пор они несут свою службу. Правда, их тоже коснулось время. Они уже не похожи на своих праотцев, они стали совершенней и заняли свое особое место среди других двигателей.

Газовые двигатели — самые старые, им от роду скоро будет сто лет (если вести счет годам от двигателя Ленуара), но они еще нужны народному хозяйству. В них попрежнему сжигается и природный газ и светильный газ. Современные двигатели работают и на так называемом газогенераторном газе.

Что такое газогенератор? Это устройство, вырабатывающее газ. Вы помните, как в колбе Лебона появился горючий газ? Деревянные опилки сжигали при малом доступе воздуха. На этом, собственно, принципе работают и современные газогенераторы. Стоит особая печь, в нее заваливают дрова, торф или уголь, там топливо тлеет, а горючие газы засасываются двигателем прямо из этой печи — газогенератора. По пути в двигатель газы проходят фильтры, холодильники, — в цилиндры они попадают чистые и несколько охлажденные.

Чем удобен газогенераторный двигатель? Да тем, что он работает на любом местном топливе. Вот, например, на лесоразработках, — здесь много древесных отходов, а нефть или бензин подвозить сюда далеко и сложно, дороги плохие. Выручает двигатель с газогенератором. И на автомашине и на передвижной электростанции и на тракторе-лесовозе — везде можно применить такой двигатель.

Однако надо заметить, что газогенератор — капризное устройство и газ подается в двигатель не всегда хорошего качества. Большое значение имеет вид топлива, которое сжигается. Это топливо, например, должно быть не очень влажным, мало содержать смол, иначе двигатель будет работать плохо, с недостаточной мощностью, а топлива уйдет много. От смол же быстро загрязнятся клапаны, появится слой нагара на поршне и двигатель придется часто промывать бензином, чистить.

Поэтому газогенераторный двигатель оказывается и не всегда выгодным. Если таких двигателей много — например, на лесоразработках, — то можно организовать большое вспомогательное хозяйство по подготовке топлива, просушке его. Тогда это обойдется в общем недорого и газогенераторные двигатели можно использовать. Но там, где требуется всего

один-два двигателя, там часто предпочитают применять дизели, даже если вокруг много леса или торфа.

Но особое значение сейчас приобретают другие газовые двигатели, работающие на природном или промышленном газе. Природный, подземный, газ в изобилии выделяется на нефтеразработках.

Есть районы, где под землей скопились такие запасы газа, что его подают по длинным трубопроводам (газопроводам) в города. Вот на этом газе могут работать двигатели, обслуживающие такие районы.

Много горючего газа выделяется и в промышленности; наряду с газовыми турбинами, о которых будет сказано ниже, этот газ могут использовать и газовые поршневые двигатели.

«Старичок» помоложе — бензиновый карбюраторный двигатель — тоже еще не сошел со сцены. На легковых автомобилях, мотоциклах, речных катерах и моторных лодках этот двигатель пока преобладает.

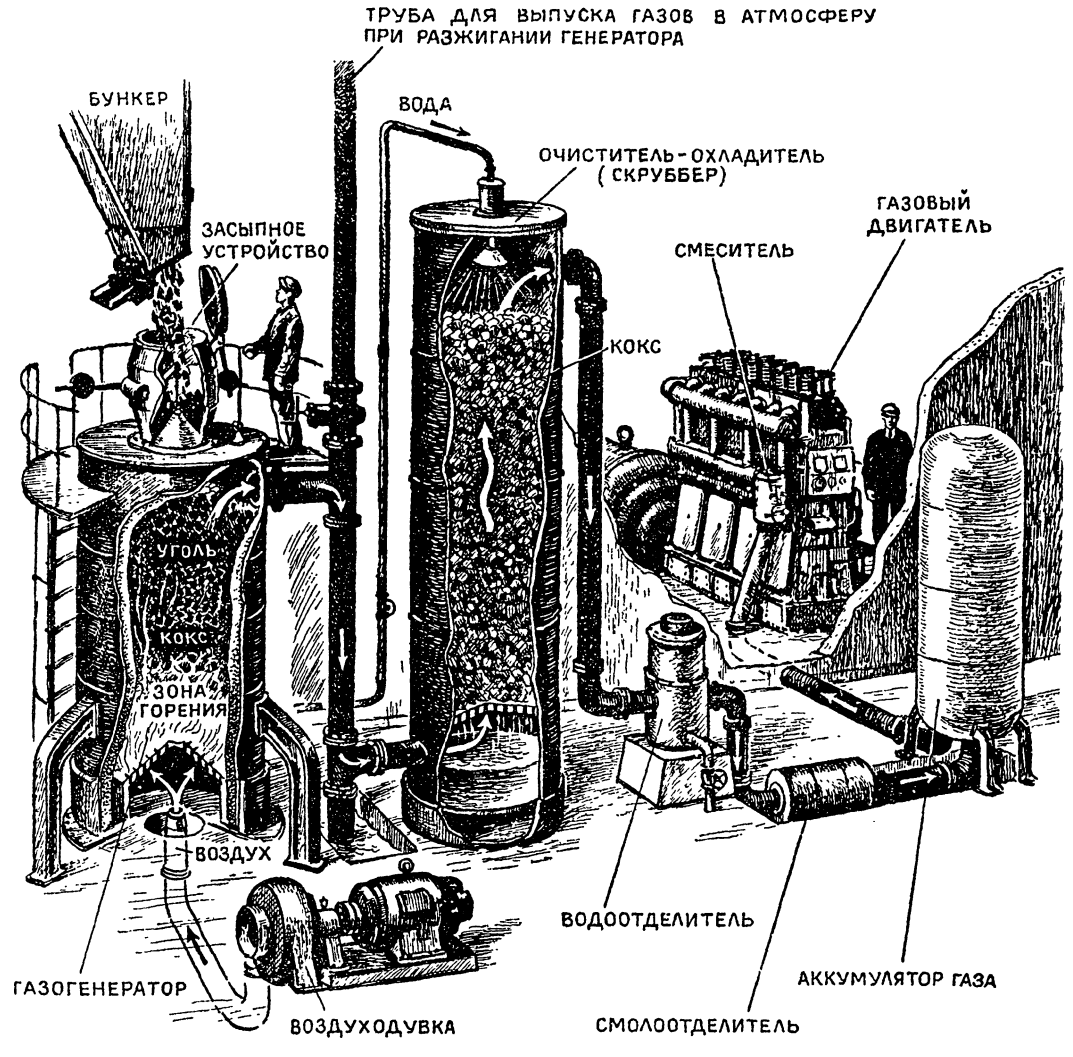
Внутри цилиндра бензинового двигателя, работающего с воспламенением от искры, степень сжатия ниже, чем в цилиндре дизеля, где воздух сжимается до более высоких давлений. Там, как мы знаем, сжимаемый воздух нагревается до значительных температур, при которых уже не надо электрической искры, — происходит самовоспламенение топлива.

При меньшей степени сжатия в бензиновых двигателях образуются и меньшие давления в цилиндре от вспышки рабочей смеси. Это означает, что детали таких двигателей — коленчатый вал, шатун, поршень — можно делать не такими прочными и массивными, как у дизелей. Ну, а более легким деталям можно разрешить вращаться быстрее. Опасные, разрушающие центробежные силы у них возникают на более высоких оборотах, чем у тяжелых деталей дизеля.

Значит, бензиновые двигатели могут работать при более высоких оборотах. Но, чем чаще двигается поршень в цилиндре, чем чаще происходят вспышки, тем бóльшую мощность развивает двигатель. Вот и выходит, что легкие бензиновые двигатели могут вместе с тем развивать сравнительно большие мощности.

Правда, такие двигатели менее экономичны, чем дизели, но зато для легковых автомобилей, мотоциклов, моторных лодок, катеров они очень удобны, — мало занимают места. От этого и сами автомобили, мотоциклы и лодки могут быть небольших размеров, но сильными и подвижными.

Наконец, еще один «старичок» — «нефтянка». Ей бы давно пора сойти со сцены, — уж больно неэкономичный этот двигатель — «пожиратель нефти». Однако так велика нужда нашего



Газогенераторная установка с газовым двигателем.

народного хозяйства в малых двигателях внутреннего сгорания и так прост этот двигатель, что до сих пор, правда в очень небольшом количестве, этот двигатель строится заводами.

Но можно с уверенностью сказать, — «нефтянка» доживает последние дни. Простой, надежный и экономичный дизель скоро повсюду заменит этот устаревший двигатель.

...Так мы познакомились с путями становления особого класса двигателей, где превращение тепловой энергии в механическую происходит путем сгорания топлива непосредственно внутри рабочих цилиндров. Мы теперь знаем, каковы те разновидности двигателей внутреннего сгорания, которые существуют и поныне. Мы, наконец, вкратце познакомились с тем, где какой тип этих двигателей находит свое применение.

Паровые машины, паровые турбины, поршневые двигатели внутреннего сгорания — это двигатели, прочно вошедшие в нашу жизнь. Но беспокойный, неутомимый человеческий разум продолжает отыскивать еще более совершенные способы получать двигательную силу. Открываются новые виды энергии, новые прочные материалы, создаются новые конструкции двигателей.

На наших глазах рождается новая энергетика.

Еще пятнадцать-двадцать лет назад с трудом верилось, что такие двигатели, как газовые турбины или реактивные моторы, когда-либо удастся построить и применить практически.

А сегодня эти двигатели уверенно входят в жизнь, найдя свое место в технике.

Еще совсем недавно — пять-десять лет назад — о создании атомного двигателя говорили, как о далекой и заманчивой перспективе.

А сегодня в Советском Союзе уже работает промышленная электростанция на атомной энергии.

Следующие главы этой книжки и будут посвящены двигателям, вступающим в жизнь.

Глава V

ГАЗОВАЯ ТУРБИНА

Как домового работать заставили...

Итак, мы начинаем рассказ о тех двигателях, которые в наши дни переживают свой детский или юношеский возраст и которым предстоит в недалеком будущем сыграть очень важную роль в дальнейшем развитии техники.

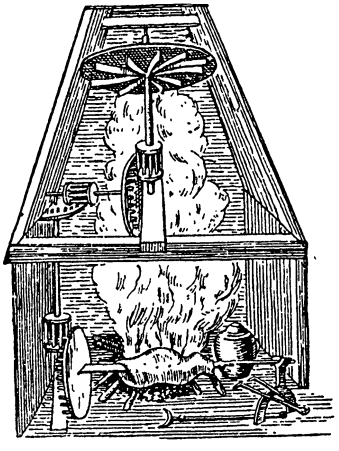
Но разговор об одном из двигателей будущего мы хотим начать с... домового. Да, да, с того самого домового, который теперь живет только в народных сказках и который сравнительно недавно жил... в печке или дымоходе почти каждой крестьянской избы. Вы улыбаетесь? Но забитым и замученным крестьянским ребятам тех времен казалось, что это правда, что действительно кто-то живой завывает в трубах. Да и не только ребятам...

Представьте себе харчевню XVII века, стоящую на перекрестке оживленных дорог. В темные зимние вечера, когда на улице лютая стужа, к гостеприимному огоньку стекаются запоздалые путники.

В большом очаге, на вертеле, жарится жирная баранина... Путник с удовольствием вдыхает в себя вкусные запахи, торопясь разматывает свой башлык и, желая скорее согреться, направляется к очагу...

Каково же его удивление! Он вдруг замечает, что баранья туша вместе с вертелом непрерывно поворачивается без всякой помощи человека. Да, вертел нужно поворачивать, чтобы равномерно прожарить тушу, но обычно это делает человек, а тут...

И, наверно, немало находилось простаков среди путников, которые верили хитрому хозяину, что на него работает сам домовой, что домового он заставил вращать вертел.



«Механический домовой» — газовая турбина, вращающая вертел с бараньей тушей.

Как же удавалось такому хитрому хозяину заставлять работать домового? Да так, как об этом писал еще в XV веке Леонардо да Винчи. В дымоходе ставили вертушку с лопастями, а от нее вниз на вертел шла передача, состоящая из валиков и так называемых цевочных колес. Кто же вращал эту вертушку? Конечно же, не домовой, а... дым! Поток проходящего от очага по трубе дыма, оказывается, обладает достаточной энергией, чтобы вращать вертел с тушей. Итак, вовсе не домового, а энергию дыма использовал хитрый хозяин харчевни для несложной, но всё же полезной работы.

Но, конечно, не дымовая вертушка является двигателем завтрашнего дня... Она лишь прообраз того двигателя, который теперь именуют: «газовая турбина».

Понятно, и не те газы, не тот дым, что выходит из печки через обычную трубу, заставляет работать современную газовую турбину.

Но идея нового двигателя имеет началом своего развития примитивную дымовую вертушку.

Еще один зигзаг

Мы уже говорили, что развитие техники подчас идет зигзагами. Появится интересная мысль, с величайшим трудом построят одну машину, работающую на новом принципе, а потом окажется,— не пришло еще время для таких машин. Или материалы плохие, — быстро машина выходит из строя, или не могут ее наладить, чтобы хорошо работала, — чего-то еще не изучили. А тут в жизнь всё прочнее и прочнее входит другая машина — пусть с точки зрения теории и менее совершенная, но зато надежная. Глядишь, и забыли про первую.

Но проходят годы, всё больше и больше накапливается человечеством технических знаний, находятся новые прочные материалы, открываются новые физические законы, появляются новые задачи и перспективы.

И вот снова всплывает старая идея, но теперь, на более высоком уровне техники, ее можно осуществить полностью. Она как бы вновь рождается, по-новому звучит и по-новому воплощается в жизнь.

Так получилось с паровой турбиной: сначала шар Герона, колесо Бранка, а потом паровая машина и, наконец, снова паровая турбина — уже работоспособный, мощный двигатель.

Так получилось с двигателем внутреннего сгорания: сначала пороховая машина Гюйгенса-Папена, затем паровые машины и, наконец, двигатель внутреннего сгорания во многих разновидностях.

Так получилось и с газовой турбиной.

Дымовая вертушка Леонардо да Винчи была первой газовой турбиной, — она вращалась от потока газа, полученного при сгорании топлива. В течение XVIII—XIX веков было заявлено много патентов на более усовершенствованные газовые турбины, которые могли бы не только вращать вертел, но и выполнить любую другую работу. Для этого такие турбины должны были иметь свои «печки», в которых бы сгорало топливо при повышенном давлении и высокой температуре, — высокая температура, как нам уже известно, необходима, чтобы от газа можно было бы получить бо́льшую полезную работу.

Разные изобретатели предлагали разные конструкции таких «печек» и разные конструкции самих турбин. Однако первой построенной газовой турбиной была турбина русского инженера Кузьминского.

Вы помните, как в магазин Шопена часто захаживал молодой инженер Павел Кузьминский? Это было в 1861 году, когда только-только появился двигатель Ленуара. Вы, наверное, помните и критическую заметку Кузьминского в журнале «Морской сборник», где автор предлагал путь к созданию более экономичного двигателя с предварительным сжатием воздуха? Обо всем этом говорилось уже в этой книге.

И вот, продолжая много и упорно работать над поставленной им же самим задачей, через тридцать с лишним лет, в 1897 году, умудренный опытом инженер построил новый двигатель внутреннего сгорания, но уже не поршневой, а турбинный. Это была первая в мире построенная в металле газовая турбина.

Если мы вспомним, что первая паровая турбина Лаваля была построена лишь немногим ранее (в 1890 г.), то нам станет понятным, что идея перехода от поршневых двигателей к турбинам, не покидавшая инженеров и прежде, вновь настоятельно требовала своего воплощения.

И если так много обещала в будущем паровая турбина, то еще больше надежд следовало возлагать на газовую турбину.

Действительно, обладая всеми преимуществами паровой турбины, она не требовала сооружения громоздких котлов и конденсаторов. Камера сгорания газа («печка») могла быть сделана малых размеров, а выброс газов мог так же, как и у поршневых двигателей внутреннего сгорания, производиться прямо в атмосферу.

Кроме того, чтобы получить пар с высокой температурой, как советовал Карно, нужно испарять воду в котле при высоких давлениях. Об этом мы говорили, вспоминая свойства пара. Между тем газы при сгорании топлива внутри камеры газовой турбины оказываются нагретыми до больших температур при сравнительно невысоких давлениях. Поэтому газовая турбина может быть легче по весу и проще по устройству, чем паровая турбина.

Но...

Высокие температуры! Карно доказывал, что, чем выше начальная температура рабочего тела в двигателе и чем ниже конечная его температура, тем лучше используется тепло для механической работы.

А вот практически материалы, из которых обычно делались лопатки турбин, не выдерживали высоких температур. Нужно было найти новые материалы. При низких же температурах коэффициент полезного действия газовых турбин оказывался тоже низким и строить их было невыгодно.

И еще одна причина мешала развитию газотурбостроения. В камеру газовой турбины надо всё время подавать сжатый воздух. Значит, всё время надо приводить в действие от той же турбины и компрессор. И вот вначале не умели рассчитывать турбины и компрессоры так, чтобы на свои нужды в этих установках тратилось мало энергии. Получалось, что машина громоздкая, а пользы от нее мало — полезная мощность невысокая.

И пока не были преодолены эти затруднения, развитие газовых турбин шло медленно. Зигзаг еще не мог сделать своего нового поворота.

Паровая же турбина, работавшая при более низких температурах и без компрессоров, пробивала тем временем себе дорогу и, как нам известно, стала основным двигателем тепловых электростанций.

А вот газовая турбина — та только в наши дни вновь начинает свой путь.

Газовая турбина внутреннего сгорания

Вы помните, Сади Карно предлагал осуществлять работу двигателя внутреннего сгорания так: сжимать воздушным насосом воздух, пропускать его затем через закрытую камеру, где происходит непрерывное сгорание топлива, и, далее, предоставлять этому воздуху действовать в цилиндре поршневого двигателя.

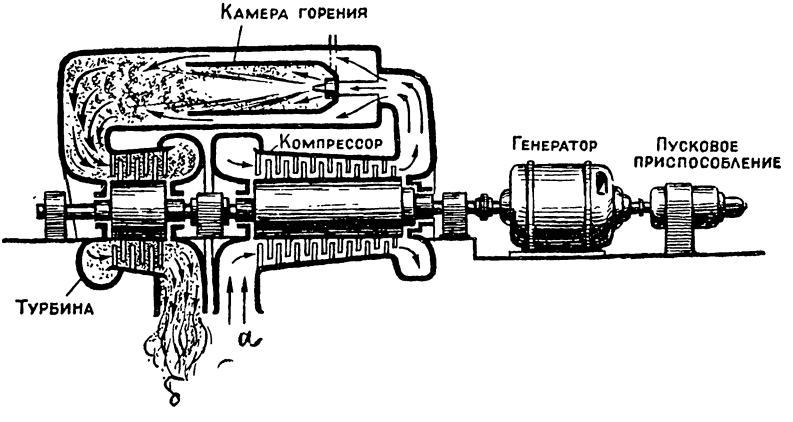


Схема работы газовой турбины внутреннего сгорания.

Вы знаете, что техника нашла иной способ создания непрерывного рабочего цикла поршневой машины — четырехтактный и двухтактный процессы. При этом воздух сжимается в том же цилиндре, куда подается топливо и где, расширяясь, он производит работу.

Однако идея Карно всё же нашла свое воплощение в схемах, по которым работают газовые турбины внутреннего сгорания.

Познакомимся с наиболее распространенным типом такой турбины, которая отличается тем, что сгорание топлива происходит при постоянном давлении в камере.

Посмотрим на рисунок. На нем в одну линию расположены четыре машины, составляющие газотурбинную установку. Машина, где при вращении вала происходит сжатие воздуха, всасываемого так, как показано стрелками «а», называется осевым компрессором, — воздух сжимается, проходя вдоль оси машины, с помощью лопаточных колес.

Компрессор подает сжатый воздух в специальную «печку» — камеру сгорания. Часть воздуха попадает внутрь жаровой трубы, куда бьет из форсунки струя жидкого топлива. Топливо здесь сгорает, — внутри жаровой трубы всё время горит факел.

Другая часть воздуха проходит между стенками жаровой трубы и наружного кожуха камеры сгорания. Таким способом охлаждается труба, и так как этот воздух далее смешивается с горячими газами, идущими изнутри жаровой трубы, то он несколько снижает также и температуру этих газов, — иначе в турбину их нельзя было бы пускать.

Теперь нагретые газы поступают в турбину. Там они расширяются, заставляя вращаться вал турбины. Таким образом, тепло, полученное газами при сгорании топлива, превращается прямо в механическую работу вращения. Поэтому к валу турбины можно непосредственно присоединять и вал компрессора и вал электрического генератора. Машина, обозначенная на рисунке, как «пусковое приспособление», — это пусковой электромотор, который нужен для того, чтобы раскрутить компрессор при пуске.

Итак, мощность, развиваемая турбиной, будет частично затрачиваться на вращение компрессора, но от этого еще толку мало. Ведь компрессор обслуживает самое же турбину. Вот та другая часть мощности, которую турбина отдает электрогенератору, — эта мощность будет полезной, ее можно использовать на внешние нужды.

Значит, задача инженеров состоит в том, чтобы создать установку, где как можно меньше мощности затрачивалось бы на привод компрессора и как можно больше — на привод электрогенератора.

Такая простейшая схема установки не позволяет получить коэффициент полезного действия турбины свыше 15—22% даже при температуре газа в 500—700° С.

Обычно нет смысла менять дизели или паровые турбины, где коэффициент полезного действия выше, на установки этого типа.

Но вот, если между компрессором и камерой сгорания поместить простой теплообменный аппарат — «регенератор», в котором всасываемый воздух подогревался бы выхлопными газами турбины, тогда будет использовано тепло и этих газов, отчего коэффициент полезного действия установки может даже превышать 30% и приблизиться к коэффициенту полезного действия лучших паровых турбин.

Ну, а если добавить еще некоторые устройства, то коэффициент полезного действия такой газовой турбины можно до-

вести до 35%, то есть догнать некоторые типы поршневых двигателей внутреннего сгорания.

Турбинная установка, о которой только что было рассказано, называется еще установкой открытой схемы. Так она называется потому, что рабочее тело — воздух — поступает из атмосферы (по стрелке «а»), а отработавшие газы тоже выбрасываются в атмосферу (по стрелке «б»).

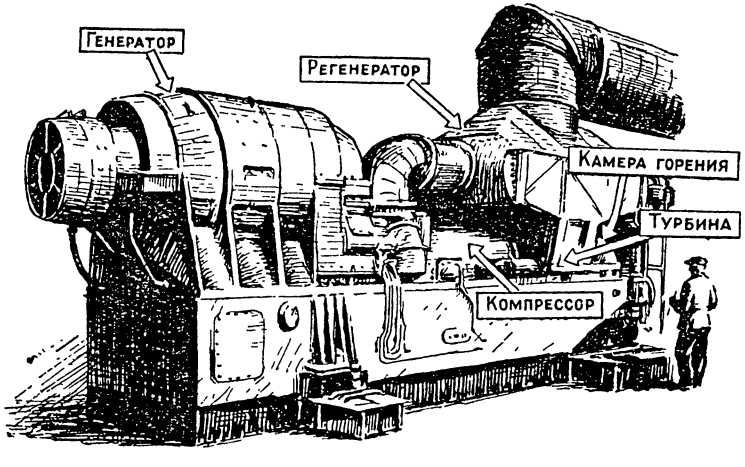
Посмотрим, как работает газотурбинная установка закрытой схемы.

Газовая турбина внешнего сгорания

Такая турбина тоже имеет компрессор, который нагнетает воздух. Но нагнетание происходит не в камеру сгорания, а в змеевик воздушного котла.

Воздушный котел имеет почти такую же топку, что и паровой котел. Только здесь теплом сгорания топлива нагревается не вода, а воздух, проходящий по трубам змеевика через топку. (См. рис. на стр. 134.)

Таким образом, компрессор, нагнетая воздух через котел, заставляет этот воздух нагреваться, отчего увеличивается его способность производить работу. Затем воздух проходит в полость турбины, совершает работу, расширяется и дальше не выбрасывается в атмосферу, а проходит через регенератор, холодильник и обратно к компрессору.



Здесь, на рисунке, показана одна из первых газотурбинных установок с регенератором, построенная нашими заводами.

Обратим внимание на два устройства: регенератор и холодильник.

Вы уже знаете, зачем нужен регенератор. Так же как отработавшие газы в турбине внутреннего сгорания, отработавший воздух здесь выходит еще с достаточно высокой температурой и своим теплом может подогреть воздух, поступающий из компрессора в котел. Этот подогрев и происходит в регенераторе.

А вот зачем холодильник?

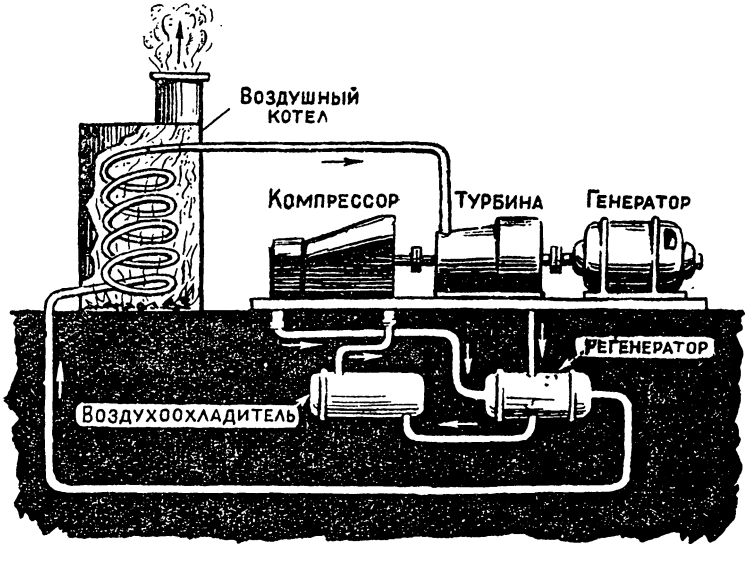


Схема газотурбинной установки замкнутого цикла (внешнего сгорания).

Но мы ведь уже знаем, что для работы теплового двигателя, кроме «источника тепла», должен иметься и «источник холода». То есть тепло должно не только подводиться, но и отводиться.

Вот холодильник и отводит от рабочего тела то тепло, которое осталось неиспользованным в турбине и регенераторе. При этом воздух перед поступлением в компрессор охлаждается, и мощность, которую надо затратить на привод компрессора, снижается.

Таким образом, рабочий воздух турбины совершает замкнутый путь: холодильник — компрессор — регенератор (подогре-

вается) — котел (нагревается до высокой температуры) — турбина (расширяется и охлаждается, совершая внешнюю работу) — регенератор (отдает тепло воздуху, поступающему в котел) — холодильник.

А что же является «источником холода», охладителем, в разомкнутой схеме? Там ведь нет холодильника!

Так же как и для двигателей внутреннего сгорания, этим источником является здесь наружная атмосфера.

Газотурбинную установку замкнутой схемы можно назвать еще и турбоустановкой внешнего сгорания, так как топливо здесь не соединяется с рабочим воздухом и сгорает в отдельном котле.

Настоящее и будущее газовой турбины

Не правда ли, — газотурбинные установки, с которыми мы только что познакомились, существенно отличаются от дымовой вертушки? А между тем первые промышленные турбины, которые появились лишь в 1936—1937 годах, работали, почти повторяя принцип этой вертушки.

Дело в том, что на некоторых химических заводах при получении основного продукта выделяется много горячих газов, уходящих в атмосферу. Вот и появилась идея — использовать энергию этих газов, поставить на их пути турбину.

Таким образом, первые современные газовые турбины не имели своей камеры сгорания, работали на энергии газов — отходов химического производства — и по существу повторяли «дымовую вертушку» Леонардо да Винчи...

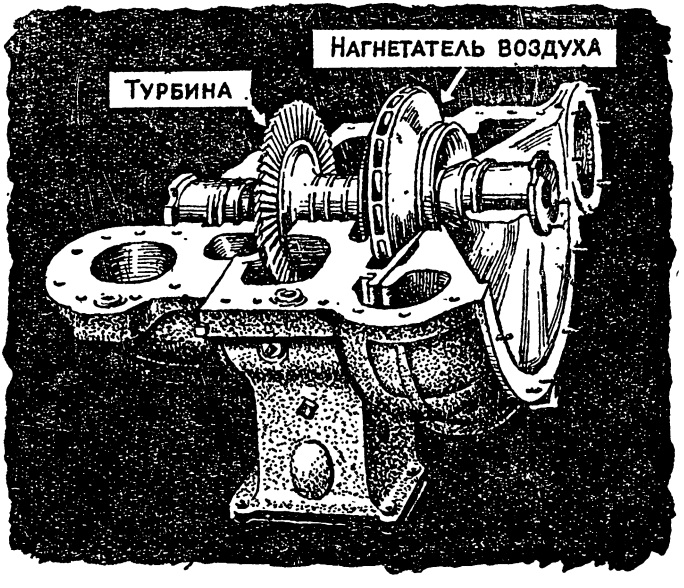
Однако эти «вертушки» были уже весьма мощными двигателями, — они развивали энергию около 7000 лошадиных сил.

Без собственной камеры сгорания работает и еще один тип газовых турбин — газотурбовоздуходувки двигателей внутреннего сгорания.

В 1905 году инженер Бюхи предложил использовать энергию выхлопных газов двигателя внутреннего сгорания в специальной турбине, которая приводила бы во вращение компрессор — воздуходувку, а та, в свою очередь, нагнетала бы в двигатель воздух для продувки (если двигатель двухтактный) и для наддува.

Что такое продувка, — вы знаете. А вот что такое наддув?

Если в цилиндр двигателя газ или воздух будет не просто засасываться под атмосферным давлением, а принудительно нагнетаться отдельным компрессором, то в цилиндре окажется



Газотурбовоздуходувка для дизелей (верхняя половина корпуса снята).

за тот же такт всасывания бо́льший по весу заряд свежей рабочей смеси, то есть произойдет «наддув» цилиндра.

Значит, и топлива при этом может сгорать больше, и тепла выделиться больше, и давления газов на поршень будут выше, и в целом возрастет мощность двигателя.

Теперь очень много таких двигателей, главным образом дизелей, которые работают с наддувом. В большинстве случаев этот наддув — газотурбинный.

Если говорить об области техники, где газовая турбина уже сегодня заняла прочное место, то речь должна идти именно о газотурбовоздуходувках для дизелей.

С помощью наддува удается значительно повысить мощность двигателя — почти в полтора раза, а иногда и больше.

Есть уже сейчас — и не мало — газотурбоустановок полного цикла, то есть работающих так, как было сказано ранее, — по разомкнутой или по замкнутой схеме. А в дальнейшем они будут распространяться всё шире и шире.

Где находят и будут находить применение газотурбоустановки полной схемы?

Посмотрите на рисунок. Вы видите разрез подземной газотурбоэлектростанции мощностью 4000 киловатт (почти 5500 ло-

шадиных сил). Небольшие размеры и небольшая потребность газотурбоустановок в воде позволяет создавать достаточно мощные электростанции под землей. А такие электростанции имеют оборонное значение, — они не прекратят работу при бомбежке или артиллерийском обстреле. Да и в мирное время очень удобно размещать тепловые электростанции под землей, — не занимают места на поверхности, не шумят, не загрязняют воздух выхлопными газами или дымом, который по подземным коридорам отводится далеко за черту города.

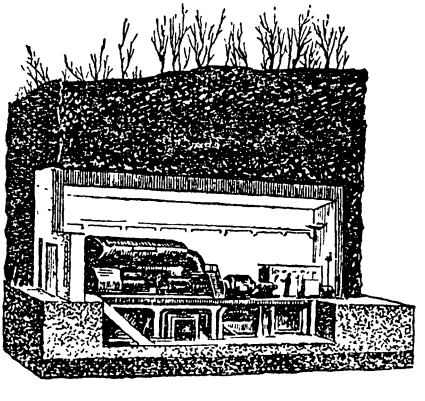
Но даже и для наземных теплоэлектростанций двигатель меньших размеров, конечно, следует предпочесть более громоздким — паровой турбине или двигателям внутреннего сгорания.

Например, в Америке, в штате Техас, работает тепловая электростанция на двигателях внутреннего сгорания. Дело в том, что воды в этом районе мало, — гидростанцию не поставишь, а вот из земли можно добывать естественный, природный, горючий газ. На этом газе и могут работать двигатели внутреннего сгорания. Так как энергия нужна для крупных заводов, то электростанция должна быть достаточно мощной. А мы знаем, что даже современные дизели свыше 7000 лошадиных сил строятся редко, для газовых же двигателей мощность в одном агрегате еще меньше. Вот и пришлось американским предпринимателям сооружать электростанцию, на которой установлено 194 двигателя и столько же электрогенераторов с общей мощностью 350 000 лошадиных сил!

А газовую турбину можно построить бо́льших мощностей в одном агрегате. Уже сейчас есть установки до 50 000 киловатт, а в будущем будут и еще более мощные. Значит, взамен 194 двигателей можно было бы установить 7—8 турбоустановок и получить ту же мощность.

Мощный двигатель, который мог бы работать на подземных газах, технике очень необходим. Особенно нашей социалистической технике.

Еще в 1888 году Дмитрий Иванович Менделеев предложил, вместо того, чтобы с огромными трудностями добывать каменный уголь в



Подземная электростанция с газовой турбиной.

недрах земли и подавать наверх, сжигать этот уголь прямо под землей. При этом будут образовываться горючие газы, которые сами легко поднимутся по трубам.

Владимир Ильич Ленин в 1913 году в статье «Одна из великих побед техники» горячо одобрил идею Менделеева. Ленин думал о том, сколько тяжелого труда в будущем социалистическом обществе можно будет сберечь методом подземной газификации.

Капиталисты-промышленники не очень-то заботились об облегчении труда углекопов. Им не хотелось вкладывать большие средства на освоение подземной газификации, тем более, что и потребители требовали не газы, а уголь. И лишь после Октябрьской революции, следуя указаниям великого Ленина, наши инженеры приступили к разработке методов подземной газификации.

Правда, эта очень сложная задача еще и до сих пор окончательно не разрешена.

Ведь требуется создать по существу огромные подземные газогенераторы, работающие без людей и подающие наверх газ нужного качества. Усилиями ученых и инженеров уже найдены способы газификации углей без прорытия специальных шахт. Подземные газогенераторы сейчас подготовляются к работе только с помощью скважин.

Возле города Тулы уже 12 лет успешно работает одна такая станция, снабжая предприятия города угольным газом.

В шестом пятилетии и в последующие годы подземная газификация получит у нас широкое распространение. И тогда-то газовые турбины сослужат неоценимую услугу нашему народному хозяйству.

Первый мощный газотурбинный агрегат для работы на подземном газе в 12 000 киловатт (16 320 лошадиных сил) уже построен на Ленинградском Металлическом заводе и в 1956 году устанавливается в районе подземной газификации. Это сложный агрегат. Газовая турбина здесь будет работать на газах с температурой 650° С, с коэффициентом полезного действия 27%, то есть не уступая по экономичности многим паровым турбинам.

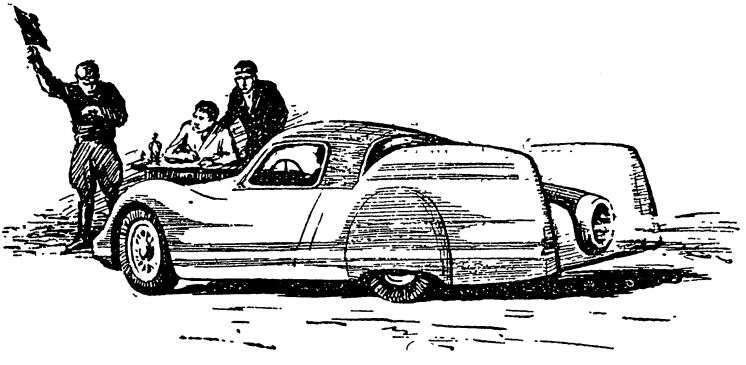
Очень нужен мощный двигатель, сравнительно малого веса и размера, и для морских судов. Уже сейчас есть корабли, на которых работают газотурбоустановки. А в дальнейшем таких кораблей будет много.

Но что же пока мешает газовой турбине прочно занять то место, которое уже приготовлено для нее жизнью?

Этому несколько причин.

Во-первых, вы уже знаете, что газовая турбина должна работать при высоких температурах газов. И вам известно, что современная техника уже имеет материалы, которые длительно выдерживают значительные температуры — 500—700° С. Однако, для того чтобы газовая турбина была экономичнее других двигателей, то есть, чтобы у нее был более высокий коэффициент полезного действия, надо доводить рабочую температуру газов до 800—900° С. А таких металлов, чтобы долго работали при подобных температурах, еще не создано, — это дело ближайшего будущего.

Надо сказать, что работать не очень долго на таких температурах уже можно и теперь, — авиационные газотурбинные



Газотурбинный автомобиль.

двигатели используют газ с температурой 700—900° С. Об этих двигателях мы поговорим потом.

Во-вторых, еще не научились пока использовать твердое топливо для газовых турбин. Здесь, правда, можно легче осуществить сгорание угольной пыли, но вред от твердых частиц золы оказывается не меньшим, чем в двигателях внутреннего сгорания. А было бы важно овладеть способом сжигания твердого топлива! Тогда газовая турбина получила бы универсальное применение. Для газотурбоустановок замкнутой схемы эта задача, как вы уже догадываетесь, может быть решена скорее, и в этом направлении сейчас работают инженеры.

У нас в Советском Союзе над созданием газовых турбин работает ряд научных организаций и ряд заводов. Первая в СССР газотурбинная промышленная установка была создана Ленинградским заводом имени Ленина.

Сейчас этот завод и Ленинградский Металлический завод строят газотурбоустановки с полезной мощностью от 3000 киловатт (4080 лошадиных сил) до 12 000 киловатт (16320 лошадиных сил).

За годы шестой пятилетки на обоих этих заводах выпуск турбин резко возрастет. Так, например, на Металлическом заводе в 1960 году будет изготовлено газовых турбин в 11,8 раза больше, чем в 1950 году.

Интересно отметить, что и теперь строятся газовые турбины без собственных камер сгорания. Так, например, на заводе имени Ленина изготовляется мощная турбина для работы на доменных газах, которые пока еще не используются, уходят в атмосферу.

Большие работы ведутся в Советском Союзе по созданию судовых и тепловозных газотурбинных установок.

Таким образом, газовая турбина, которая еще совсем недавно казалась двигателем скорее интересным, чем полезным, теперь уже уверенно входит в жизнь.

Появились газотурбинные электростанции, корабли, тепловозы и даже автомобили. Газовая турбина стала авиационным двигателем.

Пройдет еще немного времени, и газовая турбина — легкий и мощный тепловой двигатель — займет прочное место в технике.

Глава VI

ДВИГАТЕЛИ ДЛЯ БОЛЬШИХ СКОРОСТЕЙ

Огненные стрелы

Кто из вас не любовался праздничным салютом, когда стремительные разноцветные ракеты взлетают в вечернее небо и прочерчивают на нем затейливые узоры? Откуда появляется эта сила, которая так далеко ввысь уносит ракету?

Быть может, некоторые из вас думают, что ракета представляет собой своеобразный снарядик, который выбрасывается из пушки-ракетницы силой порохового взрыва и в полете загорается?

Нет, дело обстоит иначе.

Ракета — это снаряд, но сила для его полета возникает в нем же самом, внутри, пока сгорает содержащееся в патроне вещество. Значит, достаточно такой снарядик поджечь, как без всякого толчка он улетит в пространство,— надо его только направить. Вы, конечно, знаете, что ракетами-снарядами в Великой Отечественной войне стреляли наши знаменитые «Катюши» и наносили огромный урон врагу.

Конечно, в боевом ракетном снаряде толкающая сила развивается куда бо́льшая, чем в увеселительной, праздничной ракете.

Когда появилась первая ракета, трудно сказать, вероятно, вместе с появлением пороха. В древнем Китае ракеты привязывали к стрелам луков, и «огненные стрелы» летели далеко в стан врага, пугая его своими огненными хвостами и шумом, поджигая постройки. Мы не будем углубляться в историю ракеты, — об этом написано много специальных книг. Нас интересует сила, дающая движение ракете, потому что именно эта сила и оказалась использованной в реактивных двигателях.

Разноцветные ракеты взлетают в вечернее небо.

На странице 143 изображена схема ракеты, внутри которой происходит сгорание какого-либо горючего вещества, например пороха. При сгорании выделяется много тепла, отчего газы внутри ракеты нагреваются и давят на стенки. Но каждой силе давления на боковую стенку соответствует такая же сила, действующая на противоположную, и обе силы уравновешиваются. Для силы же, которая давит изнутри на верхнюю стенку ракеты, уравновешивающей силы нет, потому что корпус ракеты не имеет дна и через нижнее отверстие газы просто вылетают наружу. Вот и выходит, что верхняя сила должна толкать ракету. Иными словами, струя газа, вылетая из ракеты и как бы отталкиваясь от нее, в свою очередь толкает и саму ракету.

Теперь вспомним, что и в «сегнеровом колесе» движение получалось точно так же: вытекали струйки воды, и колесо вращалось в обратном направлении.

Мы тогда назвали этот принцип движения «реактивным». Потом мы узнали, что на реактивном принципе работают некоторые турбины. Теперь оказывается, что сила реакции вытекающей струи горячего газа — та самая неуравновешенная сила давления — толкает и ракету. Следовательно, если эту силу заставить выполнять полезную работу, то мы получим новый

двигатель, который и будет называться реактивным.

Дальше мы подробнее поговорим о таком двигателе, теперь же нам следует обратить внимание на то обстоятельство, что реактивный двигатель является тоже тепловым двигателем и даже двигателем внутреннего сгорания. Как и для всех тепловых двигателей, для него очень важно, чтобы температура и давление сгорания были как можно выше, а температура отходящих газов и давление той среды, куда выбрасывается струя газа, — как можно ниже. Кроме того, обратим также внимание и на то обстоятельство, что в таком двигателе нет ни вращающихся, ни движущихся поступательно частей, то есть нет трения, и, значит, полезная работа не расходуется на «механические нужды» самого двигателя. Затем, поскольку здесь тепло, выделяющееся при сгорании топлива, не тратится на подходе к самому двигателю, как в паровых машинах и турбинах, то и тепловые потери оказываются значительно меньше. Иными словами, в реактивном двигателе коэффициент полезного действия может быть выше, чем в других тепловых двигателях.

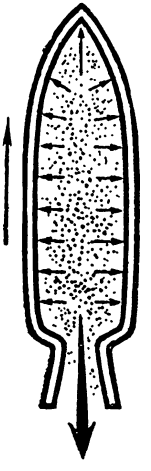


Схема ракеты.

Вот почему современная техника обратилась к этому типу двигателей, используя его для летательных аппаратов.

Но не будем забегать вперед и проследим, как появился такой двигатель.

Первый проект

Наша страна — родина реактивных двигателей.

Ракеты известны были давно и всюду. Но об использовании реактивной силы для движения летательного аппарата впервые заговорили всерьез русские изобретатели.

Более ста лет тому назад, в 1849 году, штабс-капитан Третесский, служивший полевым инженером в Кавказской армии, подал наместнику Кавказа рапорт с приложением описания и чертежей управляемого аэростата, движущегося от силы реакции вылетающих газов.

Газы же, которые должны с большой скоростью истекать из кормовой части дирижабля, изобретатель предполагал запасать в баллонах, предварительно эти газы сжимая в компрессоре.

Такой двигатель не мог быть, конечно, выгодным, или, как говорят, экономичным. Ведь для того, чтобы зарядить баллоны газом, надо было иметь еще какой-либо двигатель, приводящий в движение газовый компрессор.

При этом энергия, которую содержат в себе сжатые газы, оказывается меньше энергии, затраченной первичным двигателем, — ведь сколько было потерь в компрессоре, сколько потерь было при нагнетании в баллоны! А если к этому добавить, что и сам первичный двигатель (им могла быть в то время, например, паровая машина) имел низкий коэффициент полезного действия, то понятно, что вряд ли можно было ожидать успеха от такого использования энергии в будущем.

Но вспомним, что тогда самолет еще не был изобретен и инженеры думали не столько о том, чем приводить в движение летательный аппарат, сколько о том, как его заставить двигаться и как управлять его движением. И в этом смысле предложение Третесского об использовании реактивного принципа для движения управляемого аэростата было совершенно новым, оригинальным и заслуживало всяческого внимания.

Однако, в чем нам уже не раз приходилось с огорчением убедиться, царские чиновники были равнодушны к развитию отечественной техники. И проект Третесского, подобно многим другим проектам, погиб в дебрях канцелярий, не получив применения.

Проект, рожденный в тюремных застенках

Первым, кто подал идею теплового реактивного двигателя, идею самолета-ракеты, был знаменитый русский революционер — народоволец Николай Иванович Кибальчич.

Бывший студент Петербургского института инженеров путей сообщения, Кибальчич, отбывший два года тюрьмы за пропаганду революционных идей среди крестьян, в 1877 году возвращается снова в Петербург. Но жестокий царь Александр II, преследовавший передовых людей того времени, запретил поселяться в Петербурге тем, кто в какой-то мере был замешан в революционном движении. И молодому студенту-революционеру, страстно желавшему посвятить свою жизнь борьбе за лучшую долю народную и столь же страстно любившему науку, которой он хотел овладеть, пришлось отказаться от продолжения учебы в институте. Но он нашел другой путь, где его технические знания, его любовь к научным исследованиям могли сочетаться с активной революционной борьбой, служить

ей. Кибальчич ушел в подполье, став пиротехником нелегальной революционной партии.

В тайном месте, о котором знали лишь самые надежные товарищи, Кибальчич создал свою лабораторию. Здесь он изобретал новые составы взрывчатых веществ, разрабатывал конструкции бомб и метательных снарядов. Народовольцы готовили террористический акт — покушение на царя.

«На оштукатуренной стене камеры появились первые линии чертежа...»

Народовольцы еще не были марксистами, — они не понимали, что отдельными террористическими актами нельзя решить задач социалистической революции. Они потом только мешали марксистам вести правильную революционную работу, и Ленин боролся с народниками. Но до появления настоящей революционной марксистской партии к народникам примкнуло много отважных и преданных революции людей — среди них Желябов, Перовская, Кибальчич и другие. Искренне думая, что убийством царя им удастся приблизить революцию, они готовы были отдать свои жизни за будущее счастье народа.

И вот 1 марта 1881 года одной из четырех приготовленных Кибальчичем бомб был убит царь Александр II.

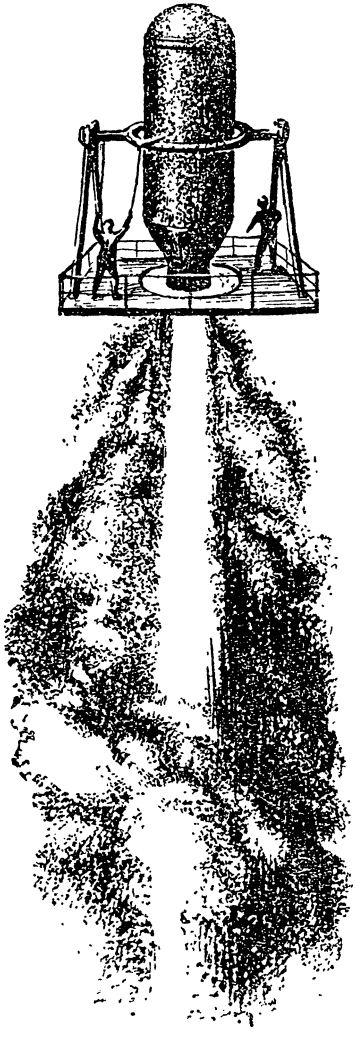
Взрыв бомбы не вызвал революции, но зато начались повальные аресты, и 17 марта — через две недели после покушения — был арестован Кибальчич.

Незадолго до ареста Кибальчич проводил серию опытов со спрессованным в плотные столбики порохом и заметил весьма любопытное свойство таких столбиков: если их поджечь, то они не сгорают мгновенным взрывом, как порошковый порох, а начинают гореть медленно, сгорая постепенно, слой за слоем. Это натолкнуло молодого ученого на мысль об использовании свойства спрессованного пороха в специальной ракете, которая бы двигала летательный аппарат.

Дальше следовало эту мысль развить, провести расчеты, сделать чертежи... Ведь такой двигатель был так нужен человечеству, он так значительно мог бы продвинуть вперед технику воздухоплавания!

Арест оборвал научные работы, спутал планы...

Но, попав в застенки Петропавловской крепости и зная о том, что его ожидает смертная казнь, отважный революционер не пал духом, не потерял способности мыслить и даже творить. И вот на белой оштукатуренной стене камеры появились первые линии чертежа.



Так выглядела бы ракета Кибальчича, если бы ее построили...

Кибальчич, как бы отрешившись от тяжелого сегодня, устремлялся мыслью в светлое завтра, — он твердо решил оставить человечеству свою идею. И это решение, и эта вера в то, что люди смогут осуществить и использовать его изобретение в далеком будущем, поддерживали его.

Начав излагать свой проект на стене, Кибальчич вскоре добился получения бумаги. Тюремщики, пораженные деятельной энергией смертника, выполнили его просьбу. И 23 марта — через 6 дней после ареста — Кибальчич передал написанный проект в жандармское управление.

Проект начинался словами:

«Находясь в заключении, за несколько дней до своей смерти, я пишу этот проект. Я верю в осуществимость моей идеи, и эта вера поддерживает меня в моем ужасном положении».

Дальше излагалась суть предложения. Описав принцип ракеты, Кибальчич предлагает, для осуществления длительного полета такой ракеты, использовать патроны из спрессованного пороха. Значит, если на летательный аппарат установить двигатель — ракету — и непрерывно ставить в нее и поджигать столбики спрессованного пороха, то такой аппарат будет летать долго. Чтобы менять

скорость полета, Кибальчич предложил иметь в запасе набор патронов — потолще и потоньше. Чем больше диаметр патрона, тем больше будет сгорать пороха в единицу времени, тем выше будет температура в ракете, выше будет давление газов, выше будет и скорость вылета газовой струи, а следовательно, и скорость полета самой ракеты.

Кибальчич предложил много разных устройств, одни из которых автоматически устанавливали бы новые патроны, а другими можно было бы управлять направлением полета.

Но ракетоплан не был построен... Кибальчичу сказали, что его проект передан на рассмотрение комиссии ученых, а на самом деле он был положен в архив с резолюцией: «ученым не передавать во избежание неприятных толков».

За два дня до казни Кибальчич просил свидания с кем-либо из ученых.

Он писал, что если ученые признают осуществимость идеи, то «я спокойно тогда встречу смерть, зная, что моя идея не погибнет вместе со мной, а будет существовать среди человечества, для которого я готов был пожертвовать своей жизнью».

Но свидание не состоялось. 3 апреля 1881 года Кибальчича казнили.

Долгое время никто не знал точного содержания проекта, и лишь в 1918 году, после Великой Октябрьской социалистической революции, проект был разыскан в архивах полиции и затем опубликован.

Однако еще на суде и в разговорах с друзьями Кибальчич успел устно передать свои мысли, которые впоследствии заставляли задумываться многих ученых и изобретателей.

И среди тех, кто дальше продвинул идею реактивного двигателя, следует прежде всего назвать еще одного русского изобретателя и ученого — Константина Эдуардовича Циолковского.

Учитель из Калуги

Долгая и плодотворная жизнь Константина Эдуардовича Циолковского — яркий пример героического служения науке.

...В семье лесничего Циолковского стряслась беда: младший сын Костя тяжело заболел скарлатиной. В рязанской глуши в те далекие годы нельзя было рассчитывать на хорошую медицинскую помощь, — лечили как могли. И болезнь не прошла бесследно. Костя поправился, но резко ухудшился слух.

Недоступными сделались детские игры, школа... Читать и

писать Костю обучали дома; пока жива была мать, учился он регулярно. Но вот новое несчастье потрясло семью: спустя два года, умирает мать. Еще тяжелее стало жить покинутому, почти глухому мальчику. На дворе бегали и резвились ребята — среди них и старшие братья Кости, — о чем-то весело болтали, смеялись... У них были какие-то свои интересы, своя счастливая жизнь.

В их мире Костя чувствовал себя чужим. Зато у Кости стал появляться свой интересный мир. Удобно примостившись на подоконнике, обложившись картоном и бумагой, Костя с увлечением склеивал разные игрушки. Ему доставляло радость сознание, что склеенные им часы с гирями очень похожи на настоящие, что его кукольные домики очень нравятся соседским девочкам, которые из-за этих домиков готовы поиграть и с ним.

Но годы шли. С большим трудом, прочитывая учебники и книги своих братьев, он начал постигать различные школьные знания. Только в 14 лет Константин впервые взялся за учебник арифметики. Всё оказалось понятным. И страница за страницей, книга за книгой приносили ему всё новые и новые радости, — он стал уже многое понимать, а жажда к знаниям всё росла и росла. Вместе с тем и совершенствовалась изобретательность: уже не игрушки, а токарный станок по дереву сооружает пятнадцатилетний Костя. Уже не кукольные домики, а автомобиль с паровой тягой, аэростат и летательные аппараты с крыльями занимают его...

Старик отец, видя незаурядные способности сына, решается отпустить его в Москву — продолжать учебу.

И вот шестнадцатилетний парнишка с тяжелым физическим недостатком, один, без друзей и знакомых, оказывается среди шумных московских улиц. В университет поступить не удалось, и, сняв дешевый угол у бедной прачки, Константин начинает учиться самостоятельно. Строго распределив свое время, он с утра уезжает в библиотеку и лишь к вечеру ее покидает. По пути домой юноша заходит в магазин, где на свои скудные средства приобретает кое-какие материалы, препараты. Вечером он изготовляет различные приборы и сам проводит опыты по физике и химии.

Так проходит еще два года. Многое достигнуто, но хочется бóльшего. Однако отец, опасаясь за здоровье сына, забирает его домой — в Рязань. Здесь в 1878 году, двадцати одного года от роду, Константин Циолковский сдает экзамен на звание учителя уездной школы.

Сначала его посылают учительствовать в город Боровск, под Москву. Там начинается научная работа молодого учителя. Он

связывается с Петербургским физико-техническим обществом, где ряд его работ получает одобрение.

Однако наиболее интересные и важные работы молодой учитель физики развернул в Калуге, куда он был переведен в 1892 году.

Еще в 1883 году Константин Эдуардович Циолковский в одном из своих ранних сочинений, которое называлось «Свободное пространство», писал: «Положим, что дана была бочка, наполненная сильно сжатым газом. Если отвернуть один из ее кранов, то газ непрерывной струей устремится из бочки, причем упругость газа, отталкивающая его частицы в пространство, будет так же непрерывно отталкивать и бочку. Результатом этого будет непрерывное изменение движения бочки».

Так пришел к мысли об использовании реактивного принципа движения человек, который затем решил посвятить всю свою жизнь дальнейшей разработке этого принципа.

То, что говорил Циолковский о бочке, сильно напоминает идеи Третесского. О тепловом двигателе здесь еще также нет речи.

В 1896 году Циолковский прочитал небольшую брошюру инженера Федорова —«Новый способ воздухоплавания, исключающий воздух, как опорную среду». Автор описывал возможность использования ракетного принципа для полета снаряда в безвоздушном пространстве. Но в книжке не всё было ясно, она не имела большой ценности. Однако молодому учителю физики показалась заманчивой раскрывшаяся перспектива полета в межпланетное пространство с помощью ракеты. Он решил сам проверить все положения автора, всё рассчитать, доказать и, если надо, дополнить. Как потом говорил сам Циолковский, эта маловажная книга толкнула его на серьезные исследования.

В 1903 году вышла новая работа Циолковского — «Исследование мировых пространств реактивными приборами».

Здесь впервые были даны расчеты и научное обоснование межпланетного ракетоплавания. И, конечно, не бочка с газом, а ракетный тепловой двигатель должен был приводить в движение космический корабль.

Но порох, о котором говорил Кибальчич, всё же нельзя было сжигать в ракетном двигателе, если требовалось получить длительную работу такого двигателя.

Циолковский не мог рекомендовать порох как топливо, потому что порох обладал низкой теплотворной способностью, то есть один килограмм пороха при сгорании выделял мало тепла, и, следовательно, надо было бы слишком много такого топлива брать с собой в полет. Сгорание одного килограмма

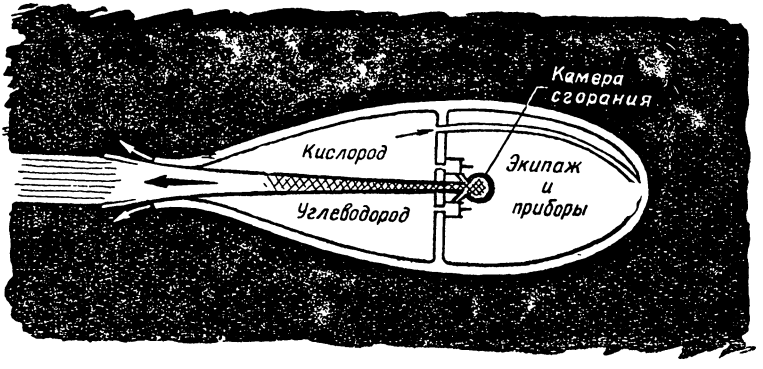


Схема устройства космического корабля с реактивным тепловым двигателем, предложенная Циолковским.

лучшего пороха дает только 800—900 больших калорий тепла.

Но у пороха зато есть и достоинство: при сгорании он не требует воздуха, порох сам — и горючее вещество и окислитель. А вот для другого топлива нужен воздух, или, точнее, кислород.

Циолковский предложил ракетный тепловой двигатель, который работал бы на жидком топливе — жидком водороде или бензине, керосине и так далее, а для окисления, чтобы поддерживать горение, следовало брать с собой и кислород в жидком виде.

Ракета Циолковского похожа на каплю дождя. В носовой части корабля размещаются экипаж и приборы. Вся другая часть занята под топливохранилище. Половину этого хранилища занимает само топливо, а половину — жидкий кислород. Постепенно, порция за порцией, подаются топливо и кислород в камеру сгорания. Здесь поддерживается всё время горение, и нагретые до высокой температуры газы с огромной скоростью вылетают наружу, создавая силу реакции и заставляя ракетоплан тоже с большой скоростью нестись вперед.

Жидкий водород, по подсчетам Циолковского, соединяясь с кислородом в 1 килограмм воды, выделяет 3 825 калорий. Следовательно, такого груза (жидкий водород + жидкий кислород) можно взять примерно в пять раз меньше, чем пороха.

Циолковский не только выдвинул идею реактивного двигателя на жидком топливе, но и предложил ряд очень важных конструктивных решений: он указал на способы подачи топлива в камеру сгорания, на способы охлаждения двигателя, на способы управления двигателем и ракетой, на способы спуска ракеты.

И мысли, высказанные замечательным ученым, были настолько правильными, что даже пятьдесят лет спустя, в реактивных двигателях наших дней, многие из этих мыслей нашли практическое воплощение.

Двигатель, сам себя съедающий

Для каких целей, где может найти себе применение реактивный двигатель?

В первых же своих работах Циолковский показал, что никакой другой двигатель не сможет осуществить давнишнюю мечту человечества — перенести человека с Земли на другую планету. Еще в средние века такая мысль будоражила ум человека. Французский поэт, литератор и физик Сирано де Бержерак (1619—1655) в своих фантастических сочинениях указывал несколько, по его мнению, возможных способов путешествия на Луну. И в числе прочих он предлагал использовать силу непрерывно действующих, взрывающихся по очереди пороховых ракет.

Однако и сам Сирано де Бержерак и многие другие после него полагали, что можно отправить межпланетный корабль и другими способами.

Помните, например, как Жюль Верн отправлял своих героев на Луну? Он делал это с помощью огромной пушки, которая с невероятной силой и скоростью выбрасывала снаряд в межпланетное пространство.

Циолковский подсчитал, что если бы даже удалось построить пушку со стволом в 300 метров высоты (то есть в три раза выше Исаакиевского собора в Ленинграде) и обеспечить такое кратковременное давление газов, которое могло бы выбросить снаряд за пределы атмосферы, то оказалось бы, что, при огромной скорости вылета снаряда и огромной силе толчка, ни один прибор бы не остался цел, не говоря о человеке. Да и безопасный спуск такого снаряда на землю тоже оказался бы невозможным.

С другой стороны, как показал далее Циолковский, ракетный снаряд лишен этих недостатков. Он может сравнительно плавно подняться; его скорость может регулироваться, постепенно увеличиваясь.

В ракете могут безопасно размещаться приборы и даже люди. Возможна и обратная надежная посадка ракеты на Землю.

Кроме того, — об этом мы уже знаем — ракета может пролететь большие расстояния и развить большие скорости, а на

больших скоростях ракетный тепловой двигатель окажется особенно экономичным, — до 85% выделяемого топливом тепла сможет быть использовано на полезную работу толкания снаряда.

Вспомним, что лучшие паровые турбины используют только 35% выделяемого топливом тепла, а лучшие двигатели внутреннего сгорания — дизели — используют только 45%.

... Много прошло времени — половина века — с тех пор, как вышла первая работа Константина Эдуардовича Циолковского о жидкостном реактивном двигателе. Еще больше — три века прошло со времени Сирано де Бержерака. Мечта человека о межпланетном полете сейчас уже становится реальностью. И нашей родине принадлежит заслуга активного научного участия в решении этой задачи. Академия наук СССР установила в 1954 году специальную премию за лучшие работы в области межпланетных сообщений. Президент Академии наук Несмеянов на сессии Всемирного Совета Мира 27 ноября 1953 года сказал: «Наука достигла такого состояния, когда реальна посылка стратоплана на Луну...»

Наши советские инженеры, продолжая развивать идеи Циолковского, много и плодотворно работают над разрешением наиболее сложных технических вопросов, связанных с постройкой «космического корабля».

Интересуясь двигателями, мы не можем не обратить внимания на любопытное предложение ученика и помощника Циолковского — инженера Цандера.

Цандер, исследуя вопрос о возможности применения в ракетном двигателе наиболее высококалорийных топлив, предложил в качестве горючего использовать... некоторые металлы.

Оказывается, сгорая в кислороде, такие металлы, как алюминий или магний, могли бы выделять еще больше тепла, чем жидкое топливо, и ракетный двигатель оказался бы более мощным. Цандер показал, что это имеет большое значение для космического корабля, так как в таком случае можно было бы постепенно сжигать становящиеся ненужными металлические части самой ракеты.

При этом ракета делалась бы всё легче, а скорость ее всё возрастала бы.

Вот тогда-то и получился бы двигатель, который частично сам себя съедал!

Однако техника пока еще не нашла удачного решения такой задачи. Продолжаются упорные исследования, ученые и инженеры ищут наилучшие способы сжигания и управления горением таких металлических топлив.

Отпадающие двигатели

Еще Циолковский подсчитал: для того, чтобы ракета смогла преодолеть земное притяжение и улететь в мировое пространство, она должна подняться с Земли со скоростью не менее чем 11,2 километра в секунду. Значит, для межпланетного корабля должен быть построен такой двигатель, который способен был бы разогнать ракету вскоре после взлета до такой огромной скорости. Правда, если взлет ракеты в мировое пространство производить не с Земли, а с какого-то промежуточного спутника Земли, то двигатель сможет развивать меньшие мощности, а ракета полетит с меньшей начальной скоростью.

Сейчас ученые работают и над созданием межпланетных ракет, поднимающихся с Земли, и над созданием искусственных спутников Земли.

Оказывается, что для того, чтобы ракета могла подняться с Земли с нужной скоростью, пролететь далее по заданному маршруту и вновь вернуться на Землю, она должна запастись огромным количеством топлива. Так, для полета на Луну требуется, чтобы вес заправленной топливом ракеты был почти в 40 раз больше веса незаправленной ракеты.

Пока не удалось найти такого топлива, чтобы можно было развивать нужную мощность двигателя при малом потреблении этого топлива и снизить соотношение между нужными запасами горючего и весом ракеты.

Обычные современные виды топлива выделяют при сгорании сравнительно мало тепла, отчего приходится сжигать большие количества топлива.

Мы уже знаем, что Цандер предложил двигатель, сам себя съедающий, то есть облегчающийся по мере полета, использующий для топлива металлические конструкции.

Аналогичную цель преследует и способ создания «составных ракет», предложенный еще Циолковским. Представьте себе поставленные столбиком два или три ракетных двигателя. Они связаны между собой. При подъеме с Земли запускается нижний двигатель. Выработав свое горючее и развив известную скорость полета, этот первый двигатель выключается и отпадает, отделяется от ракеты. Ракета стала легче. Она уже успела подняться на значительную высоту и набрать какую-то скорость. Тут ее подхватывает и разгоняет с еще большей скоростью второй двигатель, и так далее.

Считается, что более трех двигателей нецелесообразно связывать в одну ракету.

Для межпланетных полетов составные ракеты не очень удобны. Было бы, вероятно, удобнее использовать другое предло-

жение Циолковского — создавать искусственные спутники Земли — своеобразные летающие вокзалы для отправления межпланетных снарядов.

Подготовка к созданию таких «вокзалов» уже приняла практический характер. В 1957 году, как объявили американцы, ими с Земли запускается первый искусственный спутник. Это пока будет небольшой шар весом в 10 килограммов, с диаметром около 60 сантиметров. Половина его веса придется на металлическую оболочку, а вторая половина — на приборы, которые будут регистрировать данные о верхних слоях атмосферы. Все результаты измерений будут поступать на Землю в виде радиосигналов.

Спутник поднимется с Земли с помощью трехступенчатой ракеты, то есть с тремя отпадающими двигателями. Когда отделится последний двигатель, спутник будет обращаться вокруг Земли по эллиптической орбите на расстояниях от 320 до 1300 километров от Земли. В течение суток спутник будет совершать примерно 16 оборотов вокруг земного шара.

Итак, практическое осуществление межпланетных полетов сейчас зависит главным образом от того, как скоро удастся найти такое «концентрированное» топливо, которое занимало бы мало места и могло бы обеспечить энергией весь космический рейс.

С неба на землю

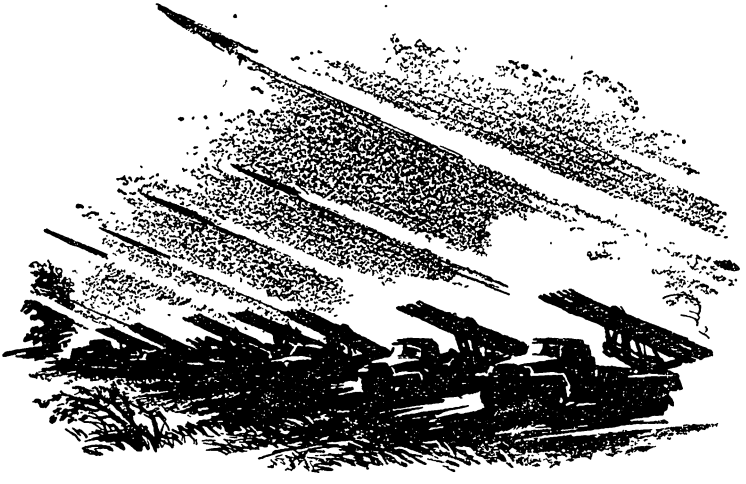
До сих пор, говоря о ракетном двигателе, вспоминая работы Кибальчича и Циолковского, мы связывали этот двигатель с кораблем межпланетных путешествий.

Попробуем спуститься теперь от неизведанных и далеких космических просторов на нашу знакомую и близкую Землю. Посмотрим, нельзя ли и для менее грандиозных задач использовать реактивный двигатель.

...В июне 1941 года гитлеровские полчища двинулись на мирные советские города и села. Накопив много технических средств войны — танков, самолетов, артиллерии, — фашисты быстро продвигались вглубь Советского Союза, сея вокруг смерть и опустошение. В августе 1941 года гитлеровские дивизии уже были под городом Смоленском... Еще рывок, — думали фашистские генералы, — и вдоль улиц Москвы прогарцует белый конь победителя.

Но советский народ сумел мобилизовать свои силы, с каждым днем всё увеличивая и увеличивая мощь отпора.

Первый неожиданный «сюрприз» Советская Армия преподнесла фашистам как раз под Смоленском...



Гвардейские реактивные минометы в действии.

Однажды ничего не подозревавшие передовые части врага, полные уверенности в легкой победе, вдруг оказались засыпанными небывалым количеством смертоносных снарядов. Это были удивительные, невиданные снаряды: с огромной скоростью они прилетали откуда-то с неба, волоча за собой по небу огненный хвост. Их было так много, ложились они так часто, что огромная площадь, на которую они падали, буквально выжигалась. Фашисты оцепенели. Солдаты, орудия, танки — всё попадало под огневой ураган. Но не только сила огня испугала вражеских солдат — их испугало загадочное происхождение и странный вид снарядов...

Так гитлеровцы впервые познакомились с новым советским оружием — реактивной артиллерией, с русскими «катюшами», как любовно были названы советскими бойцами эти гвардейские реактивные минометы.

Вы, наверно, видели — ну, хотя бы в кино или на картинке — эти «катюши». На обычной грузовой автомашине ставятся несколько направляющих лотков — это реактивные «пушки». Они легкие, многоствольные. Быстро переезжая с места на место, посылая сразу несколько снарядов, они представляют собой весьма опасное оружие для врага.

Этой подвижностью и легкостью они обязаны снарядам, которые движутся не от силы порохового взрыва, как в обычной пушке, а от порохового реактивного двигателя, помещающегося в каждом снаряде.

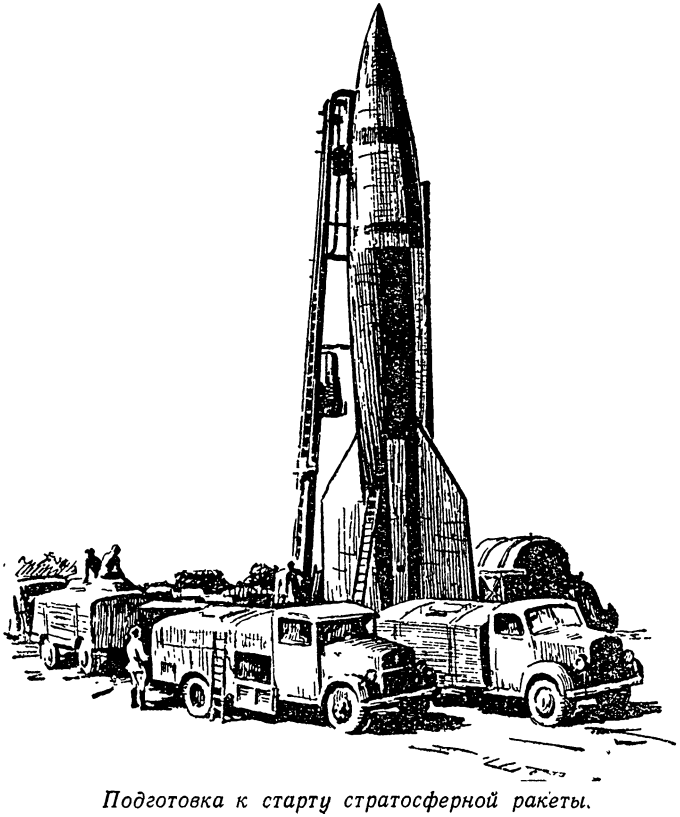
Вот вам и пример наземного использования реактивного двигателя.

Другой пример — салютная или сигнальная ракета, о которой мы уже говорили.

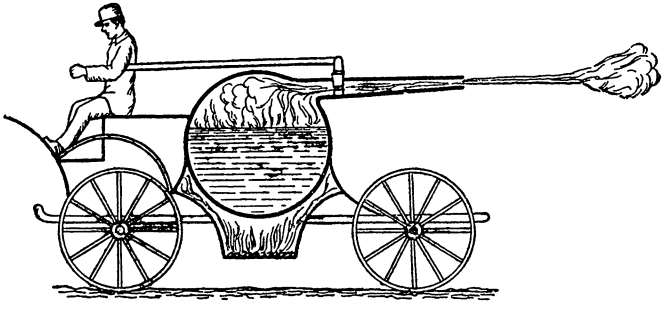
Приведем еще несколько примеров.

Наши ученые много работают над исследованием верхних слоев атмосферы — стратосферы. Туда поднимались советские стратостаты. Но еще выше стратостатов могут подняться специальные ракеты. Их поднимает жидкостно-реактивный двигатель. Они летят без людей, с автоматически действующими записывающими приборами, и, вернувшись на землю, доставляют записи ученым.

Взлететь в воздух самолету не так-то уж легко, как это кажется. Ему приходится делать большие разбеги по земле. Так,



Подготовка к старту стратосферной ракеты.



Паровой автомобиль, предложенный Ньютоном.

обычному истребителю требуется дорожка для разбега в полкилометра, среднему бомбардировщику — в километр, тяжелой «летающей крепости» и нескольких километров бывает мало. Представляете себе, какие огромные площади должен занимать аэродром, предназначенный для таких самолетов! А какие трудности возникают в боевой обстановке при подготовке этих огромных площадей! Порой их вообще немыслимо разыскать.

Вот для того, чтобы ускорить подъем самолета, приходит на помощь ракетный двигатель-ускоритель. К самолету прикрепляются пороховые или жидкостные ракеты. По сигналу старта они поджигаются и за несколько секунд развивают большую дополнительную тягу, помогающую самолету значительно быстрее набрать взлетную скорость. Как только самолет поднимется в воздух, отработавшие ракеты отцепляются и падают на парашютах вниз. Затем их можно зарядить и использовать для нового разбега.

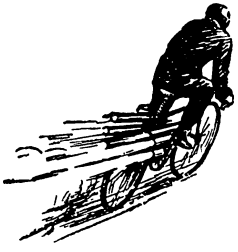
А можно ли использовать реактивный двигатель для наземного транспорта, для автомобилей например?

Уже давно, в 1686 году, был предложен паровой автомобиль. Считают, что автором этого проекта был знаменитый английский ученый Исаак Ньютон.

Автомобиль этот должен был двигаться за счет силы реакции струи пара, которая непрерывно вылетала из парового котла.

В 1886 году русский изобретатель Гешвенд предлагал использовать реактивную силу пара для движения железнодорожных поездов.

В середине прошлого века по каналам Мариинской системы ходили реактивные суда. Вода накачивалась в цистерны носовой части и выливалась наружу через трубы кормовой части.



Реактивный велосипед.

Сила реакции вытекающей струи толкала судно. Судам этим дали очень меткое прозвище — «водоплевы». Заметим, что и в наше время такие реактивные суда строят и они используются для плавания по мелким рекам. Дело в том, что для винтовых судов требуется глубокая осадка, чтобы весь винт был покрыт водой, а реактивные суда могут плавать и при малых погружениях. Правда, следует отметить, что здесь реактивный принцип используется лишь для создания силы тяги судна; необходимая же энергия получается от теплового двигателя, вращающего насос, нагнетающий воду.

В 1928 году немецкий автомобильный фабрикант Опель провел испытание своего автомобиля, к которому с помощью простых деревянных приспособлений были прикреплены две пороховые ракеты. После воспламенения ракет автомобиль рванулся с места, прошел со скоростью 5—6 километров в час 150 метров и остановился. Позднее Опель испытал автомобиль с 24 ракетами. При этом скорость достигала 120 километров в час, но при рывке водитель испытывал болезненные ощущения. Тот же Опель пытался применить пороховые ракеты и для железнодорожных дрезин и для мотолодок. Тут не обошлось дело без катастроф. Одна из дрезин сошла с рельсов и была разрушена, а лодка от взрыва затонула, и Опелю пришлось спасаться вплавь.

В том же 1928 году два латвийских студента приспособили ракеты к своим велосипедам и проехали около полукилометра.

Из всех этих опытов выяснилось, что при скоростях до 200 километров в час полезно используется только 2—3% энергии ракет, то есть для таких условий это был самый невыгодный двигатель.

С тех пор помыслы инженеров и изобретателей обратились к той области использования реактивного двигателя, где можно достигать больших скоростей, — к авиации.

И снова в небо

И, следуя далее по пути продвижения в жизнь реактивного двигателя, мы вынуждены вновь обратить свое внимание к небу...

Уж если говорить о больших скоростях, так вот там-то им и место. И вовсе не обязательно летать в космическую, без-

брежную даль — к Луне, к звездам. Можно и даже нужно летать с большими скоростями по воздуху над землей, так сказать в ближнем небе.

Мы знаем, что самым скорым видом сообщения стал самолет. До войны самолеты оборудовались мощными поршневыми двигателями внутреннего сгорания и могли уже развивать огромные скорости полета. В 1934 году рекорд скорости был равен 709 километрам в час. Такой самолет от Ленинграда до Москвы мог пролететь за 56 минут, в то время как курьерский поезд этот же путь проходит за 10—12 часов, а автомобиль, мчащийся на предельной скорости, за 6—7 часов.

В 1939 году рекорд авиационных скоростей еще немного повысился, он стал равен 755 километрам в час. Дальнейшее увеличение скорости самолета с поршневым двигателем, как показали расчеты, сопряжено с весьма значительным увеличением мощности такого двигателя. А вместе с ростом мощности, как известно, возрастают и размеры и вес двигателя, и установка его на самолете становится немыслимой.

Большие же мощности необходимы, чтобы преодолеть сопротивление воздуха, очень сильное на больших скоростях. Надо заметить, что и винт, которым самолет врезается в воздух и тем самым совершает движение, на очень больших скоростях работает плохо и иногда просто замедляет движение.

Вот почему авиаконструкторы решили попытаться достичь больших скоростей с помощью другого двигателя — реактивного, который, как нам уже известно, именно в этом случае может оказаться наиболее удачным, тем более, что для движения реактивного самолета не потребуется применения винта.

«Неужели конструкторы решили поставить на самолет пороховой ракетный двигатель?» — спросите вы.

Конечно, нет. Мы же знаем, что для длительных полетов пороховой двигатель не пригоден.

«Ну, тогда, значит, жидкостно-реактивный?»

Да, но не совсем такой, как для межпланетных ракет. Вы помните, Циолковский предложил сжигать жидкое топливо в атмосфере чистого кислорода. И топливо и кислород должны при этом храниться в баках на борту ракетоплана. Но какой же смысл хранить кислород в баках самолета, если самолет всё время летит по воздуху, а в воздухе содержится кислород? За атмосферой Земли, где-нибудь в межпланетном пространстве, там дело другое, там кислорода взять негде. А тут — пусть двигатель «дышит» воздухом, берет кислород из-за борта. Зато в баки можно запасти побольше топлива и пролетать большие расстояния без заправки горючим.

Так появилась идея применения воздушно-реактивного двигателя.

Простейший воздушно-реактивный двигатель может быть построен сравнительно легко.

Посмотрите его схему. Он похож на яйцо, у которого аккуратно срезали обе верхушки. Вот если самолет с такой трубкой заставить лететь, то через переднее отверстие внутрь трубки начнет врываться воздух. Здесь в воздушный поток будет впрыскиваться через форсунки жидкое топливо и, подожженное электрической искрой, сгорать. От выделяемого тепла поднимется температура, а значит, — и давление газов. Газы будут стремиться вырваться через оба отверстия — переднее и заднее, но спереди они столкнутся с большим противо-

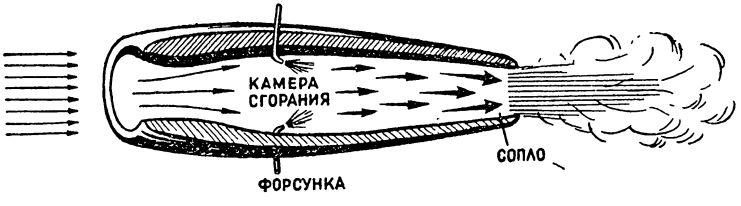


Схема воздушно-реактивного двигателя.

давлением набегающего воздушного потока, а сзади сопротивление окажется совсем малым.

Тогда всё содержимое камеры сгорания и устремится назад, толкая трубку-двигатель и весь самолет вперед. Описанный двигатель называется прямоточным воздушно-реактивным двигателем.

Но вы уже, очевидно, сами догадались, что такой двигатель обладает большим недостатком, — для того, чтобы он заработал, его надо как бы протащить сначала с большой скоростью по воздуху, то есть нужно на самолет ставить еще специальные разгоночные двигатели. Кроме того, этот двигатель для скоростей обычных полетов и неэкономичен. Вспомним недостаток первого двигателя внутреннего сгорания — двигателя Ленуара. Он обладал низким КПД потому, в частности, что работал без предварительного сжатия рабочего заряда. Подобное явление имеет место и в прямоточном воздушно-реактивном двигателе. Если скорость полета невелика, давление воздуха в камере сгорания оказывается тоже небольшим и тепло, выделяющееся при сгорании топлива, используется плохо.

Лишь на больших скоростях, близких к скорости звука, степень сжатия воздуха становится достаточной, чтобы работа двигателя оказалась экономичной.

Нам известно, что в дизеле термический коэффициент полезного действия выше, чем в карбюраторном двигателе. Там удается тот же весовой заряд воздуха предварительно сжать посильнее, отчего к моменту впрыска уже и температура в камере оказывается выше, чем в карбюраторном двигателе. И, когда сгорает порция топлива в цилиндре дизеля, там температура поднимается выше, чем в цилиндре карбюраторного двигателя, а значит, — и давление газов на поршень оказывается бо́льшим.

Вот и для воздушно-реактивного двигателя было бы полезным воздух подавать под давлением, сжатым, — тогда и по весовому количеству его было бы достаточно, и по начальной температуре процесс сгорания был бы экономичней.

Представим, например, себе камеру сгорания не прямоточного двигателя, а другого, имеющего специальный компрессор. В камеру всё время нагнетается компрессором воздух. Там оказывается повышенное давление, и туда впрыскивается топливо. Горячие газы с большой скоростью вылетают в трубу, создавая реактивное усилие.

Но... не кажется ли вам, что здесь что-то уже знакомо? Да и в самом деле, ведь если на пути струи газа поставить колесо с лопатками, мы получим уже знакомый нам двигатель — газовую турбину.

Вот мы и пришли к неожиданному выводу, что реактивный двигатель и газовая турбина имеют один и тот же принцип сгорания топлива и можно создать двигатель комбинированный — газотурбореактивный.

Именно по такому пути и пошли конструкторы современных реактивных самолетов.

Воздух у реактивных самолетов поступает сначала в компрессор. Но компрессор здесь не обычный, поршневой, а центробежный. В поршневом компрессоре воздух сжимается поршнем и затем выталкивается через клапаны. Здесь же воздух сжимается, отбрасываемый к стенкам корпуса лопатками, которые закреплены на вращающемся роторе. Вращать ротор приходится с помощью посторонней энергии.

Эта «посторонняя» энергия, необходимая для вращения компрессора, и получается с помощью газотурбинного колеса. Действительно, выйдя из компрессора, воздух попадает в камеры сгорания (их несколько) уже под повышенным давлением. Сюда через особые форсунки подается жидкое топливо. Происходит сгорание. Горячие газы с большой скоростью устремляются на

колесо газовой турбины, отдают ей часть своей энергии, затем устремляются в реактивное сопло и, здесь еще больше увеличив свою скорость, вылетают наружу. Самолет с таким двигателем винта не имеет и летит только за счет реактивного действия газовой струи. Турбина же нужна здесь только для того, чтобы вращать компрессор.

Но как же такой двигатель запустить? Неужто приходится разгонять самолет ускорительными ракетами? Нет, если имеется компрессор, можно заставить двигатель работать не только в полете, но и на месте. Для этого надо иметь на борту самолета небольшой поршневой двигатель внутреннего сгорания или электромотор, вал которых следует связать с валом компрессора. И, как только заработает вспомогательный двигатель, как только начнет вращаться ротор компрессора, воздух начнет подаваться в камеры сгорания. Остается включить топливо и поджечь его. Дальше всё пойдет, как полагается, — заработает газовая турбина, появится реактивная сила, и вспомогательный двигатель можно отключать.

Но реактивный самолетный двигатель, как мы хорошо знаем, становится выгодным только на больших скоростях полета. Не всегда же приходится развивать самолету скорости, близкие к скоростям звука. Ведь для обычных полетов можно обойтись и меньшими скоростями.

Но тогда надо, отказавшись от реактивного, для малых скоростей применять другой тепловой двигатель, с винтом, как это и раньше практиковалось.

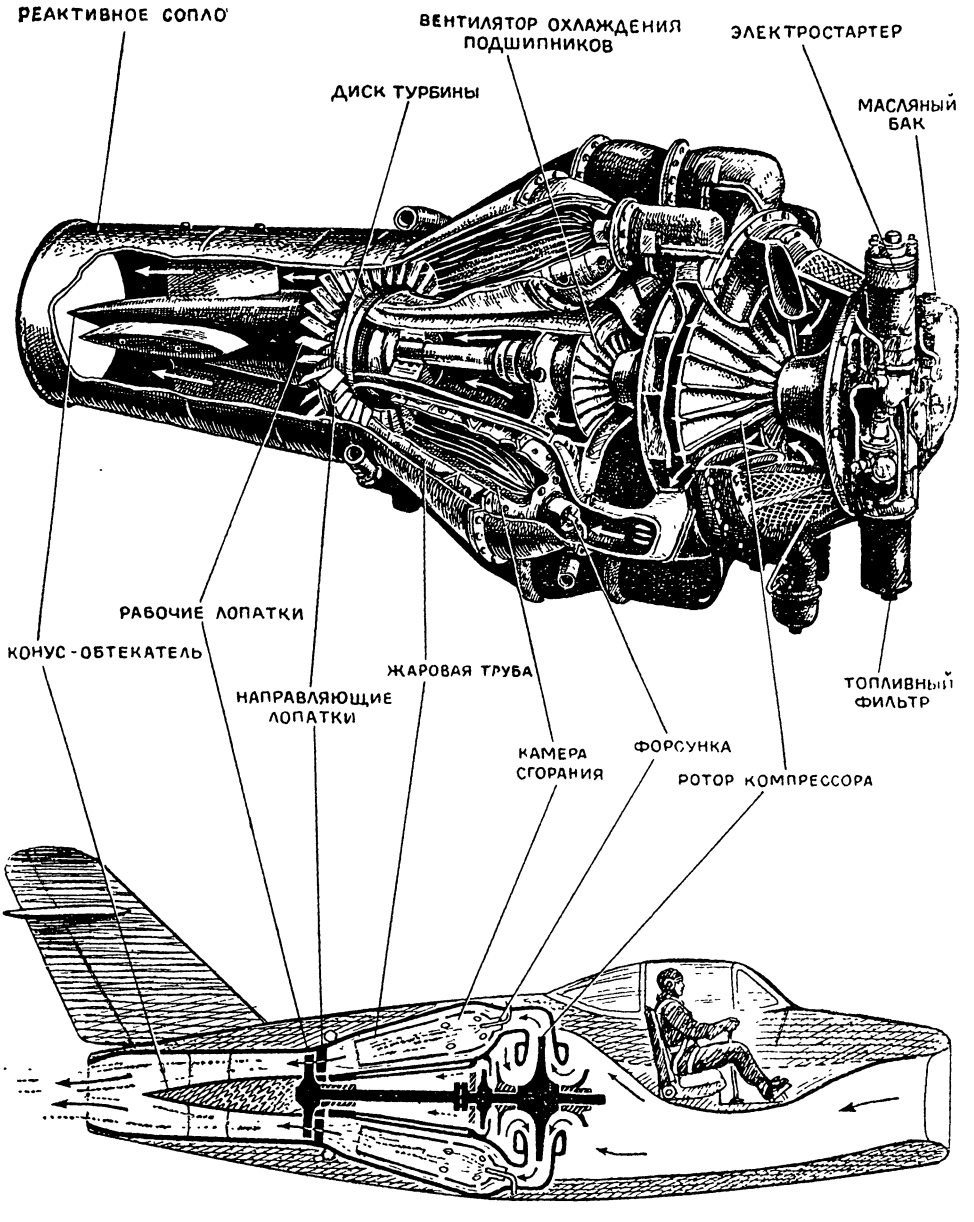
Да, но раньше таким двигателем был двигатель поршневой, сначала бензиновый, а потом дизель, а теперь, коль скоро всё равно авиация использует газовую турбину, — нельзя ли ее-то и нагрузить винтом?

Конечно, можно.

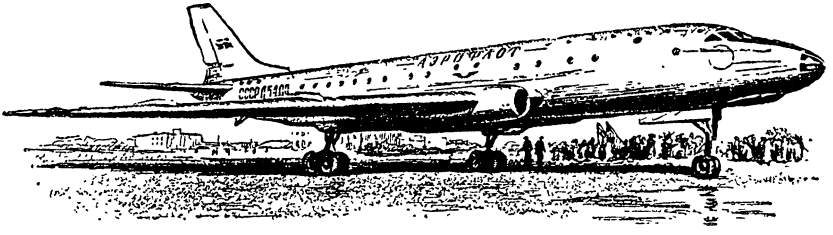
И вот появился новый современный авиационный двигатель — газотурбореактивный винтовой.

Он очень напоминает только что нами рассмотренный газотурбореактивный двигатель. Разница лишь в том, что на одном валу с турбиной теперь крепится не только ротор компрессора, но и винт самолета. Кроме того, и сама турбина здесь отличается тем, что она забирает от газового потока больше энергии,— так уж рассчитано и изготовлено ее колесо с лопатками.

Такой двигатель очень удобен для самолета. Он обладает малым весом, не требует высокосортного горючего, развивает большую мощность — до 6—7 тысяч лошадиных сил и, главное, на малых скоростях экономично работает с винтом, а на больших можно винт остановить, и двигатель, став просто реактивным, начнет опять экономично работать.



Авиационный турбореактивный двигатель.
В верхней части рисунка изображен двигатель с вырезанными стенками.
Внизу — возможная схема его расположения на самолете.



Советский пассажирский реактивный самолет «ТУ-104».

Знакомясь с газовой турбиной, мы выяснили, что для лучшего использования тепла перед турбиной следует поддерживать высокую температуру газов. В авиационных турбинах, от которых не требуется такой же долгой жизни, как от стационарных турбин, эту температуру сейчас доводят до 750—900° С.

А для очень больших скоростей полета выгодно применять прямоточный двигатель, где турбины нет и, следовательно, допустимая температура перед реактивным соплом практически не ограничена.

Так вошел в жизнь и уверенно продолжает шествовать новый авиационный газотурбореактивный двигатель.

Сейчас уже из многих областей авиации полностью вытеснен поршневой мотор, а скорости, которые достигаются реактивными самолетами, почти вдвое выше рекордных скоростей винтовых самолетов. Эти новые скорости приблизились к скорости звука, которая равна 1228 километрам в час, а в некоторых случаях ее превзошли. Вот и считайте, сколько займет времени перелет из Ленинграда в Москву на таком самолете!

До самого последнего времени реактивными двигателями снабжались только военные самолеты. Делались попытки строить и крупные реактивные пассажирские самолеты.

Так, в Англии был испытан реактивный пассажирский самолет «Комет-4». Однако первый опыт окончился неудачно. Конструкция этого многомоторного самолета оказалась ненадежной, самолет потерпел аварию.

Но вот, в пятницу 23 марта 1956 года на Лондонском аэродроме сделал посадку огромный самолет-красавец, рассчитанный на перевозку пятидесяти пассажиров. Это был советский реактивный пассажирский самолет «ТУ-104».

Появление такого самолета в Лондоне произвело сильное впечатление. Английская газета «Дейли Мейл» писала: «Это самолет, который предоставляет России ведущее место в обла-

сти гражданской авиации... Что касается нас, то здесь пассажирские реактивные самолеты не появятся ранее 1959 года, а у американцев, вероятно, — ранее 1960 года или даже позже».

Так силами советских авиаконструкторов одержана еще одна победа — создан первый в мире пассажирский реактивный самолет. «ТУ-104» имеет два двигателя, расположенные в крыльях. Самолет может лететь со скоростью 800 километров в час на высоте 10 000 километров. Расстояние от Москвы до Лондона он преодолевает всего за 3—3,5 часа.

Наша промышленность уже приступила к серийному выпуску таких самолетов, которые помогут приблизить к Москве самые дальние углы необъятной советской страны. Такой самолет сможет пролететь без посадки 3000—3200 километров и за 10 часов преодолеть расстояние от Москвы до Хабаровска.

Так реактивный двигатель нашел свое прочное место в авиации, являясь двигателем, предназначенным для больших скоростей.

Страшные птицы над Лондоном

Прежде чем закончить рассказ о реактивных двигателях, мы позволим себе обратиться еще к одной их разновидности.

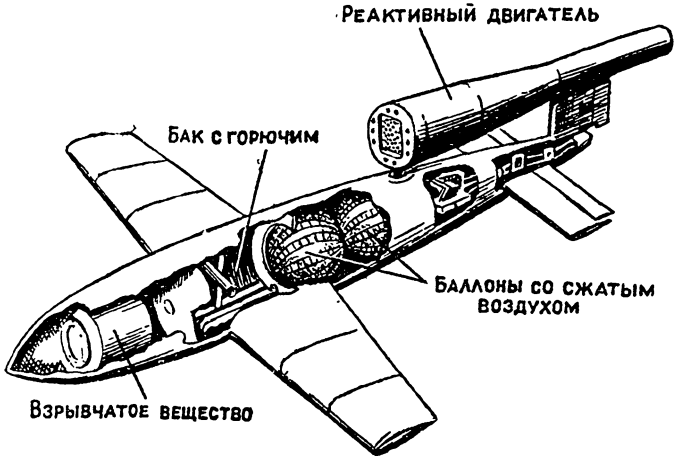
Такой двигатель можно легко изготовить, — надо только иметь жаростойкую сталь, и ребята из Ленинградского Дворца пионеров уже давно такие двигатели строят.

Речь идет о пульсирующем воздушно-реактивном двигателе.

Лежит стальная трубка, похожая на ламповое стекло. Слева, вблизи входного окна, внутри трубы сделана перегородка с отверстиями. Отверстия эти закрыты клапанами, которые прижимаются пружинами. Правее перегородки помещается камера сгорания — туда впрыскивается жидкое топливо. Еще правее начинается реактивное сопло — узкий канал, где газы приобретают нужное направление и скорость.

Схема пульсирующего воздушно-реактивного двигателя.

Запустим двигатель. Для этого впрыснем в камеру топливо и одновременно пошлем электрическую искру. Топливо вспыхнет, в камере поднимется температура и давление газов. Влево газам идти некуда, — там перегородка. Тогда газовый поток устремится вправо через реактивное сопло. Но, вылетая с большой скоростью, газ создает на некоторое мгновение разрежение в камере сгорания, — там давление окажется ниже атмосферного. Тогда под влиянием наружного давления в перегородке откроются клапаны, и свежая порция воздуха войдет в камеру



Реактивный самолет-снаряд «ФАУ-1».

сгорания. Теперь снова впрыснем топливо, и так далее. Двигатель будет работать толчками, как бы пульсировать.

С таким двигателем можно построить модель реактивного самолета.

Но не только модель!

...В ночь с 12 на 13 июня 1944 года над Лондоном появились невиданные, страшные птицы. Распластав неподвижные крылья, исторгая огонь и гром, они падали с неба на дома, улицы, скверы... Их падение сопровождалось взрывами...

Наутро лондонцы обнаружили страшные результаты налета смертоносных птиц: 6000 мирных городских жителей было убито, 20 000 ранено, 25 000 зданий было разрушено до основания, многие тысячи зданий повреждены.

Шла жестокая война, лондонцы знали не одну бомбежку. Но эти таинственные птицы, принесшие столько разрушений

и человеческих страданий, раньше никогда и нигде не появлялись.

Так состоялось знакомство с «новым секретным оружием» фашистов, которое широко рекламировал Гитлер, пытаясь запугать противника. Страшными птицами, сеющими смерть, были реактивные самолеты-снаряды, названные немцами «ФАУ-1».

Посмотрите на эту «птицу».

Два больших крыла (размах около 5 метров), длинный сигарообразный корпус. Передняя половина корпуса занята взрывчатым веществом снаряда, середина занята баком для жидкого горючего и баллонами сжатого воздуха. На самом хвосте, над рулем, укреплена труба реактивного двигателя. Реактивный двигатель работает по принципу пульсирующего.

Такой самолет-снаряд пролетал со скоростью около 600 километров в час расстояние 240—280 километров и при падении взрывался.

После той памятной ночи немцы стали ежедневно посылать до сотни, а то и более, таких снарядов на Лондон. У Гитлера не хватало бомбардировщиков, — они нужны были ему на восточном фронте. Вот и попытались фашисты использовать самолеты-снаряды, которым при взлете задавалось направление, и они летели, управляемые автоматами.

Но, применив такое оружие, Гитлер еще раз доказал всю звериную, человеконенавистническую сущность фашизма. Ведь таким слепым автоматом-снарядом нельзя было вести прицельный обстрел. Страдали женщины, старики и дети, страдали городские жители, занятые далеко не военными делами...

Глава VII

ДВИГАТЕЛЬ БЛИЗКОГО БУДУЩЕГО

Чего не знали алхимики

«Раскали короля на огне, смотри, чтобы не растопился, и делай сие семь раз... и положи его в муравленный, из кипрской земли сделанный сосуд, то и получишь неимоверное сокровище, коим можешь произвести удивительные дела».

Что здесь написано? О каком короле идет речь?

Слова эти писались в одном из трактатов алхимиков.

В глухое время средневековья, когда подлинных ученых сжигали на кострах инквизиции, процветали различные лженауки — богословие, астрология, алхимия...

Возле огромных сосудов восседали «ученые» мужи и, соединяя одно вещество с другим, пытались из простых веществ получить драгоценный металл — золото. Им, конечно, это не удавалось. Все свои неудачи алхимики приписывали тому, что еще не открыт некий «философский камень», обладающий свойством превращать простой металл в благородное золото.

И выдержка из «ученого» трактата о короле есть не что иное, как один из многочисленных рецептов получения такого «философского камня». Рецепт этот был написан скорее для себя самого, нежели для широкого пользования. Автор специально засекретил вещество, которое, по его убеждению, должно решить задачу «философского камня», назвав его «королем». Но ни «король», ни тысячи других веществ в действительности не превращались в «философский камень». Много напрасных усилий тратилось, много всяких трактатов писалось... Находились даже такие «ученые», которые пытались выварить чудодейственный «философский камень» из... костей умерших философов.

Когда вновь восторжествовали подлинные науки, была до-

казана абсурдность исканий алхимиков, не имевших под собой никакой научной почвы.

И вот теперь, в век небывалого научного прогресса, уже настоящие ученые вдруг снова заговорили о возможности превращения некоторых простых веществ в драгоценные.

Оказывается, что и впрямь можно добиться превращения, например, дешевой ртути в дорогое золото.

«Неужто найден «философский камень?» — спросите вы.

Нет, чудодейственного камня не найдено, но наукой открыта еще одна, очень глубоко запрятанная тайна природы — тайна атома. Еще древние греки назвали словом «атом» (неделимый) самую маленькую частичку вещества... Такую частичку трудно себе представить,— ее размеры очень малы. Древние ученые не знали ее величины, но догадывались, что если дробить какое-либо тело, например камень, то можно получать всё меньшие и меньшие частички, пока не образуется «порошок» из самых малых частиц, которые уже не будут делиться.

Вот из таких мельчайших «кирпичиков», связанных между собой, — думали ученые древности, — и составляется уже видимое глазом тело.

Знаменитый ученый и философ-материалист древней Греции Демокрит еще за четыреста лет до нашей эры писал: «Атомы бесконечны числом и бесконечно разнообразны по форме. Их столкновения и пространственное движение и вращение и есть начало миров...»

Возле огромных сосудов восседали «ученые».

Спустя триста пятьдесят лет после Демокрита другой ученый древности — римский философ Лукреций — написал целую книгу в стихах: «О природе вещей», где вновь повторил взгляды Демокрита, Эпикура и других своих предшественников на строение тел, видя в начале всех начал маленькую материальную частичку — атом.

Лукреций писал, так же, как и Демокрит, противопоставляя атом религиозному обману:

«Если же будем мы знать, что ничто не способно возникнуть
Из ничего, то тогда мы гораздо яснее увидим
Наших заданий предмет: и откуда являются вещи,
И каким образом всё происходит без помощи свыше».

«...и тебе остается признать неизбежно
Существованье того, что совсем неделимо, являясь
По существу наименьшим».

Но голоса ученых-материалистов древности потонули в хоре богословских речений лжеученых. Всесильная тогда религия, душившая всякую живую мысль целых пятнадцать столетий, заставила забыть и о замечательных мыслях Демокрита и Лукреция.

Вместо того, чтобы разгадывать тайну атома и этим путем проникать в искусство изменять вещество, алхимики искали «философский камень»...

Лишь к концу XVI века, когда вновь стали возрождаться науки и искусства, человечество опять услышало слово «атом» из уст передовых ученых той эпохи — итальянца Джордано Бруно, француза Пьера Гассенди.

Но и через две тысячи лет после Демокрита атом всё еще представляли как «кирпичик» — неизменную маленькую неделимую частичку любого вещества любого тела. А Пьер Гассенди, признав атом, вместе с тем допускал, что бесчисленное многообразие этих атомов, образующих все тела природы, было создано... богом.

Трудно было пробиться настоящей науке через чащу религиозных представлений, насаждавшихся долгими тысячелетиями...

Начало научному пониманию строения различных веществ в природе было положено великим русским ученым Михаилом Васильевичем Ломоносовым.

«Корпускулы, — писал Ломоносов, — однородны, если состоят из одинакового числа одних и тех же элементов, соединенных одинаковым образом... Корпускулы разнородны, когда элементы их различны и соединены различным образом или

в различном числе. От этого зависит бесконечное разнообразие тел. . .»

То, что Ломоносов называл «корпускулами»,— мы называем теперь «молекулами». Всякое вещество состоит из мельчайших частиц этого вещества — молекул, которые совершенно похожи друг на друга. Но молекулы делимы. Они состоят из еще более мелких частиц — атомов. Если вещество простое, то все атомы в молекуле одинаковы. Если вещество сложное, — атомы в молекуле не все похожи друг на друга, молекула сочетает в себе несколько разных атомов.

Однако и для Ломоносова и для ученых более поздних лет оставалось загадкой, — что же такое атом?

Молекула — то, что древние ученые называли «атомом», то есть «кирпичик» всякого вещества, — делима.

Но делимы ли те частицы, которые теперь стали называться атомами и из которых строятся молекулы?

Тайны атома не знали средневековые алхимики, ее не знали и ученые более поздних веков.

Научный подвиг Менделеева

Открытие одной из самых глубоких тайн природы — тайны атома — началось лишь в самом последнем десятилетии прошлого века.

Но, прежде чем рассказать, как началась разгадка атома, нам необходимо познакомиться с величайшим в истории науки открытием, которое было сделано выдающимся русским ученым Дмитрием Ивановичем Менделеевым и которое Энгельс назвал научным подвигом.

В середине прошлого века химия была модной наукой. К ней влекло многих молодых людей, стремящихся к образованию. Соединение различных веществ, получение неизвестных ранее, раскрытие свойств жидкостей и газов, проникновение в «кухню природы» — всё это увлекало, всё это было новым, сулило творческие радости. . . Но изучать химию было очень трудно. Надо было помнить множество различных соединений, их свойства. Надо было зубрить огромное количество наименований и реакций, подчас не находя никакой связи между отдельными химическими явлениями. Виной всему был хаос. Если в математике всегда наблюдался строгий порядок, точная логика, то химия казалась наукой сумбурной, без общих законов.

Когда Дмитрия Ивановича Менделеева пригласили прочесть курс общей химии студентам Петербургского университета, он прежде всего задумался над тем, как бы доходчивей, проще и

Дмитрий Иванович Менделеев.

вместе с тем глубже преподнести столь сложную науку своим молодым слушателям.

Дмитрий Иванович уже давно работал над изучением общих закономерностей в химии. Он не мог мириться с хаосом в его любимой науке. Он считал, что хаос существует лишь потому, что человеческий разум еще не открыл каких-то общих законов природы...

И вот, строя свой университетский курс химии, Менделеев одновременно с этим начал приводить в порядок свои прошлые многочисленные наблюдения и исследования. При этом главная цель состояла в том, чтобы отыскать связь между различными химическими веществами и явлениями.

Поставив ясную цель, ученый шел к ней трудными путями науки, — множество опытов, составление карточек на все известные простейшие вещества (или, как их назвали, «элементы»), точное описание свойств каждого из них.

И вот, среди дремучего леса фактов появился просвет. Ученый обнаружил, что химические свойства каждого элемента определяются прежде всего его атомным весом. Дальше просвет всё расширялся и расширялся. Элементы были выписаны на листе бумаги в порядке возрастания их атомных весов, и открылось новое, поразительное явление: элементы с похожими химическими свойствами повторялись через определенный период. Так, первым в ряду элементов стоял водород — самый легкий, с атомным весом 1. Затем Менделеев ставил металл литий с атомным весом 7. Дальше шли бериллий, бор, углерод, азот, кислород, фтор и натрий — по всё возрастающим атомным весам. По своим свойствам похожим на литий оказывался только натрий. Между литием и натрием стояло шесть непохожих элементов. Зато похожим на металл бериллий, что следовал за литием, оказывался металл магний, который стоял за натрием. То есть от лития до натрия шел один период, состоящий из элементов с разными свойствами, а от натрия и дальше пошел второй период, где снова чередовались элементы, похожие по свойствам на элементы первого периода.

И вот, открыв закон периодического повторения свойств элементов, Менделеев построил строгую, систематическую таб-

лицу расположения всех известных науке химических элементов.

В 1869 году первый вариант такой таблицы ученый отпечатал и разослал химикам разных стран.

Закон, которому подчиняются химические явления, был открыт.

«Свойства элементов, а потому и свойства образуемых ими простых и сложных тел, стоят в периодической зависимости (то есть правильно повторяются) от их атомного веса...», — писал Менделеев.

Атомный вес, строение атома — вот где основа закономерностей.

Таблица, построенная великим ученым, оказалась той основой, на которой быстро и уверенно стала развиваться наука об атоме.

Самое первое и самое удивительное доказательство колоссальной значимости своего открытия Менделеев явил научному миру тогда, когда смог на основе своей таблицы предсказать свойства еще не найденных к тому времени в природе элементов.

...Молодой французский химик Лекок де Буабодран в 1875 году нашел в цинковой руде Пиренейских гор новый, неизвестный еще в науке, химический элемент. Буабодран назвал этот элемент «галлием» — в честь своей родины Франции, которая в древности именовалась Галлией. Коротенькое сообщение Буабодрана в «Докладах» Парижской Академии наук обратило на себя внимание химиков всех стран. Это был 65-й по счету элемент, первый вновь открытый после составления таблицы Менделеева, где было всего 64 элемента. Правда, о законе, открытом русским ученым, за границей предпочитали умалчивать, сводя его к рядовой попытке некоторого упорядочения, систематизации в химии. Но как раз история с галлием и доказала, что Менделеевым найден закон, открывающий перед учеными новую, прямую дорогу к вершинам знания.

Описывая свойства открытого им элемента, Буабодран указывал, что галлий обладает атомным весом 68, а удельным весом — 4,7. Ученые всего мира занесли в свои справочники данные о новом элементе. Никто из них не задумывался над достоверностью этих сведений.

И только один ученый — профессор Санкт-Петербургского университета Дмитрий Менделеев — позволил себе усомниться. Менделеев ожидал открытия элемента вроде галлия, — об этом ему говорил найденный им периодический закон. В своей таблице Менделеев оставил специальную клеточку, поставив туда элемент с названием «экаалюминий», описав еще за пять лет до

открытия Буабодрана свойства «экаалюминия», которые и оказались близкими к свойству галлия.

Но Менделеева удивило то обстоятельство, что у французского ученого новый элемент имел удельный вес 4,7, а не 5,9—6,0, как это вытекало из закона.

И вот Буабодран получает письмо, где ему рекомендуется уточнить значение удельного веса. На сей раз удивлен был Буабодран: как так — он, единственный человек в мире, державший в руках галлий, ошибся, а какой-то русский профессор, на основании одних своих рассуждений, осмелился его поправлять!

Однако добросовестность ученого заставила Буабодрана заново проверить свои измерения. И каково же было его смущение, когда при точной проверке удельный вес галлия действительно оказался равным 5,96. Ученый вынужден был выразить восхищение своему гениальному русскому коллеге: «Я думаю, нет необходимости настаивать на огромном значении подтверждения теоретических выводов г. Менделеева», — писал Буабодран. И впрямь, это было начало триумфа нового закона.

Вскоре были открыты и другие элементы, предсказанные Менделеевым, — клеточки заполнялись. В таблице периодической системы элементов стало насчитываться 92 элемента. Причем последним оказался тяжелый элемент «уран», с атомным весом 238. Сейчас уже найдены и другие элементы, полученные искусственным путем, доводящие общее их число до 100.

Уран — элемент, имеющий самый тяжелый атом из всех существующих на земле, привлекал особое внимание творца периодического закона. «Между всеми известными химическими элементами уран выделяется тем, что обладает наивысшим атомным весом... — писал Менделеев, — убежденный в том, что исследование урана, начиная с его природных источников, поведет еще ко многим новым открытиям, я смело рекомендую тем, кто ищет предметов для новых исследований, особо тщательно заниматься урановыми соединениями...»

Жизнь уже вскоре доказала, что и это предвидение Менделеева оказалось пророческим. Уран помог проникнуть в тайны строения атома.

Начало разгадки

Своим гениальным открытием Менделеев положил начало разгадке глубокого секрета природы. Не прошло и десяти-пятнадцати лет, как многие ученые, пользуясь периодическим законом, уже могли, пока еще теоретически, но достаточно глубоко, заглянуть в тот мир, который именуется «атомом». Одним

из первых таких исследователей, в совершенстве овладевшим законом Менделеева, был русский ученый Чичерин. В восьмидесятых годах прошлого века, еще не имея в своих руках никаких опытных данных, пользуясь одними лишь математическими расчетами, вытекающими из периодического закона, он пришел к выводу, что «бесконечно малый атом, невидимый для глаз и постигаемый только разумом, управляется теми же законами, которые движут небесные светила в бесконечно великих пространствах вселенной... Каждый атом представляет собой подобие солнечной системы с центральною массою и обращающимися около нее телами».

Многим, вероятно, в то время казалось странным такое сопоставление: атом и солнечная система. Быть может, и вовсе выводы Чичерина не обратили на себя внимания, но факт остается фактом, — этим предположением своим русский ученый предвосхитил более поздние открытия, где уже на основе опыта была создана именно такая модель атома.

Больше того, Чичерин говорил об атомах, что «они неделимы в пределах нашего опыта, но мы не имеем основания сказать, что они неделимы безусловно».

Еще никто не поднимал в науке вопроса о делимости атома, а русский ученый Чичерин об этом заговорил и заговорил только на основании закона Менделеева.

Однако наука требует, чтобы любая теория, любые расчеты, любые предположения были подтверждены опытом. Лишь опыт, наблюдения, тщательно проверенные и многократно повторяющиеся, могут доказать правильность теоретических положений.

Еще через десяток лет, в 1896 году, состоялся и первый опыт. Состоялся он неожиданно, и проделан он был с ураном. Вот как это произошло.

В 1895 году немецкому ученому Рентгену удалось обнаружить невидимые таинственные лучи. Лучи эти могли проникать через непрозрачные стенки, давать отпечаток на фотопластинке и делать воздух или газ, через которые они проходят, хорошими проводниками электрического тока. Лучи возникали внутри запаянной стеклянной трубки, откуда выкачивался воздух и где между двумя металлическими электродами происходили под высоким электрическим напряжением разряды.

Рентген назвал свои лучи «икс-лучами», то есть «неизвестными лучами». В своих описаниях Рентген указывал, что появление лучей сопровождается желтовато-зеленым светом, исходящим из трубки.

Происхождение луча Рентгена, таящее в себе какую-то загадку, заинтересовало ученых-физиков.

Действием и свойствами этих лучей заинтересовались врачи, которые вскоре научились успешно применять их для «просвечивания» человеческого организма.

Французский физик Беккерель много лет трудился над изучением свойств самосветящихся веществ. Есть такие удивительные вещества,— стоит их немного подержать на солнце, как потом они сами начинают в темноте светиться желтовато-зеленым светом. Прочитав об открытии Рентгена, Беккерель решил проверить: не похожи ли лучи самосвечения на «икс-лучи»? Ну, например, не пройдут ли лучи самосветящегося вещества через черную, не проницаемую для обычного света бумагу и не дадут ли они отпечатка на фотопластинке?

И вот Беккерель начал свои опыты. Он брал кусочек такого вещества, выносил на солнце, а затем водворял его в темную камеру и клал на тщательно завернутую в черную бумагу фотопластинку.

Нельзя сказать, чтобы опыты оказались очень удачными, — некоторые вещества никаких отпечатков не давали, а некоторые — те, в которых содержался уран и его соединения, — действительно оставляли слабые отпечатки. Из этого еще нельзя было сделать каких-либо выводов, — может быть, одни светятся слабее, другие сильнее, а значит, и пластинка к одним почти не чувствительна, а на другие реагирует лучше. Беккерель продолжал проверять всё новые и новые составы веществ. Неизвестно, сколько еще пришлось бы ученому биться, если бы не один «неудачный» опыт, заставивший Беккереля совсем отказаться от своей затеи.

Однажды утром, взглянув на хмурое парижское небо, Беккерель с грустью вынужден был отказаться от проведения опыта.

У него в руках был кусочек нового вещества, содержащего уран. Этот кусочек надо было вынести на солнце, а день был на редкость пасмурный. Беккерель, вздохнув, запер в шкаф приготовленную в черной обертке фотопластинку и лежащий на ней кусочек вещества. Через несколько дней, когда ученый вновь собирался приступить к опытам, он достал приготовленный кусочек вещества, но пластинку заменил другой. Каково же было удивление ученого, когда, проявив новую, а заодно и старую пластинки, он обнаружил на старой пластинке еще более сильный отпечаток по форме кусочка, нежели на новой. Выходит, это вещество и незачем было выносить на солнечный свет, выходит, что и несветящийся кусочек такого вещества испускает лучи, похожие на лучи Рентгена?

Это уже было совсем новым, неожиданным открытием. Ведь тут дело обходилось без всякой трубки, без всяких разрядов...

Просто брался кусочек вещества, излучающего удивительные лучи.

Вот когда Беккерель забыл о своих первоначальных намерениях. Теперь он стал обходиться без солнца. Теперь ему надо было узнать другое, — а какие же вещества способны излучать?

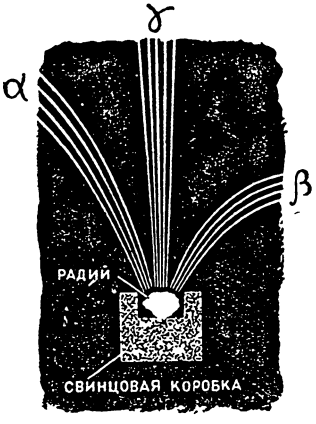
Рядом новых опытов ученому удалось определить, что таким свойством обладают уран и его химические соединения. Именно такие светящиеся вещества, в которые входил уран, и давали отпечатки раньше, — уже в первых опытах ученого.

Свойство урана, обнаруженное Беккерелем, заинтересовало других ученых. Польский физик Мария Складовская и ее муж, французский физик Пьер Кюри, решили определить, какие еще элементы, кроме урана, способны к излучению. Долгими поисками, кропотливым трудом в скромной лаборатории ученым удалось отыскать и другие такие вещества, среди которых особенно выделялся совершенно неизвестный ранее химический элемент.

Ученые назвали его «радий», что по-латыни означает: «лучистый». Действительно, это был элемент еще более лучистый, чем уран, — он излучал в миллион раз сильнее. Мария Складовская и Пьер Кюри назвали свойство некоторых веществ излучать невидимые лучи «радиоактивностью».

Но что же это за лучи? Действительно ли это те же «икс-лучи», что открыл Рентген, или это лучи новые?

Открытие радия дало возможность ученым ответить на эти вопросы, — изучить природу и свойство новых лучей, так как теперь они излучались достаточно сильно. Вскоре было обнаружено любопытное свойство новых лучей. Если кусочек радия поместить в поле сильного электромагнита, то лучи, испускаемые радием, на фотопластинках оставляют три следа, как будто здесь три разных вида лучей. Первый пучок отклоняется немного влево, второй пучок направляется прямо, а третий пучок отходит резко вправо. Стало ясно, что те лучи, которые отклоняются, состоят из заряженных электричеством частиц. Сложными опытами удалось определить, что левый пучок лучей состоит из быстронесущихся положительно заряженных частичек с массой, почти равной массе атома газа гелия. Эти частички были названы «альфа-частицами» (альфа — α — первая буква греческого алфавита). Лучи, отклоняющиеся вправо, как оказалось, состоят из мельчайших частичек, несущих самый маленький отрицательный электрический заряд, — электронов. (Электроны к тому времени были уже известны ученым, их даже называли «атомом электричества».) Такие лучи были названы «бетта-лучами» (β — вторая буква греческого алфа-



Следы излучений кусочка радия, помещенного в поле сильного электромагнита.

вита). Наконец, средние лучи, «гамма-лучи» (γ — третья буква греческого алфавита), были похожи на лучи Рентгена, как будто они излучались от разряда в виде электромагнитных волн.

Но не лучи Рентгена и не «гамма-лучи» теперь уже занимали ученых. Казалось удивительным другое: из вполне определенного химического элемента радия или урана вылетают какие-то частички, не похожие на атомы этих веществ. Но откуда же им взяться? Выходит, атомы сами могут делиться, выходит, что альфа- и бетта-частички — это какие-то осколки атомов! Атомы могут, оказывается, распадаться!

Опыты, о которых писал Чичерин, раздвинулись, и, действительно, атом оказался делящимся.

И вот, этот-то вывод ученых, идущий вразрез со старыми представлениями о том, что «атом» — неделимая мельчайшая частичка, и явился началом разгадки тайны атома.

Атом и его модели

Итак, атом делим. Но как представить себе его строение? Какие мелкие частички и сколько разновидностей их содержится в атоме? Наконец, в каком порядке они там расположены? На все эти вопросы еще не было убедительного ответа. Правда, на основании опытов, ученые стали предлагать различные модели атома, но ни одна из них не казалась достоверной.

Английский физик Томпсон считал, например, что атом состоит из одних электронов, которые как бы плавают в положительно заряженной материи. Что это за материя, которая своим положительным зарядом удерживает отрицательно заряженные электроны, ни сам Томпсон, ни другие ученые объяснить не могли. И совсем нельзя было увязать с моделью Томпсона факт излучения атомами радия и урана α-частиц — положительно заряженных атомов гелия.

Нужны были годы большого труда, кропотливых исследований, сложных вычислений, остроумных опытов, чтобы

прийти к единому решению, которое не вступало бы в противоречие с известными уже фактами.

Было бы слишком долго рассказывать о том, как шаг за шагом разгадывалась загадка атома. Попробуем лишь бегло проследить за ходом научной мысли.

В начале текущего века английский физик Резерфорд, проделавший много исследований над радиоактивными излучениями, пришел к выводу, что в атоме должно существовать центральное плотное ядро. Это доказывалось специальными опытами. Далее, на примере простейших атомов — водорода и гелия, — удалось убедиться в том, что ядро несет на себе положительный заряд, удерживающий внутри атома и некоторое количество электронов. Так, у водорода ядро атома имеет положительный заряд, равный заряду электрона. Следовательно, в таком атоме возле ядра находился лишь один электрон. Ученые еще раньше называли атом водорода «протоном» (первичным), теперь под «протоном» стали понимать ядро атома водорода, заряженное положительным зарядом. Так и считалось вначале, что в состав атома водорода входят протон (ядро) и один электрон. А вот у гелия, например, заряд ядра вдвое больше, значит, в ядре этого газа содержится два протона. Следовательно, α-частицы есть не что иное, как вылетающие ядра гелия; по массе они почти равны массе атома гелия(ведь электроны обладают очень малой массой, и их отсутствие почти не отражается на величине атомного веса), а по заряду соответствуют двум протонам.

Итак, ученые пришли к выводу, что атом любого вещества имеет центральное ядро с положительным зарядом и несколько электронов, удерживаемых этим зарядом возле ядра. Вначале казалось, что эти электроны должны составлять «облачко» вокруг ядра, но потом, исследуя дальше свойства атома, ученые создали его модель, которая действительно, как и предполагал Чичерин, напоминает солнечную систему. Эта модель и теперь считается наиболее достоверной. Она, эта модель, возможно, и не совсем точно воспроизводит истинное строение атома, но известные пока факты могут быть объяснены на ее основе. По этой модели атом представляется в виде маленькой системы, в центре которой помещается положительно заряженное ядро, а вокруг ядра по эллиптическим орбитам, или, точнее, оболочкам, движутся отрицательно заряженные электроны. Оболочек может быть несколько, — некоторые из них меньшего диаметра, некоторые большего. Чем оболочка меньше по диаметру, тем прочнее держатся ее электроны возле ядра. Электроны, находящиеся на внешних оболочках, могут отлетать от ядра, могут одновременно принадлежать

внешним оболочкам двух атомов, — так образуются молекулы.

Создав такую модель атома и научившись опытом находить величину электрического заряда ядер, ученые поняли, в чем истинный смысл периодического закона Менделеева. Оказалось, что если первый элемент периодической таблицы — водород — обладает ядром с зарядом, равным единице, то следующий, второй, элемент — гелий — имеет ядро с зарядом, равным двум зарядам протона, и т. д. Величина заряда ядра атома любого элемента точно соответствует его порядковому номеру в таблице Менделеева. Следовательно, не столько вес атома, сколько заряд его ядра определяет все свойства вещества. И тот факт, что сам Менделеев не все элементы расположил точно по возрастанию атомных весов, но зато точно по возрастанию величины заряда ядер, оказался поразительным. Великий ученый предчувствовал какие-то более глубокие закономерности, чем просто увеличение атомного веса. Так, например, элемент «теллур» с атомным весом 127,61 Менделеев поставил раньше элемента «иод», хотя атомный вес последнего был меньше — 126,92. По своим свойствам элементы должны были располагаться именно так. И действительно, как оказалось впоследствии, заряд ядра теллура на единицу меньше заряда ядра иода.

В знак признания гениального предвидения Менделеева, порядковый номер элемента в его таблице, а следовательно, величину заряда ядра, ученые теперь именуют «числом Менделеева».

Что же касается атомных весов, то вскоре ученые обнаружили, что один и тот же элемент может иметь несколько разновидностей, отличающихся по атомным весам, но по химическим свойствам абсолютно схожих. Например, известный металл свинец, помеченный в таблице Менделеева номером 82, если он добывается из урановой руды, имеет атомный вес примерно 206, из ториевой руды — примерно 208, а из всех других руд — 207,2. Этот последний вес был определен химиками давно, но он, в сущности, представляет собой среднее значение между урановым и ториевым свинцом. Это значит, что в обычном свинце перемешаны два рода атомов — с весом 206 и с весом 208. По химическим свойствам оба вида свинца совершенно одинаковы, — заряд ядра их атомов тоже одинаковый. Такие разновидности одного и того же элемента, отличающиеся лишь атомным весом, ученые назвали «изотопами». Следовательно, в одной клетке таблицы Менделеева может находиться несколько изотопов элемента. Стало быть, и это обстоятельство указывает на тот факт, что не атомный вес определяет свой-

ства элемента, а заряд его ядра и количество электронов, находящихся на его орбитах.

Однако, придя к такому выводу, ученые долгое время затруднялись объяснить, как же устроено ядро атома и почему между атомным весом и зарядом существует разница? Действительно, ядро атома водорода — «протон» — имеет единичный положительный заряд, и атомный вес тоже примерно равен единице. Следующий за ним в таблице элемент гелий (№ 2) имеет двойной заряд, но атомный вес его в четыре раза больше атомного веса водорода. Далее идет элемент литий (№ 3) — имеет заряд 3, а атомный вес 7, и т. д. Последний элемент таблицы — уран (№ 92) имеет заряд 92, а атомный вес 238.

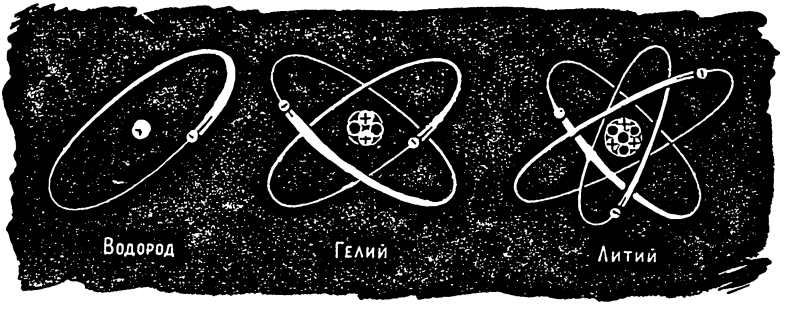
В чем же дело? Ведь если ядра всех атомов составлены из разного количества ядер простейшего атома — водорода, то есть из протонов, то атомный вес гелия должен быть лишь вдвое больше атомного веса водорода, атомный вес лития — лишь втрое больше, а атомный вес урана — в 92 раза больше. Значит, ядра атомов состоят не из одних только протонов.

Одно время считали, что атомный вес указывает на количество протонов в ядре, а величина заряда ядра, как полагали, оказывается меньшей лишь только потому, что внутри ядра, кроме протонов, имеется еще некоторое количество «связанных» электронов. Эти ядерные электроны как бы нейтрализуют часть положительно заряженных протонов. А другая часть протонов, которая в сумме обладает зарядом, равным порядковому номеру в таблице Менделеева, связана уже не с ядерными электронами, а с внешними, которые движутся по оболочкам.

В 1932 году была экспериментально найдена еще одна частица, содержащаяся в ядре, — по весу она была равна весу протона, но никакого заряда не носила. В том же 1932 году советский ученый Иваненко высказал мысль о том, что ядро атома должно состоять не из протонов и электронов, а из протонов — положительно заряженных частиц — и совсем незаряженных частиц — нейтронов. Ученые смогли дальше усовершенствовать построенную ими модель атома. Стало понятным, что заряд ядра определяется числом протонов в ядре, а атомный вес — числом протонов и нейтронов вместе взятых.

Вот как теперь представляют себе атомы трех первых элементов таблицы Менделеева.

Водород — имеет ядро из одного протона, а по единственной оболочке вокруг ядра движется один электрон — очень легкая подвижная частичка, с массой в 1836 раз меньшей



Схемы атомов водорода, гелия и лития.

массы протона. Атомный вес определяется, по существу, только массой протона.

Гелий — имеет ядро, состоящее из двух протонов и двух нейтронов. Заряд — 2, атомный вес — 4. По двум внешним орбитам, составляющим оболочку одного диаметра, движутся два электрона.

Литий — имеет ядро из трех протонов и четырех нейтронов. Заряд — 3, атомный вес — 7. На орбитах — 3 электрона. Орбиты составляют две электронные оболочки: малую — с двумя электронами и большую — с одним.

Когда был найден нейтрон, стало ясно и что такое изотопы. Вот посмотрите на ядро лития: куча мала! Среди трех протонов тесно разместились 4 нейтрона. А ведь в сложных атомах, где 70, 80, 90 протонов, может разместиться много и нейтронов! Вот и получается, что, например, в свинце с атомным весом 206 на 82 протона приходится 124 нейтрона, а в свинце с атомным весом 208 на те же 82 протона приходится 126 нейтронов. В обоих случаях «куча мала» держится, и оба изотопа существуют, обладая одинаковыми химическими свойствами, так как химические свойства определяются количеством внешних электронов, а их количество определяется величиной заряда ядра, то есть числом протонов.

Могут быть, однако, и неустойчивые изотопы. Нейтрон сначала будто бы и прилепился, а вскоре его выбросило, — из одного изотопа получился другой изотоп.

Но что же, в таком случае, вообще связывает между собой нейтроны и протоны, почему положительно заряженные частички не отталкиваются друг от друга, а нейтральные почему не рассыпаются, как биллиардные шарики из пирамиды?

Вот тут-то как раз и начинается следующий этап разгадки тайн атома — этап, связанный с получением атомной энергии.

Чудесные превращения

Атом — очень маленькая частичка. А ядро атома по диаметру еще в сто тысяч раз меньше атома. Если бы ядро могло вырасти до размера булавочной головки, то атом оказался бы огромнейшим шаром с диаметром в 100 метров, а булавочная головка при той же степени увеличения выросла бы до размеров солнца! Иными словами — ядро атома во столько раз меньше булавочной головки, во сколько раз булавочная головка меньше солнца. Вот и представьте себе величину тех еще более мелких частиц, которые заключены внутри ядра атома. Там, как мы знаем, уживаются друг с другом протоны и нейтроны. Но какие силы их связывают? Электрическими силы эти быть не могут, — тогда положительно заряженные протоны друг от друга оттолкнулись бы. Значит, это силы не электрические, а еще более мощные, потому что им всё же удается удержать тесно прижатые одноименно заряженные протоны. Что за природа «ядерных сил», как их называют ученые, пока еще точно не выяснено, — это предмет многих исследований, которые проводят ученые наших дней. Некоторые свойства «ядерных сил» уже удалось определить. Известно, например, что в пределах объема ядра, где самое большое расстояние между частицами не превышает 0,0000000000013 сантиметра, силы эти очень велики. Но уже при малейшем увеличении этого расстояния они начинают быстро ослабляться. И, если расстояние между частицами станет в 2—3 раза больше первоначального, силы эти вовсе исчезнут.

Значит, внутри ядра действуют два рода сил, направленных друг против друга: ядерные силы стремятся связать частицы, электрические силы стремятся их оттолкнуть друг от друга. Чем меньше частиц в ядре, тем они ближе друг к другу, тем сильнее оказываются там ядерные связи. В больших атомах, где много протонов и нейтронов и между двумя частицами может оказаться относительно большое расстояние, там ядерные связи слабее.

Вот если бы удалось чем-либо расщепить ядро, раздвинуть еще немного частицы между собой, тогда действие ядерных сил и вовсе прекратилось бы, а под влиянием электрических сил отталкивания некоторые протоны, а вместе с ними и нейтроны, вылетели бы из ядра. И при этом летели бы они с огромнейшими скоростями.

Но если из ядра будет удален хотя бы один протон, то, следовательно, и заряд такого ядра, и вес его изменятся. А раз изменится заряд, то и химические свойства вещества станут другими. Или, иными словами, один элемент превратится в другой.

Ядра самых тяжелых элементов — урана, тория, радия — сами распадаются. Одни быстрее, другие медленнее. Излучение, которое открыл Беккерель у урана, а супруги Кюри — у радия, есть не что иное, как результат постепенного распада атомных ядер этих элементов. Распад этот идет медленно, но непрерывно и закономерно. Ученые установили, например, что если взять какое-то количество урана, то через четыре с половиной миллиарда лет половина этого количества распадется.

Для элемента радия время «полураспада», как говорят ученые о распаде половинного количества, равно 1590 лет, — ведь излучение радия происходит более интенсивно!

Миллиарды лет уже длится этот распад тяжелых элементов. Постепенно они превращаются в нераспадающиеся, устойчивые элементы — изотопы свинца. Открыв это явление, ученые сейчас получили возможность высчитать, сколько лет существует наша планета — Земля.

Раньше считалось, что огненно-жидкий земной шар охлаждался до теперешнего состояния не менее 40 миллионов лет, потом различными способами был найден другой минимальный срок — 30 миллионов лет. Но всё это было далеко не точно. Теперь ученые установили, что Земля значительно старше, — ей около пяти миллиардов лет.

В ядрах тяжелых элементов внутриядерные силы не очень велики, — потому и распадаются эти элементы. Но можно ли, есть ли действительно такие возможности, чтобы искусственно изменять заряд ядра любого элемента — выбивать оттуда или, наоборот, добавлять туда протоны?

Впервые такой опыт поставил английский физик Резерфорд в 1919 году.

Ему удалось бомбардировкой α-частицами, каждая из которых имеет два протона, превратить газ азот в газ кислород. Посмотрите на таблицу Менделеева. Вы увидите, что азот превратить в кислород можно, только увеличив заряд атома азота с 7 до 8, то есть на единицу. Выходит, что один из протонов, содержащихся в α-частице, не выбивает из ядра атома азота протона, а, наоборот, сам застревает в этом ядре. В результате появляется новый химический элемент — газ кислород.

Это ли не чудесное превращение? Теперь уже научились искусственно преобразовывать и другие элементы, в том числе и ртуть в золото. Из ядра ртути выбивается один протон, и простой металл ртуть (№ 80 по таблице Менделеева) превращается в благородный металл золото (№ 79).

Не «философский камень» алхимиков, а строгое научное проникновение в тайны природы сделало возможными такие чудесные превращения.

Но не они являются главным результатом научных достижений физики атомного ядра. Такое получение золота, например, оказывается пока слишком дорогим и потому нецелесообразным.

Основной практический итог современной науки об атоме в другом — в открытии способов и средств освобождения и использования той колоссальной энергии, которая таится в атомном ядре.

Могучая энергия

Вторая мировая война подходила к концу. Победоносная Советская Армия, разгромив гитлеровские фашистские полчища, наносила решающие и стремительные удары по войскам агрессивной Японии. Мир ожидал близкой развязки.

И вот, в августе 1945 года, когда исход войны был предрешен, над японским городом Хиросима с американского самолета была сброшена бомба необычайной силы. Невиданная ранее сила взрыва смела с лица земли многолюдный город, погубив в огне и развалинах около двухсот тысяч жителей.

Мир был потрясен и силой новой бомбы, о которой стало известно, что она основана на использовании атомной энергии, и бессмысленным, бесчеловечным способом ее применения. Атомная бомба, первыми жертвами которой стали сотни тысяч горожан, представилась миру как грозное предзнаменование небывалых ужасов будущих войн, где стиралась разница между фронтом и тылом.

Народы всех стран, обеспокоенные судьбами человечества, повели длительную и неустанную борьбу за запрещение атомной бомбы, за использование новой могучей энергии в мирных целях.

«Не разрушать, а созидать с помощью могучей атомной энергии!» — вот что написано на знаменах борцов за мир.

Что же это за энергия? Почему она обладает такою мощью? Где таится секрет получения этой энергии? Почему до сих пор, на протяжении всей истории своей, человечество не могло воспользоваться ее необычайными возможностями?

Не могло?

Впрочем, это не совсем так, даже совсем не так. В действительности человечество именно с самого своего зарождения пользуется одним из проявлений атомной энергии — энергией Солнца. Миллиарды лет Солнце посылает тепло и свет, согревая Землю, вселяя в нее жизнь. Миллионы лет человечество не знало, откуда берется такой неиссякаемый запас энергии. Религия объясняла это сверхъестественными, недоступными

человеческому разуму, силами богов. Ученые же искали научное объяснение. Еще совсем недавно считали, что Солнце — гигантский раскаленный шар, медленно, миллиарды лет, остывающий. Но трудно было объяснить, — что же это за шар, как он устроен, откуда у него такие запасы тепла?

Ведь чтобы выработать столько энергии, сколько излучает Солнце, пришлось бы построить 180 000 000 миллиардов таких электростанций, как Куйбышевская!

И только в последние годы, после того как были разгаданы тайны атома, ученые начали понимать и природу Солнца. Оказалось, что на Солнце происходит непрерывный процесс выделения колоссальной атомной энергии. Благодатные солнечные лучи, которым мы так рады и зимой и летом, несут нам тепло и свет — результат гигантского производства атомной энергии на Солнце. Но ведь и любой уже знакомый нам вид энергии — энергия воды, энергия ветра, тепло сгорания топлива — тоже обязан своим происхождением Солнцу!

Значит, человечество уже давно пользовалось атомной энергией... Но получать ее непосредственно — не через солнечные излучения, а так же, как на самом Солнце, — человек не умел. И лишь в наши дни наука, наконец, постигла некоторые секреты получения атомной энергии. Открылись возможности практического использования этой энергии.

Атомную энергию следовало бы именовать, более точно, ядерной энергией. Именно в ядрах всех атомов и таится огромнейший запас энергии.

Мы уже говорили о силах, связывающих протоны и нейтроны в тесные группки, которые и представляют собой компактные, плотные ядра атомов. Чтобы разорвать ядерные силы, нужно попасть каким-либо «снарядиком» в ядро. При этом освобожденные протоны и нейтроны под действием электрических сил отлетят с огромными скоростями. Долго ученые искали нужные «снарядики». Вначале бомбардировку вели α-частицами, то есть положительно заряженными ядрами гелия (2 протона + 2 нейтрона). Но попасть в ядро любого атома оказалось при этом весьма сложно: положительно заряженные α-частицы отталкивались положительно заряженными ядрами. И, лишь разогнав α-частицы до чрезвычайно больших скоростей, удавалось добраться до ядра, пробив блокаду электрического поля. Но отдельные попадания завершались либо «застреванием» протонов и, следовательно, превращением одного элемента в другой, либо выбиванием протона, что также вело к «чудесным превращениям». Выход энергии же оказывался незначительным, — не окупались затраты энергии на бомбардировку.

Говоря об энергии, мы подразумевали прежде всего кинетическую энергию тех осколков, тех частичек, которые отлетают от ядра под влиянием сил электрического отталкивания (после того, как ядерные силы окажутся ослабленными) с колоссальнейшими скоростями. Такие «осколки» могут пролетать расстояние от Земли до Луны менее чем в полминуты. При подобных скоростях и «осколки» и среда, в которой они летят, нагреваются. Происходит превращение кинетической энергии в тепловую. А тепловую энергию уже можно использовать для многих нужд.

Однако получить в достаточном количестве тепловую энергию бомбардировкой ядер, как уже сказано, оказалось затруднительным, да и не выгодным. Положение не изменилось и тогда, когда ученые вместо α-частиц стали использовать новые «снарядики» — нейтроны. Правда, теперь уже не требовалось затрачивать много энергии на разгон «снарядиков» в специальных устройствах, так как незаряженные нейтроны не отталкивались ядрами. Но сами нейтроны оказались дефицитными «снарядиками», — их надо было получать с помощью тех же α-частиц. Приходилось создавать «двойные пушки».

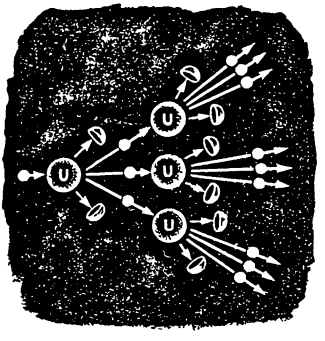
Так долгое время вопрос о практическом использовании атомной энергии, то есть о выделении ее в достаточном количестве, оставался нерешенным.

Но вот в 1939 году ученые, вооруженные нейтральными «снарядиками», попробовали обстрелять ядра тяжелых элементов таблицы Менделеева.

Нейтронам не опасны большие заряды положительного электричества, которые несут ядра тяжелых элементов, а, с другой стороны, в эти ядра легче попасть, — они большие по объему. И тут-то выяснилось интересное явление: если нейтрон попадал в ядро самого тяжелого элемента — урана, это ядро раскалывалось почти на две равные части. Осколки при этом разлетались с огромными скоростями, оттолкнув друг друга. Кроме осколков, которые представляли собой теперь ядра новых элементов, относящихся к средней части таблицы Менделеева (кобальта, цезия, бария, криптона и других), при делении ядра урана вылетали с большими скоростями 2—3 свободных нейтрона.

Это было очень важным открытием. Его тщательно изучали крупнейшие физики мира; трудами итальянского ученого Ферми, немецких ученых Гана и Штрассмана, французских ученых Жолио-Кюри и советского ученого Френкеля было доказано, что в реакции деления ядер урана лежит возможность практического получения атомной энергии.

«Нужно лишь создать условия, — говорили ученые, — при



Так происходит цепная реакция деления ядер урана.

которых происходила бы «цепная реакция» деления ядер урана».

«Цепная реакция»? Но что это значит? При чем тут цепь?

Оказывается, именно в цепочке-то и состоит всё дело. Допустим, что в какой-то кусочек урана попал «снарядик» — нейтрон — и одно ядро разделилось. Но ведь при этом образовалось три новых «снарядика»! Что, если каждый из них попадет в новые ядра? Теперь уже разделятся сразу три ядра и при этом появятся девять новых «снарядиков». А эти девять, далее, в свою очередь, разделят девять новых ядер, откуда вылетят двадцать семь «снарядиков», и т. д. «Огневая мощь» атомной артиллерии будет всё возрастать и возрастать, как это показано на рисунке.

Такая реакция, которая охватывает всё новые и новые соседние ядра и при этом развивается всё в более крупных масштабах, и названа «цепной ядерной реакцией». Сто́ит попасть одному нейтрону, как неудержимая лавина нейтронов, всё нарастая и нарастая, разделит огромное количество ядер. Вот теперь разлетающиеся осколки, количество которых неисчислимо, вызовут выделение колоссального количества тепла.

Но не во всяком кусочке урана такая реакция возможна. В маленьком кусочке многие нейтроны могут, не встретив ядра на своем пути, вылететь за его пределы. И лишь в сравнительно больших кусках — куда бы нейтрон ни полетел, он всюду встретит новое ядро. Наименьшая масса, при которой возможна «цепная реакция», называется «критической массой».

Первая атомная бомба, сброшенная над Японией, состояла из двух кусков урана, которые вместе составляли «критическую массу» примерно в 1 килограмм. Для взрыва особым способом оба куска мгновенно сближались, и быстро развившаяся цепная реакция вызвала выделение тепловой энергии огромной мощности.

Но ведь, кроме сближения двух кусков урана, следовало их «поджечь», — выстрелить нейтроном?

Оказывается, даже и в этом нет необходимости. Советские физики Г. Н. Флеров и К. А. Петржак обнаружили, что ядра

урана могут и сами, без всякого обстрела, делиться на осколки с высвобождением нейтронов. Значит, как только образовалась «критическая масса», нейтроны, вылетевшие из первого же разделившегося ядра, начинают цепную реакцию.

И вот в Хиросиме, ценою многих человеческих жизней, погибших по вине тех, кто решил применить атомную бомбу, человечество впервые убедилось в реальной возможности получения могучей энергии атома.

Но использовать в мирных целях тот же способ «критической массы» с мгновенным выделением колоссальной энергии, конечно, нельзя.

И следующим этапом развития научных работ явился этап изыскания путей выработки атомной энергии для мирных целей. Крупный вклад в разработку этих вопросов внесли ученые Советского Союза, представители новой, самой человечной, самой прогрессивной, социалистической науки.

Но, прежде чем перейти к рассказу о том, как удалось атомную энергию заставить приводить в движение станки и освещать дома, вернемся к Солнцу.

Выше было сказано, что солнечная энергия — энергия ядерная. Но неужто там, на Солнце, всё время происходят деления урановых ядер?

Нет, оказывается, атомную энергию можно выделить и не только делением ядер тяжелых элементов. Огромная энергия может быть получена и при слиянии ядер легких элементов. Правда, такой способ сложнее и его осуществить удалось лишь в дальнейшем, когда наука овладела способом деления урановых ядер.

Ведь как совершается химическая реакция окисления, которую мы обычно называем горением?

Вот, скажем, лежит полено дров. Сухое, березовое, а само не воспламеняется. Стоит, однако, поднести спичку и на одном небольшом участке нагреть полено, как древесина, получив со стороны, от спички, необходимое тепло, окажется в состоянии вступить в химическую реакцию с кислородом. А при такой реакции начнет выделяться еще большее количество тепла. Появится пламя, нагревающее соседний участок полена, — и горение начнется.

Нечто подобное может произойти и с ядрами легких элементов.

Если вначале их сильно нагреть, они начнут двигаться с большими скоростями, налетать друг на друга и при очень сильном сближении, когда ядерные связи вступят в действие, сливаться в новые ядра. Однако здесь теплом серной спички ничего не добьешься. Для таких реакций слияния требуется

нагрев до миллионов градусов. Эти реакции получили название «термоядерных».

В настоящее время уже удалось произвести и термоядерные реакции, в результате которых при слиянии ядер, например тяжелого водорода, может быть выделена в тысячу раз большая энергия, чем при делении ядер урана.

«Спичкой» в такой реакции служит урановая бомба, при взрыве которой как раз и создается температура в несколько миллионов градусов.

В качестве ядер легких элементов для такой реакции сейчас применяют ядра тяжелого водорода. Эти ядра, в отличие от обычного водорода, кроме одного протона, содержат еще один нейтрон. Тяжелый водород получается из тяжелой воды, а тяжелая вода в небольшом количестве содержится в составе обычной воды.

Во время термоядерной реакции два ядра тяжелого водорода, слившись, образуют ядро гелия и выделяют при этом огромную энергию.

На термоядерной реакции основан принцип действия «водородной бомбы», которая содержит в себе известное количество тяжелого водорода и урановую бомбу, нужную как взрыватель.

Мощность «водородной» бомбы теоретически беспредельна. Здесь нет «критической массы», и, чем больше приготовлено тяжелого водорода, тем сильнее окажется действие бомбы. Кроме того, и сам выход энергии здесь больше: килограмм водорода, превращаясь таким путем в гелий, выделяет в несколько раз больше энергии, чем килограмм полностью разделившегося урана.

На Солнце, как установили ученые, как раз и происходит непрерывная термоядерная реакция с образованием газа «гелия», который свое наименование («солнечный») получил оттого, что он впервые в большом количестве был обнаружен в составе газов, окружающих Солнце. Солнце — своеобразная водородная бомба, но замедленного действия.

Для промышленных нужд наука еще не нашла способов использования термоядерных реакций. Еще не открыты возможности получения замедленных термоядерных процессов в земных условиях. Еще не научились создавать «искусственные солнца»...

Но вот энергия деления урановых ядер уже освоена. И первое промышленное применение она получила у нас, в советской стране. В четверг 1 июля 1954 года во всех газетах Советского Союза было опубликовано следующее сообщение Совета Министров СССР:

«О ПУСКЕ В СССР ПЕРВОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

В настоящее время в Советском Союзе усилиями советских ученых и инженеров успешно завершены работы по проектированию и строительству первой промышленной электростанции на атомной энергии полезной мощностью в 5000 киловатт.

27 июня 1954 года атомная электростанция была пущена в эксплоатацию и дала электрический ток для промышленности и сельского хозяйства прилегающих районов.

Впервые промышленная турбина работает не за счет сжигания угля или других видов топлива, а за счет атомной энергии — расщепления ядра атома урана.

Вводом в действие атомной электростанции сделан реальный шаг в деле мирного использования атомной энергии.

Советскими учеными и инженерами ведутся работы по созданию промышленной электростанции на атомной энергии мощностью 50—100 тысяч киловатт».

Первый атомный двигатель, работающий для нужд промышленности и сельского хозяйства, пущен! Его родина — Советский Союз.

Как же удалось ученым и инженерам обуздать атомную энергию?

Как работает атомный двигатель и каковы его перспективы? Достаточны ли, наконец, запасы «атомного горючего»?

Атомный котел и атомное горючее

Освободившаяся атомная энергия превращается в тепло. Значит, двигатель, превращающий это тепло в механическую работу, должен быть тепловым.

Но пока шла речь о паровых двигателях или о двигателях внутреннего сгорания, всё было понятно. В первом случае тепло выделялось вне цилиндра машины — в топке парового котла. Во втором случае тепло выделялось при сгорании топлива внутри цилиндра. Понятно и то, как, сжигая топливо, заставляют тепло работать и в газовой турбине и в реактивном двигателе. . .

Но как заставить работать двигатель на атомной энергии? Не взрывать же в каждом цилиндре по атомной бомбочке?

Да, пожалуй, в поршневом двигателе внутреннего сгорания атомное горючее пока использовать трудно (хотя и такие предложения появляются). Но вот для турбин — паровых и газовых — техника уже знает пути применения атомного горючего.

Так, например, способ внешнего «сгорания» здесь оказывается вполне осуществимым.

Надо только вместо обычных паровых или воздушных (для газовых турбин) котлов построить специальные атомные котлы. В этих котлах процесс выделения атомной энергии должен, конечно, идти медленно, без взрывов, так же, как при сгорании обычного топлива.

Начиная с 1942 года было построено несколько таких котлов, но только один из них — котел, установленный на первой в мире атомной электростанции в Советском Союзе, — был предназначен для промышленного использования.

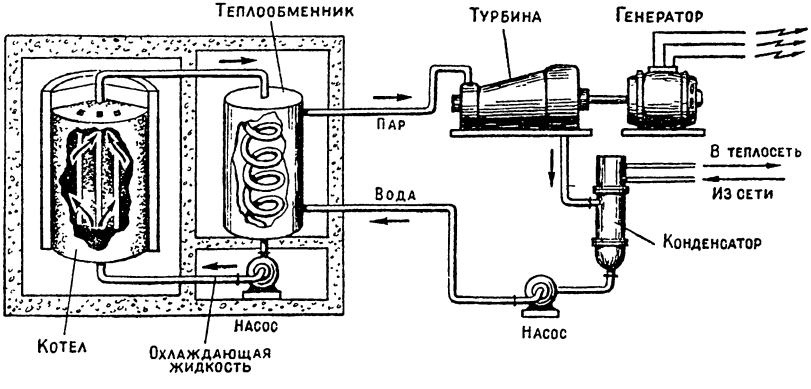


Схема установки с атомным двигателем.

Что же представляет собой такой котел? Вероятно, услышав название «котел», вы представили себе устройство, напоминающее паровые котлы?

«Атомный котел», оказывается, вовсе не похож на такие котлы. Да и название «котел» можно отнести к нему лишь условно. Часто атомные котлы называют еще «реакторами».

Представим себе круглое или квадратное бетонное здание без окон и дверей. Трудно подумать, что это котел. Глухая бетонная коробка. Наружу, сквозь бетон, выступают только несколько труб да какие-то стержни... Никакой топки с огнем, — тепло выделяется внутри такого котла без всякого огня.

Сердцевина «котла» представляет собой графитовый блок: ряд положенных друг на друга столбиком толстых графитовых плит. В плитах в определенном порядке просверлены отверстия, в которые вложены стержни из металлического урана.

Словно конфету, графитовый блок с урановой начинкой снаружи обертывают сначала тонким слоем металла бериллия, а затем очень толстым слоем бетона (от одного до пяти метров).

Вот и получается огромное сооружение. Первый реактор, построенный в 1942 году американцами, имел размеры $10 \times 10 \times 7$ *м*, то есть занимал объем солидного двухэтажного дома.

Зачем же такое нагромождение?

Для того, чтобы понять назначение графита, бериллия, бетона и еще кое-каких частей «котла», о которых будет сказано дальше, вернемся к «критической массе» урана. Без такой массы нельзя выделить атомную энергию.

Итак, нам известно, что если изготовить килограммовый кусок урана, имеющего атомный вес 235 (изотоп U-235), то в таком куске окажется возможной цепная реакция и произойдет мгновенное выделение огромного количества тепла.

Но почему же так быстро произойдет деление такого большого количества ядер урана? Да потому, что вылетающие нейтроны обладают колоссальными скоростями — до 10—15 тысяч километров в секунду! Понятно, что в небольшом куске урана взметнувшийся и молниеносно нарастающий вихрь нейтронов в течение каких-то весьма малых долей секунды сделает свое дело — расщепит все встречные ядра.

А нужна ли для ядер урана-235 бомбардировка такими быстрыми нейтронами? Ведь эти ядра могут даже самопроизвольно распадаться... Повидимому, достаточно было бы получить от нейтрона и несравненно менее сильный толчок.

И действительно, ученым удалось установить, что как раз очень медленными нейтронами, двигающимися со скоростью всего лишь 3 километра в секунду, ядра урана-235 лучше всего расщепляются.

Ну, а раз так, то, значит, есть возможность замедлить и весь процесс выделения энергии в «критической массе», — надо только эту массу рассредоточить, проложив между кусочками урана какие-либо прокладки, пробираясь через которые нейтроны снижали бы свою скорость.

Правда, при этом необходимо обеспечить цепную реакцию, то есть принять меры, чтобы нейтроны не вылетали куда-либо наружу.

Вот так и возникла идея «атомного котла».

Графитный блок как раз и используется в качестве замедлителя нейтронов. Металлические стержни урана все вместе составляют «критическую массу» и распределены в блоке так, чтобы нейтроны, проходя через толщу графита, замедляли свою скорость. А бериллиевая оболочка нужна для того, чтобы отра-

жать те нейтроны, которые, не встретив на своем пути ядер, стремятся вылететь наружу. Такой «отражатель нейтронов» позволяет уменьшить величину «критической массы».

Для чего же служит бетон?

Оказывается, что при делении урановых ядер образуется много радиоактивных осколков. Атомный котел всё время испускает радиоактивные лучи очень сильной интенсивности, вредной для людей. Бетонная стена и создает необходимую защиту, предохраняя обслуживающий персонал от вредоносных γ-лучей и нейтронов.

Но не может ли такой котел взорваться? А вдруг цепная реакция пойдет всё же быстрее, чем нам хотелось бы?

Ученые установили, что взрыва опасаться не следует, но разрушиться от очень высокой температуры котел может. На этот случай, кроме урановых стержней, в графитовый слой вставляется еще несколько стержней из металла кадмия. Кадмий жадно захватывает нейтроны и как бы тушит реакцию. Однако кадмиевые стержни должны вступать в действие только в опасные моменты, поэтому в нормальных условиях они выдвигаются из котла, а как только температура в котле начинает значительно расти, их вдвигают. С их помощью можно регулировать количество выделяемого тепла.

Да, но куда же девается это выделяющееся тепло? Ведь его-то как раз нам и нужно использовать?

Чтобы тепло отвести, через котел пропускают охлаждающую воду или какой-либо другой охладитель (газ, расплавленный металл). В котле, на котором работает первая в мире атомная электростанция Советского Союза, охлаждение производится водой, подающейся в каналы графитового блока под давлением. Под давлением эту воду подают для того, чтобы получить возможность ее нагревать до высокой температуры без превращения в пар и тем самым отводить больше тепла. Эта вода и является средством передачи тепла от котла к тепловому двигателю.

Но, прежде чем говорить о двигателе, поговорим подробнее об «атомном горючем», на котором работает котел.

До сих пор шла речь об одном только виде этого горючего — об изотопе урана с атомным весом 235. Из всех существующих на земле элементов только изотоп урана U-235 может делиться, создавая условия для цепной реакции. Однако этот изотоп хоть и существует, но добывается с большим трудом. Урановые руды содержат главным образом другой изотоп урана — с атомным весом 238 (U-238).

Каждый полученный из руды килограмм металлического урана заключает в себе 993 грамма U-238 и лишь 7 граммов

U-235. Но главное не в том, что урана-235 очень мало; главное в том, что его трудно отделить от урана-238. Изотопы обладают одинаковыми химическими свойствами, и только очень незначительная разница в атомном весе различает их.

Значит, самым простым — химическим — способом отделить U-235 от U-238 нельзя. Единственный путь разделения, который сейчас признан техникой, это путь сортировки атомов.

«Как? — спросите вы.— Неужели можно каждый атом взвесить и положить то в одну, то в другую сортировочную ячейку?»

Разумеется, нет. Но можно поступить так, как поступают хозяйки, когда им требуется получить чистую от случайных примесей и однородного размола муку. Они берут сито и просеивают: мелкие частички муки проваливаются, а крупные задерживаются. Однако не следует думать, что металлический уран можно размолоть до такой степени, чтобы каждая крупинка представляла собой атом. Отделить атомы друг от друга можно, только превратив металл в газ. Для этого металл нагревают до такой степени, что он не только плавится, но и испаряется, так же как вода. А пар металла нагревают дальше, чтобы образовался легкий газ.

Когда такой газ получен, его прогоняют по трубам через целую серию пористых перегородок (сит), и каждая из таких перегородок, имеющих весьма маленькие поры, задерживает тяжелые атомы, пропуская лишь легкие. За последней перегородкой будет получен газ, в основном состоящий из сравнительно легких атомов урана-235. Теперь этот газ опять охлаждают до нормальной температуры, и в результате вновь образуется кусок металла, но уже состоящий из чистого изотопа 235. Надо сказать, что весь этот процесс получения U-235 очень сложный и дорогой. Стоимость урана U-235 очень высока. И если бы «атомный котел» пришлось заправлять таким дорогим горючим, вряд ли игра стоила бы свеч. Однако ученые нашли способ, при котором в котел можно закладывать обычный природный уран — смесь из U-238 и U-235, — и это значительно продвинуло вперед решение задачи.

Оказалось, что, при известном расчете, можно получить цепную реакцию урана-235 без его выделения из урана-238. Конечно, при этом «критическая масса» всего урана оказывается значительно больше килограмма, но зато как легко получить такое «топливо»! При этом, что совсем замечательно, можно так организовать работу котла, что «горючего», то есть делящегося материала, будет не убывать, а... прибавляться!

Не правда ли, чудеса? Где это видано, чтобы уголь, например, горел в топке не сгорая, а увеличиваясь количественно? С обычным топливом таких чудес не бывает, а вот с атомным,

оказывается, нечто подобное возможно. Конечно, те ядра, которые разделились, уже не участвуют больше в реакции, но вместо одного выбывшего ядра, при известных условиях, может образоваться два новых, способных к делению ядра.

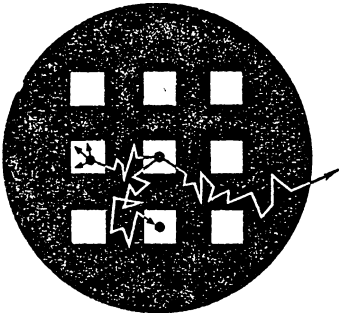
В чем же дело? Оказывается, что, если в ядро урана-238 попадает очень медленный нейтрон, он поглотится этим ядром. Образуется новый изотоп — уран-239. Изотоп этот нестойкий. из ядра выбрасывается электрон, отчего один из нейтронов становится протоном. Заряд ядра увеличивается на единицу, и появляется новый элемент, который назван «нептунием», с атомным весом 239 и зарядом 93 (Np-239), — это 93-й элемент таблицы Менделеева. Однако и этот элемент нестоек, — вскоре из ядра выбрасывается еще один электрон и заряд ядра возрастает до 94. Теперь, при том же атомном весе 239, появляется 94-й элемент, называемый «плутонием» (Pu-239). Этот элемент тоже радиоактивен и сравнительно стоек. Его время полураспада — двадцать четыре тысячи лет. Плутоний, так же как и уран-235, делится медленными нейтронами и потому может служить ядерным горючим.

Вот и выходит: есть способ организовать «горение» в атомном котле так, что взамен одного «сгорающего» топлива там будет образовываться другое топливо. Это новое топливо можно «сжигать» в этом же котле. Однако плутония можно получить больше, чем затрачено урана-235 — и тогда появляется возможность «размножать» топливо: отбирать из котла излишек и складывать на хранение, делать запас. Так создается еще один вид «атомного горючего».

Но наука обнаружила возможность таким же путем получить третий вид атомного горючего: уран-233. Под номером 90 в таблице Менделеева стоит металл торий (Th-232). Его запасы на земле в четыре раза превышают запасы урана. Если торий поместить в атомный котел, то, так же как U-238 превращается в Pu-239, так Th-232 превращается в U-233. А уран с атомным весом 233 обладает так же, как и уран-235, свойством делиться медленными нейтронами. Теперь становится ясно, что, при правильном расчете, атомный котел может работать с двойной пользой: и выделять нужную нам энергию и запасать новое топливо. Надо только обеспечить такую реакцию, при которой было бы достаточно свободных нейтронов.

Посмотрите на путь нейтронов в атомном котле. Разделилось ядро. Один нейтрон попадает в ядро U-235 и способствует развитию цепной реакции. Другой нейтрон попадает в ядро U-238 и образует ядро плутония, а третий нейтрон вылетел. Вот вылетающих нейтронов должно быть как можно меньше.

Очень важное значение имеет замедлитель. Ведь почему в природных залежах урана не образуется цепной реакции? Да как раз потому, что уран в чистом виде в природе не содержится. Встречается он только в виде соединений, а наличие посторонних ядер приводит к быстрому поглощению всех нейтронов. Цепная реакция оказывается невозможной.



Пути нейтронов в атомном котле.

Замедлитель в котле, рассчитанный определенным образом, лишь выполняет задачу создания медленных нейтронов. Котел, который был описан выше, имеет в качестве замедлителя графит — такой же, как в карандашах. Но могут быть и другие замедлители, например тяжелая вода (и даже обычная вода).

Что же такое атомный двигатель?

Итак, нам известно, как можно с помощью атомного котла получить тепло. Теперь познакомимся с тем, как это тепло можно превратить в механическую энергию. Посмотрите на схему установки с атомным двигателем. (Рисунок на стр. 192.)

Главную часть установки представляет собой уже знакомый нам атомный котел. Обратим внимание теперь не на внутреннее устройство этого котла, а на его связь с другими устройствами установки. От котла отходят две трубы. По нижней трубе с помощью специального насоса подается охлаждающая жидкость или газ. Проходя через котел, жидкость отбирает тепло и по верхней трубе попадает в другое очень важное устройство — теплообменник. Здесь горячая жидкость, проходя по змеевикам, отдает свое тепло воде, которая циркулирует вокруг змеевиков. Из змеевиков охладившаяся жидкость вновь попадает в насос и далее снова нагнетается в котел.

Вода же, которой охладитель котла передал тепло в теплообменнике, нагревается до парообразования. Таким образом, теплообменник, в сущности, является паровым котлом, где вместо горячих топочных газов по трубам циркулирует жидкость (или газ), несущая тепло от атомного котла.

Остальная часть схемы ничем не отличается от схемы, по которой работает обычная паровая турбина: пар из теплооб-

менника поступает в турбину, отдает свою энергию, заставляет турбину вращаться и приводить в движение электрогенератор. Отработавший пар поступает в конденсатор, где он конденсируется, превращаясь в воду, а вода насосом вновь подается в теплообменник. Быть может, у вас возникает вопрос: зачем нужен теплообменник, нельзя ли заставить турбину работать паром, образующимся из той воды, которая подается непосредственно в атомный котел? Но не следует забывать двух обстоятельств: во-первых, на охлаждение атомного котла можно подавать не только воду, но и газ и жидкий металл — и это оказывается целесообразным, так как позволяет отводить из котла теплоноситель при более высокой температуре и более низких давлениях; а во-вторых, что особенно важно, «атомная вода» в реакторе обогащается радиоактивными частичками, и ее ни в коем случае нельзя пускать в свободное путешествие по трубам установки. Обратите внимание, что на рисунке не только атомный котел, но и теплообменник, и насос, и трубы, по которым циркулирует «атомная жидкость», заключены в бетонную защитную коробку. К ним доступ человеку закрыт, потому что здоровье человека не должно подвергаться испытанию радиоактивностью. Зато вода внешней циркуляции, не соприкасаясь с атомным котлом и не смешиваясь с «атомной водой», может свободно проходить по всем наружным трубам, поступать в турбину.

Но нельзя ли, однако, и самое турбину и генератор — всё замуровать в бетонный склеп, одни лишь провода вывести наружу? Можно, конечно, и так поступить, но что, если какая-либо из машин выйдет из строя? Как тут ее отремонтируешь, когда все части стали радиоактивными? А ведь если атомный котел и теплообменник не имеют подвижных частей (стержни безопасности можно не принимать в расчет), то в машинах все рабочие части подвижны и, значит, подвержены износам, могут поломаться.

Вот и выходит, что наиболее удачной надо признать схему установки с теплообменником.

Познакомившись со схемой атомной энергетической установки, вы вправе, конечно, спросить: а где же, собственно, атомный двигатель?

И впрямь, двигателем на установке является уже известная нам паровая турбина.

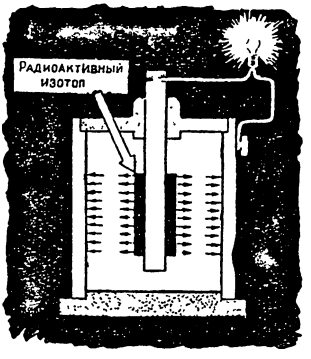
Может быть осуществлена и другая установка, где в качестве двигателя использовалась бы также уже известная нам газовая турбина внешнего сгорания.

Действительно, если через теплообменник прогонять не воду, а газ, то, будучи нагретым до высоких температур, он

приведет в движение газовую турбину, которая в нашей схеме займет место паровой турбины.

Паровая турбина... Газовая турбина... Но где всё-таки атомный двигатель?

Выходит, что атомного двигателя, как какой-то особой машины, нет. Есть известные нам современные тепловые двигатели — турбины, работающие на атомном тепле. «Атомный двигатель» обычно и представляют себе как установку вроде той, что описана выше. Надо добавить: «атомный двигатель» может работать и по реактивному принципу — нагретый атомным теплом газ можно выбрасывать из сопла и двигать, например, самолет.



Атомный электроэлемент.

Но было бы не всё сказано об атомном двигателе, если бы здесь не нашлось места для упоминания еще об одном интересном способе использования атомной энергии. На сей раз речь пойдет не о тепловых двигателях. Правда, этот способ еще далек от практического применения и отнюдь не может конкурировать с известным нам уже способом получения тепловой энергии с помощью реакторов; тем не менее, в нем содержатся любопытные возможности.

Ведь на установках с реакторами атомная энергия проходит несколько превращений: сначала в тепловую, затем в механическую (турбины) и, наконец, в электрическую (электрогенератор). А нельзя ли прямо из атомной энергии получить электрическую энергию? Оказывается, можно.

Сейчас учеными разработаны и построены уже маленькие батарейки атомных электроэлементов. Они напоминают аккумуляторные батарейки вроде батареек от карманного фонаря. Устроены же они следующим образом. В маленькую баночку опущен стержень, изолированный от стенок баночки. На стержень надета втулочка из радиоактивного изотопа. Стержень в этом случае оказывается одним электродом, а стенки баночки — другим.

Электрический ток образуется потому, что радиоактивный изотоп всё время испускает β-лучи, то есть поток электронов, который направлен к стенкам баночки. Если снаружи элемента цепь замкнута, например на лампочку, то непрерывное движение электронов по цепи (а электрический ток и есть упорядоченное движение электронов) зажжет эту лампочку.

Такие элементы пока еще маломощны, но целая батарея их уже может использоваться, скажем, в радиотехнике. Особое преимущество такой батареи в том, что она не требует перезарядки десятки лет.

Значит, не исключена возможность, что среди «атомных двигателей» будущего окажутся и не только тепловые, но и электрические энергоустановки. Однако эта перспектива еще далеко не ясна, в то время как установки с «атомными котлами» являются уже установками сегодняшнего дня. Ученые и инженеры всех стран разрабатывают такие установки для применения их на электростанциях, в мореплавании, авиации и транспорте.

О некоторых из таких применений, которые уже стали реальной технической задачей, мы и поговорим.

Первая в мире

Посреди самого обычного леса, наполненного щебетанием птиц и шопотом листьев, стоит это белое, сверкающее в лучах солнца здание — здание, у входа в которое висит скромная дощечка с надписью: «Академия наук СССР. Атомная электростанция».

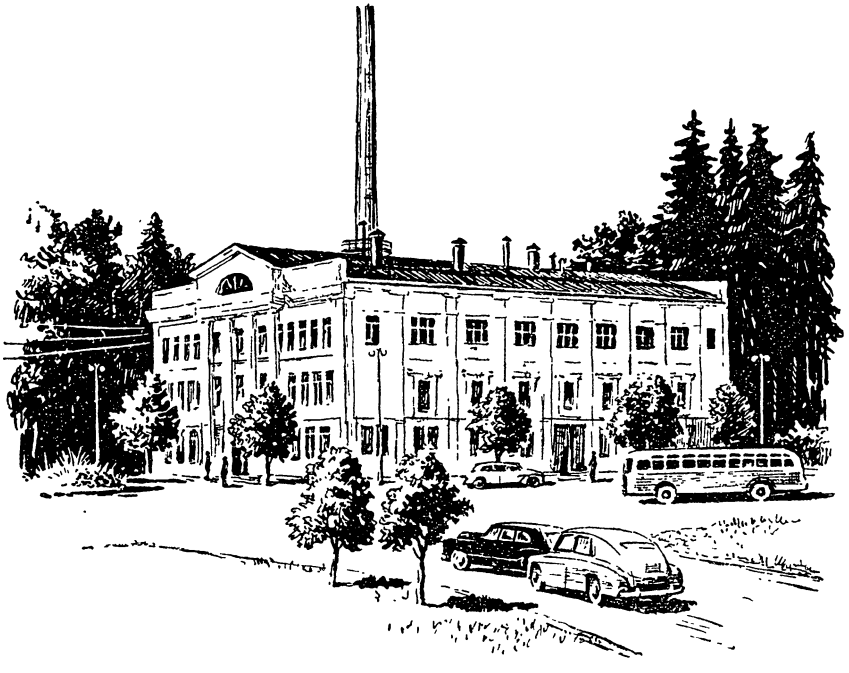
И, несмотря на то, что в царство пернатых вторглась техника, ничто не омрачает их беззаботную жизнь. Белое здание не дымит — воздух леса попрежнему свеж. К белому зданию не тянутся линии железных дорог — паровозные гудки не тревожат лесных жителей. Возле белого здания нет угольных насыпей, нет холмов из гари и золы, — ветер не разносит черную пыль, не одевает нежную листву в траурный наряд. И всё потому, что в белом здании размещается не обычная тепловая электростанция, а электростанция, работающая на атомной энергии.

Дым? Но откуда же ему взяться? Ведь ядерное «горючее» «горит» без огня и дыма.

Железная дорога? Но даже если бы она была, то что, собственно, подвозить к атомной электростанции, если загрузка «атомного горючего» в котел производится только 3—4 раза в год, примерно через каждые 100 дней?

Каких-нибудь 100—200 килограммов урана, потребных к очередной загрузке для замены разрушившихся стержней, можно доставить не только на грузовике, но даже и на легковой автомашине. А ведь уголь пришлось бы непрерывно подвозить тоннами.

Первая в мире атомная электростанция Академии наук



Первая в мире атомная электростанция Академии наук СССР.

СССР, развивая мощность в 5000 киловатт, потребляет в сутки всего 30 граммов урана.

А угольная электростанция той же мощности потребляла бы за то же время 70—80 тонн угля.

Быть может, кто-нибудь из любителей арифметики, подсчитав расход урана за 100 суток работы и определив его лишь в размере 3 килограммов, окажется в недоумении: почему через 100 дней приходится загружать в котел значительно больше урана? Да потому, что урановые стержни, долго пробывшие в котле, несколько портятся, разрушаются и, хотя они еще не «сгорели», то есть не превратились в продукты деления, их приходится заменять новыми.

Но познакомимся несколько подробнее с первой в мире промышленной электростанцией, работающей на атомной энергии. Познакомимся с устройством и работой первой атомной электрической установки, первого «атомного двигателя», разработанного и построенного советскими учеными и инженерами.

Внутри белого здания размещены все агрегаты электро-

станции. Главным из этих агрегатов является, конечно, атомный котел, или реактор. В круглом графитовом блоке определенным образом размещаются 128 стержней из урана-238. Общий вес загрузки реактора — 550 килограммов. Надо заметить, что природный уран для реактора несколько обогащается ураном-235, содержание которого доводится до 5%. Стержни заранее закладываются в особые графитовые футляры, внутренняя стенка которых выложена стальной тонкостенной трубой.

Такой «футляр» вместе со стержнем вставляется в вертикальное сверление, идущее сверху вниз вдоль графитового блока. Стальная труба сверху и снизу соединяется с особыми резервуарами — водосборниками. Через водосборники и трубы подается охлаждающая вода под давлением в 100 атмосфер.

Если вода при обычном атмосферном давлении закипает при 100° С, то под давлением в 100 атмосфер воду можно нагревать более чем до 300° С.

В реакторе охлаждающая вода нагревается до 270° С и несет тепло в теплообменники. Здесь по трубам второго контура циркуляции проходит «рабочая» вода, нагнетаемая насосами под давлением в 12,5 атмосферы. Это давление позволяет воде нагреваться в теплообменнике до 200° С и превращаться в пар. Пар, продолжая далее соприкасаться с трубами «атомной» воды первого контура, перегревается до температуры 260° С. Затем пар поступает в турбину и далее, по известной уже нам схеме, конденсируется, превращаясь в воду.

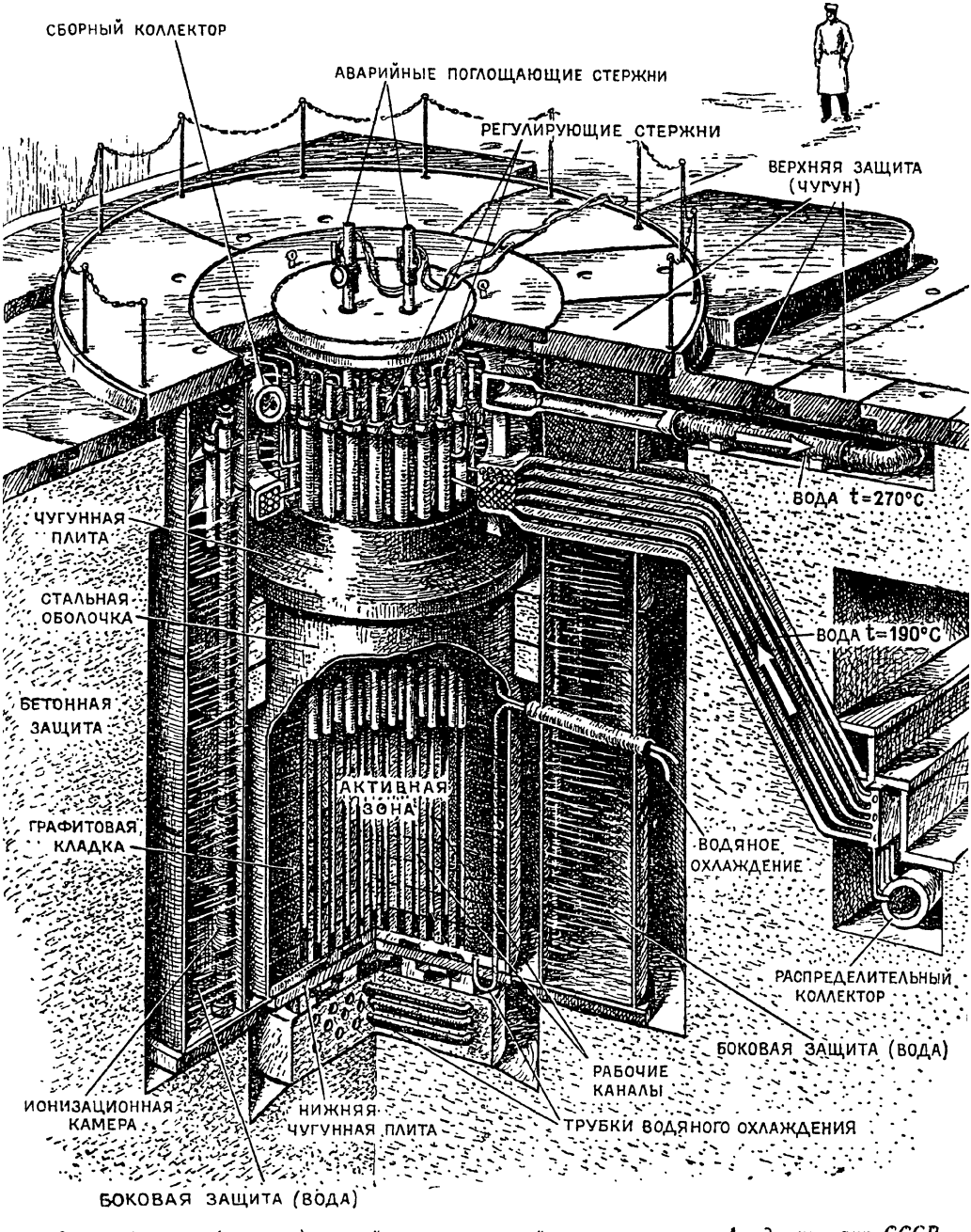
Реактор сверху и с боков защищен графитом, бетоном, водой, сталью. Вокруг графитового блока идет водяная стена толщиной в 1 метр и далее — бетонная стена толщиной в 3 метра.

Советские инженеры сделали всё необходимое, чтобы обеспечить безопасность людей, работающих на станции.

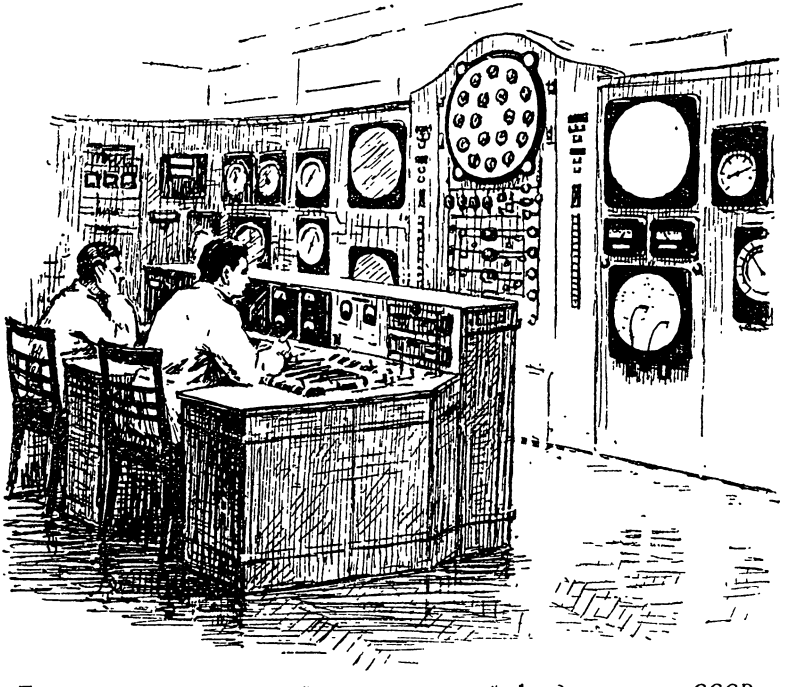
Кроме толстых стен вокруг реактора, все переходы, по которым люди должны приближаться к установке, сделаны в виде зигзагообразных коридорчиков. Это необходимо для того, чтобы прямые излучения не распространялись далеко.

Над реакторами помещается главный зал атомной электростанции. Это пустой зал. Круглая стальная плита — крышка — закрывает люк, через который может быть осуществлен доступ к реактору.

На рисунке видно, как человек в белом халате стоит возле легкой ограды, окружающей реактор. Но не всегда человек может здесь стоять. Может оказаться, что бурная реакция в котле вызовет проникновение радиоактивных излучений даже через защиту. Тогда вспыхнут специальные красные сигнальные



Атомный котел (реактор) первой в мире атомной электростанции Академии наук СССР.



Пульт управления атомной электростанцией Академии наук СССР.

лампы и зазвучат звуковые сигналы. Это и будет означать опасность: людям надо спешно покидать зал.

Но в этом зале людям, собственно, и делать нечего. Всю работу по обслуживанию котла (вдвигание стержней безопасности — здесь они, кстати, сделаны из карбида бора,— смена урановых стержней) выполняют механизмы.

Управление этими механизмами ведется на расстоянии, а наблюдение за тем, как они работают, производится через иллюминаторы со специальными толстыми стеклами.

Управление не только этими работами, но и всеми операциями по обслуживанию станции здесь ведется дистанционно, с центрального пульта.

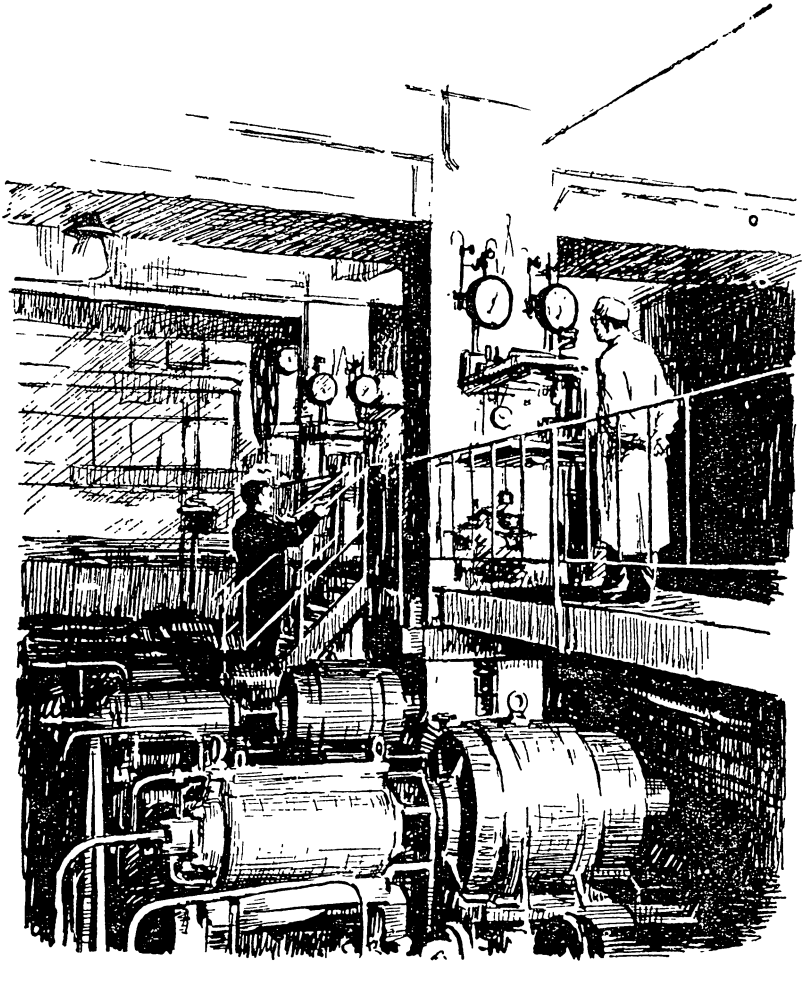
Десятки чувствительных, «умных» приборов позволяют двум дежурным инженерам, не сходя со своего места, наблюдать за жизнью всей станции и, если надо, управлять тем или иным механизмом.

А механизмов здесь не так-то мало. Вот, например, зал насосов. Для того, чтобы нагнетать «атомную» и «рабочую» воду,

требуется целая система насосных агрегатов. А ведь есть еще и главные машины: турбина и электрический генератор. Кроме того, есть электромоторы, связанные со стержнями безопасности — вдвигающие и выдвигающие их, — и ряд других механизмов.

* * *

О первой в мире атомной электростанции советские ученые рассказали ученым всех стран на Международной конференции



Зал насосов атомной электростанции Академии наук СССР.

по мирному использованию атомной энергии, которая происходила в городе Женеве в августе 1955 года. Атомной электростанции был посвящен специальный кинофильм, который назывался «Первая в мире». В Советском павильоне выставки была представлена модель, воспроизводящая реактор атомной электростанции Академии наук СССР.

Сообщение советских ученых, их откровенный рассказ о своих научных достижениях доказали всему миру, что советская наука далеко шагнула в деле мирного использования атомной энергии, что советские ученые не собираются делать секреты из своих достижений, а хотят способствовать широкому научному наступлению на тайны атома фронтом ученых всех стран. Недаром даже в такой американской газете, как «Нью-Йорк Таймс», которая не отличается особыми симпатиями к Советскому Союзу, было написано:

«Как все и ожидали, внимание привлекает главным образом та роль, которую русские играют в Женеве. Их поведение полностью отвечает духу конференции, и они подробно описывают устройство своей электростанции мощностью в 5 тысяч киловатт, которая успешно производит электроэнергию в течение года с лишним, являясь первой атомной электростанцией за всю историю». [1]

В те же дни одна датская газета писала: «Есть серьезные основания полагать, что атомный век придет в Советский Союз довольно скоро».

Первая в мире атомная электростанция — это первенец энергетики атомного века. Необъятные просторы нашей страны, населенные советскими людьми, строящими новое, коммунистическое общество, нуждаются в широкой сети энергетических установок. Наряду с мощными гидроэлектростанциями, нашей стране нужны станции тепловые, снабжающие электроэнергией районы, удаленные от крупных рек. До сих пор тепловые электростанции строятся на угольном или торфяном топливе. Подвоз этого топлива представляет сложную задачу, — слишком много потребляют паровые двигатели угля и торфа. Поэтому тундры, степные просторы, тайга, крайний север остаются еще лишенными энергии, — сюда доставлять топливо трудно. Какие же колоссальные возможности откроются для освоения и этих районов, когда там заработают атомные электростанции! Ведь для годовой работы такой электростанции окажутся достаточными два-три рейса транспортного самолета.

---

[1] «Правда», 11 августа 1955 года.

А когда «атомного горючего» будет достаточно и можно будет все существующие теплоэлектростанции перевести на атомную энергию, то как много полезных продуктов человечество сможет получить из нефти и угля путем химической переработки! Атомные электростанции можно будет строить и под землей, — им не нужен воздух. Воздух городов очистится от дыма и гари.

Советские ученые и инженеры продолжают успешно работать над развитием атомной энергетики.

XX съезд Коммунистической партии Советского Союза в своих директивах по шестому пятилетнему плану наметил уже в ближайшие годы развернуть широкий фронт работ по строительству атомных электростанций. К 1960 году 2—2,5 миллиона киловатт электроэнергии страна наша будет получать от атомных двигателей. Это равносильно строительству еще одной Куйбышевской гидростанции. Однако, как уже говорилось выше, атомные электростанции должны прежде всего утолить энергетический голод тех районов, где гидростанции строить нельзя, а обычные тепловые станции строить трудно из-за плохих или очень дальних путей подвоза топлива. Поэтому в текущем пятилетии намечено, например, построить две атомные электростанции с общей мощностью в один миллион киловатт в районах Урала и две большие станции в Москве и Ленинграде.

Итак, от 5 тысяч киловатт в 1954 году до 2,5 миллиона киловатт в 1960 году — таков тот скачок, который должна проделать советская атомная энергетика за несколько лет.

Развивается атомная энергетика и в других странах. В Англии идут работы по пуску электростанции на 60 тысяч киловатт, разрабатывается ряд проектов атомных электростанций и в США и во Франции.

Атомный двигатель с урановым котлом, вырабатывающий электроэнергию, становится двигателем наших дней. Еще много, конечно, придется вложить ученым и инженерам труда, умения, знаний, чтобы сделать его таким же совершенным и привычным, как другие двигатели, но и это время не за горами.

Много предстоит сделать ученым и инженерам для овладения еще более перспективным атомным двигателем, использующим не урановый котел, а какой-то источник тепла в виде «искусственного солнца». Научиться управлять термоядерными реакциями, поставить на службу человеку и те неиссякаемые запасы энергии, которые беспрестанно питают Солнце, — над этим упорно работают наши советские ученые.

Двигатель дальних плаваний

...От причалов Ленинградского порта отошел большой океанский корабль. Длинный путь лежит впереди — Балтийское море, Северное море, Атлантический океан, Средиземное море, Красное море, Аравийское море, Индийский океан, Южное и Восточное Китайские моря... Порт назначения — Шанхай.

Советский Союз посылает братскому Китаю машины. Много машин, все трюмы заставлены огромными ящиками.

Корабль отошел, но провожавшие его представители различных ленинградских организаций не расходятся.

— Вы знаете, — в трюмах только груз, нет совершенно угля, — слышится рассказ счастливчика, побывавшего на борту корабля. — И дыма никакого...

— Что, трубы-то у него для декорации, что ли? — замечает и одновременно спрашивает другой.

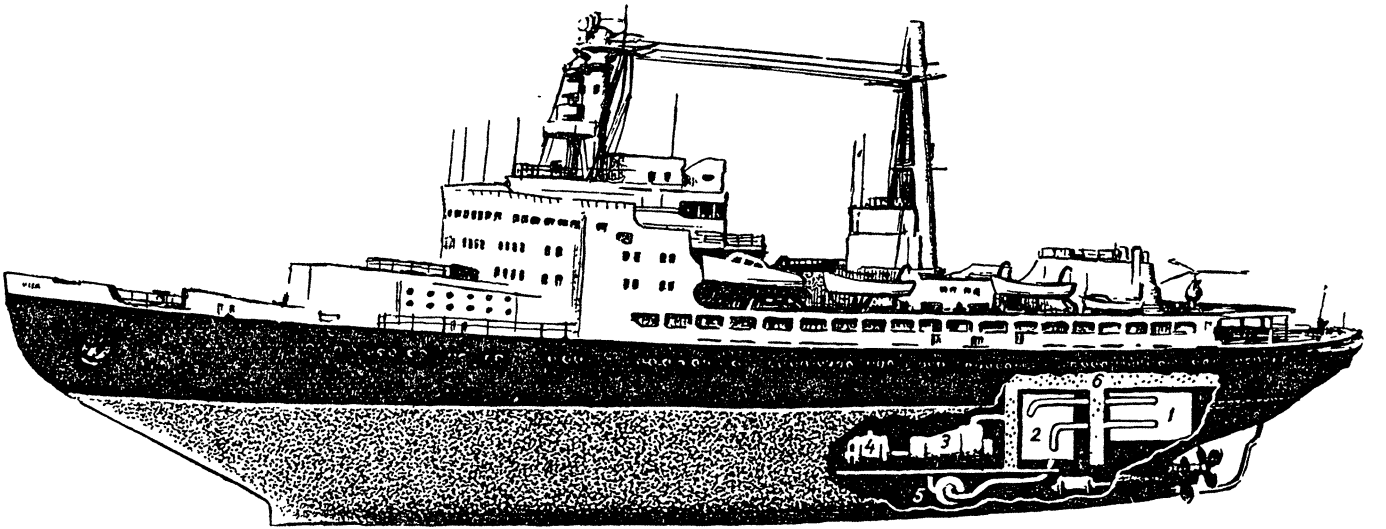
— Но самое интересное, ведь он не будет заходить ни в один промежуточный порт! — восторженно восклицает третий.

Так, вероятно, очень скоро случится. Вы уже догадываетесь, — речь идет о проводах корабля с атомным двигателем. Пока еще такой корабль не строится. Но разве в недалеком будущем не должны занять «атомные корабли» преимущественного места? Ведь, действительно, как это удобно: трюмы высвобождаются для полезных грузов, продолжительность рейсов сокращается, заходы в промежуточные порты для погрузки топлива становятся ненужными. Свыше двадцати тысяч километров — путь от Ленинграда до Шанхая. Несколько раз приходится заходить сейчас пароходам в промежуточные порты. А на «атомном топливе» открыт прямой путь — от порта отправления до порта назначения.

Над атомными кораблями в шестой пятилетке советские инженеры будут много работать. Уже начато проектирование атомного ледокола. Это будет первенец советского атомного кораблестроения. Корабль нового типа, он позволит по-новому организовать плавание наших судов по широким просторам полярных морей. Сбывается мечта знаменитого русского мореплавателя адмирала С. О. Макарова, — скоро можно будет на мощном ледоколе достигнуть Северного полюса.

Атомный ледокол будет превосходить обычные ледоколы по мощности своих двигателей в полтора-два раза. Эта мощность будет равна сорока четырем тысячам лошадиных сил.

Двигатель атомного ледокола будет работать почти так же, как и двигатель атомной электростанции. Установка будет, конечно, громоздкая, тяжелая, — ведь надо защитить экипаж от



Модель строящегося в СССР атомного ледокола. Схематично показано, как будет размещена атомная установка: 1 — атомный котел, 2 — теплообменник, 3 — паровая турбина, 4 — электрогенератор, 5 — насос, 6 — биологическая защита.

радиоактивности. Но для защиты частично будет использована вода, окружающая нижнюю часть корпуса ледокола.

Однако, несмотря на громоздкость атомной установки, этот ледокол может брать больше полезного груза, чем обычный. Ведь запасы топлива почти не занимают места. На обычных ледоколах до 30% полезного объема судна занято топливом. В одни сутки эти ледоколы потребляют свыше ста тонн горючего. За счет облегчения веса топлива атомный ледокол может быть сделан с более прочным корпусом — ломать более толстые льды; он может уходить в плавание на два-три года, не нуждаясь в пополнении горючим, запасаясь лишь большим количеством продуктов питания.

Новый корабль будет управляться дистанционно с капитанского мостика. Он будет послушным и мощным судном. На этом первом атомном судне будет получен разносторонний опыт для строительства атомных судов другого назначения.

Если в Советском Союзе первые атомные суда будут предназначены для мирных целей, то в Америке, под нажимом агрессивной военщины, уже ряд лет ведутся работы над созданием атомного двигателя для подводной лодки. Американские адмиралы считают, что можно затратить огромные средства, почерпнутые из трудовых копеек налогоплательщиков, лишь бы оказаться первыми обладателями атомного подводного корабля.

И вот, в то время, как советские ученые успешно создавали свой первый атомный двигатель для мирных целей, в Америке началось строительство подводной лодки «Наутилус», рассчитанной на установку атомного реактора.

По расчетам, подводная лодка «Наутилус» должна проходить под водой, не всплывая наверх, до 55 000 километров. Иными словами, если бы подобная атомная лодка могла проплыть вокруг земного шара, этот путь она проделала бы под водой не всплывая и при этом сохранила бы запас энергии еще почти на половину такого пути. В этом долгом подводном плавании и состоит преимущество атомной подводной лодки. На подводной лодке «Наутилус» должен быть установлен атомный графито-урановый реактор с охлаждением водой под давлением. Далее, по знакомой уже нам схеме, будет приводиться в движение паровая турбина.

Силовая установка лодки пока находится еще на суше, — испытывается в особой лаборатории.

Итак, атомный двигатель является единственным типом двигателей, с помощью которого можно совершить длительное плавание и, что особенно важно, длительное плавание под водой.

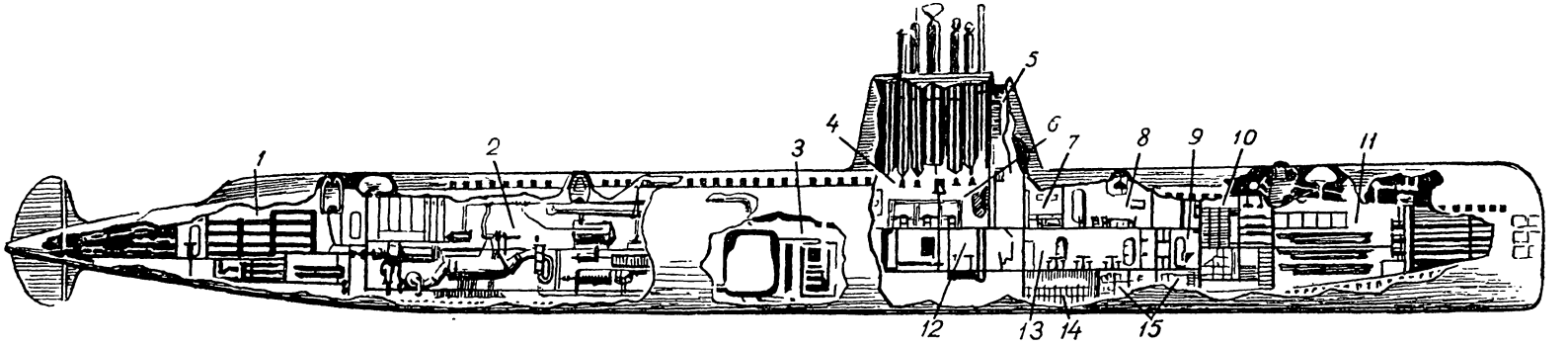


Схема атомной подводной лодки:
1 — кормовой жилой отсек; 2 — машинное отделение; 3 — атомный котел; 4 — главный командный пункт; 5 — мостик; 6 — помещение для перископа; 7 — каюта командира; 8 — офицерская кают-компания; 9 — камбуз; 10 — носовой жилой отсек; 11 — носовое отделение торпедных аппаратов; 12 — пост управления кораблем; 13 — столовая команды; 14 — аккумуляторная батарея; 15 — кладовые.

Двигатель космических рейсов

В этой книге много говорилось о двигателе межпланетных сообщений. Но разговор этот теперь может быть вновь продолжен.

Начнем его с одной любопытной научной гипотезы.

На заре нашего века, в одну из ночей 1908 года, жители таежного района Подкаменной Тунгуски были взбудоражены сильным взрывом и последовавшим за ним сотрясением земной коры. Где-то в глубине тайги взмыл вверх ослепительный огненный шар, превратившийся потом в серебристые облака, долго еще блуждавшие над тайгой, освещая ночью окрестности бледными мерцающими лучами.

Суеверные эвенки были убеждены, что туда, в таежную глушь, спускался с небес бог Оглы. Те смельчаки, которые пытались приблизиться к этим местам, сжигались богом Оглы с помощью невидимого огня.

Ученые, зарегистрировавшие взрыв и сотрясение почвы на своих чувствительных приборах, решили, что они вызваны падением гигантского метеорита.

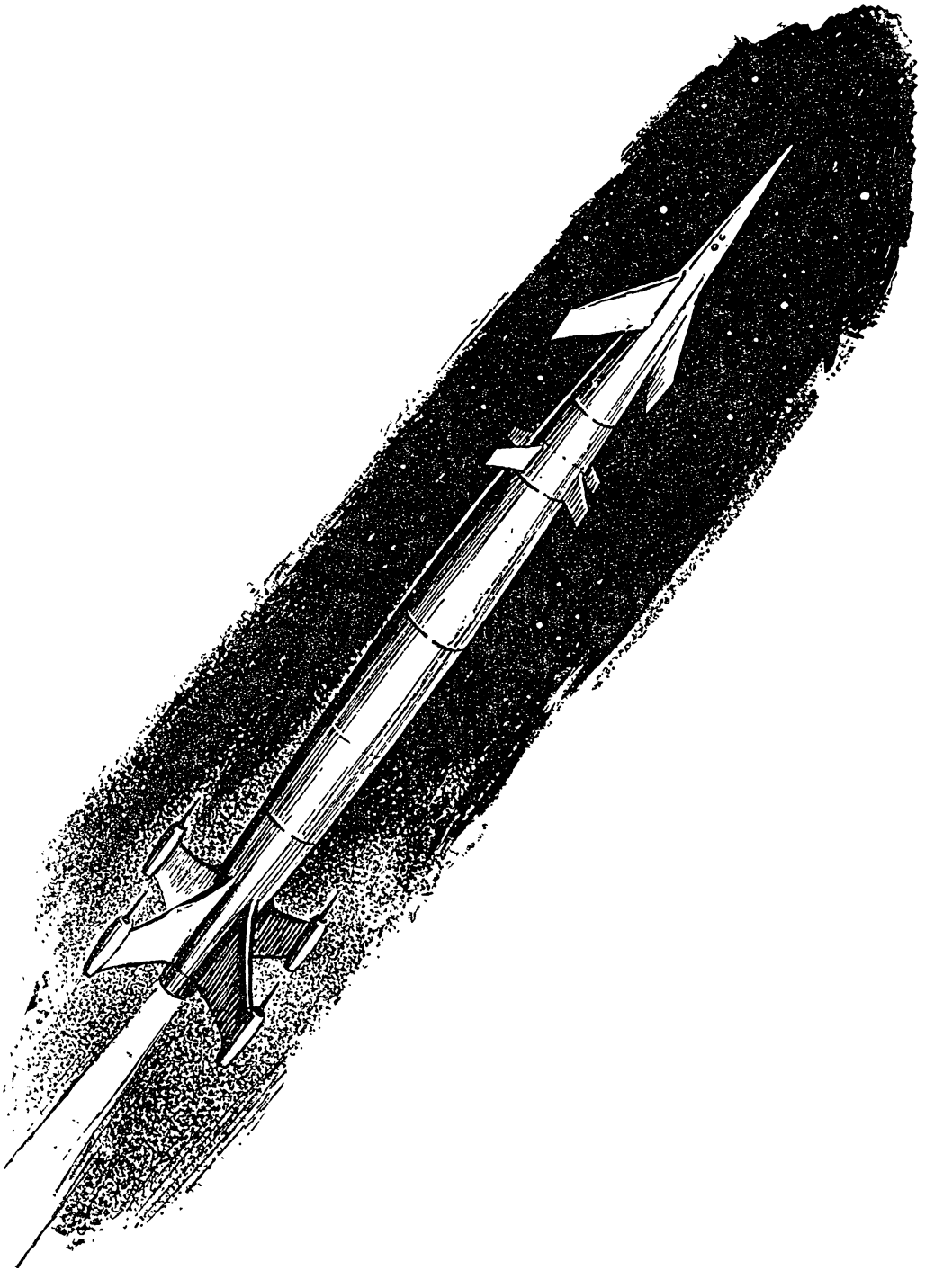
Однако царское правительство не хотело тратить средства на научные исследования метеорита — и долгое время в районе Подкаменной Тунгуски ученые не появлялись.

Только в годы советской власти была снаряжена экспедиция во главе с профессором Л. А. Куликом по отысканию Тунгусского метеорита.

Профессор Кулик и его товарищи с большим трудом пробирались через тайгу. Самоотверженно прокладывая себе путь, ученые, полные нетерпения и решимости, приближались к цели своей экспедиции. Им казалось, что вот-вот откроется обширная площадь с вырванными деревьями и глубоким кратером посредине.

Каково же было их удивление, когда, достигнув центра взрыва, они не обнаружили даже следов какой-либо воронки — кратера. Наоборот, в центре стояли, как столбы, голые стволы деревьев — без веток и верхушек, а по окружности деревья оказались поваленными веером, корнями к центру. Казалось совершенно непонятным, — куда же подевались остатки небесного каменного гостя? Были произведены раскопки, но на глубине двух метров обнаружился нетронутый, толстый слой вечной мерзлоты. Следовательно, и в землю не могли уйти осколки метеорита. Осталось предположить только одно: метеорит взорвался и весь до основания сгорел еще в воздухе.

Долгое время было, однако, непонятным, какая энергия могла вызвать этот взрыв. Ведь при падении с огромной косми-



Космический атомный корабль будущего.

ческой скоростью удар о землю, при котором кинетическая энергия превращается в тепловую, и мог быть причиной взрыва... Но в воздухе ведь никакого удара быть не могло?

И вот, после того, как над городом Хиросима произошел почти такой же взрыв с таким же ослепительным огненным шаром и с такими же радиоактивными облаками, появилась у некоторых ученых мысль о том, — не был ли взрыв Тунгусского метеорита атомным взрывом?

А вслед за этой мыслью появилась новая: быть может, не обычный метеорит, а межпланетный снаряд, летевший на атомном горючем, например с Марса, вторгся в земную атмосферу. Возможно, раскалившаяся в полете оболочка расплавилась и «подожгла» атомное «горючее»?

Сторонники этой гипотезы рассчитали, что именно в 1908 году такой межпланетный корабль мог после временной остановки на планете Венере наилучшим образом перелететь на Землю с Марса, так как в этом году расстояние между Землей и Венерой было наикратчайшим.

Еще нельзя сказать, правы или ошибаются сторонники столь интересной гипотезы, но будущее межпланетных кораблей, которые должны подняться с Земли, всё чаще и чаще связывается с атомной энергией.

Ведь если удалось бы заставить ракету лететь на атомной энергии, — разве это был бы не наилучший двигатель для космических рейсов?

Главным препятствием в постройке межпланетного корабля является необходимость больших запасов горючего. Но ведь атомное «горючее» самое экономное, — его-то потребуется совсем мало.

Другим препятствием является необходимость перевозки, кроме топлива, еще и окислителя. Но для «атомного горючего» окислителя не надо.

Однако создать атомную ракету пока не так-то просто.

Предлагается много разных проектов, но ни один из них еще не кажется вполне осуществимым.

Так, например, есть предложение построить атомную ракету с реактором. Это значит, что в ракете будет сооружен атомный котел. Здесь будет выделяться большое количество тепла. Но откуда возьмется газ, который должен с большой скоростью вытекать из реактивного сопла? С этой целью предлагается запастись сжатым газом или водой. Вода занимает меньше места, а водяной пар, нагретый до очень высоких температур, ничем не отличается от газа. Он будет вытекать из сопла с большой скоростью.

Однако в этом проекте есть много недостатков: во-первых, всё равно необходимо запасаться газом или водой. Правда, не надо брать окислитель, но зато вес атомного реактора и защиты к нему не так уж мал.

Во-вторых, — и это самое главное — ведь в камере реактивного двигателя газ должен быть нагрет до возможно более высокой температуры. А материалы атомных реакторов не позволяют очень высоких нагревов. Кроме того, и время на передачу тепла от реактора к газам отводится очень малое,— значит, температура газовой струи перед соплом будет низкая и термодинамический коэффициент полезного действия такого двигателя будет тоже низким.

Есть и такое предложение.

В обычной ракете с химическим топливом удается уже теперь получать температуру сгорания порядка 3000° С. Стенки камер таких ракет специальным образом охлаждаются и выдерживают подобный режим работы двигателя. Используя атомное горючее, предлагается подавать в камеру сгорания обогащенный уран, например в виде порошка, вместе с рабочим телом. В камере начнется цепная реакция, быстро нагревающая содержимое до температур порядка 4000—5000 градусов.

Если бы удалось практически организовать так работу атомного ракетного двигателя, вероятно, это было бы более правильным решением, чем предыдущее.

А вот если бы удалось, наконец, овладеть термоядерной реакцией, удалось научиться управлять ею, получать нужную температуру и скорость этой реакции,— вот тогда вопрос с двигателем для межпланетных кораблей был бы окончательно решен. Было бы, наконец, найдено необходимое «концентрированное» топливо. Ведь эта реакция будет совершаться при большой температуре прямо в камере сгорания, а не в реакторе. Здесь также не потребуется специальных окислителей. В качестве «горючего» будет использован газ, и в результате реакции тоже получится газ, который, вытекая через реактивное сопло, создает также реактивную силу тяги. А если к тому же вести испарение воды, то можно будет получить любой мощности двигатель.

Ученые работают и над ракетами, где бы прямо использовалась кинетическая энергия осколков делящихся атомных частиц. Ведь они разлетаются с большими скоростями. Однако и здесь много сложных задач: осколки надо направить в нужную сторону, надо иметь много таких осколков по весу и т. д. Пока такие ракетные двигатели, как выясняется, не могут развивать больших усилий тяги. Эти ракеты даже получили название «псевдоракет», то есть ложных ракет.

Итак, двигатель будущего межпланетного корабля — это атомный двигатель. Но он пока не создан — впереди предстоит решить много важных технических задач.

Современное ракетоплавание еще опирается на обычные ракетные двигатели с химическим топливом. Однако сейчас уже проектируются реактивные атомные самолеты, которые позволят накопить опыт использования атомной энергии в летательных аппаратах.

Энергия будущего

Атомные электростанции, атомные корабли, атомные ракеты...

Атомные двигатели скоро займут свое место и на самолетах и на железнодорожных локомотивах. Пока еще атомные установки получаются громоздкими, и это затрудняет их применение. Вот возьмем, например, автомобиль.

Для того, чтобы обернуться четыре раза вокруг земного шара, автомобилю потребовался бы лишь небольшой кусочек атомного горючего, размером с грецкий орех. Но вся беда в том, что, расходуя маленькую порцию топлива, автомобиль должен будет возить с собой весь огромный атомный котел со всей заправкой. А ведь вокруг котла должна быть толстая защитная стена.

Если предположить, что для автомобиля можно использовать чистый уран-235, то и тогда вес энергетической установки будет равняться нескольким тоннам. А современные автомобильные двигатели внутреннего сгорания обычно весят не больше 300—400 килограммов.

Но если сегодня говорить об атомном двигателе на автомобиле еще рано, то скоро настанет и завтрашний день атомной энергетики. А ведь в этом завтрашнем дне обязательно появятся и атомные автомобили, и атомные самолеты, и атомные плавильные печи, и много других атомных энергетических установок... Это неизбежно не только потому, что атомные котлы начали успешно конкурировать с другими тепловыми источниками, но и потому, что запасы современного топлива крайне ограничены.

Геологи подсчитали, что при существующих темпах расходования нефти и каменного угля, человечество сможет располагать этим топливом еще каких-нибудь 200—400 лет — и только.

А ведь потребление энергии всё растет и растет. Подсчитано, что во всем мире (без СССР) за десять лет потребность в энергии удваивается. Если бы не атомная энергия, плохо пришлось бы жителям двадцать пятого века.

Но атомная энергия неисчерпаема. Если на всё будущее время сохранился бы уран как основное атомное топливо, то и в этом случае при нынешнем уровне потребления энергии геологи гарантируют человечеству десять тысяч лет спокойной жизни, без мысли об «энергетическом голоде», — таковы мировые запасы урана, который в прошлом добывался в очень малых количествах и шел преимущественно на получение красок. Но мы уже знаем, что «атомное горючее» можно накапливать.

Однако наука не считает, что существующие способы

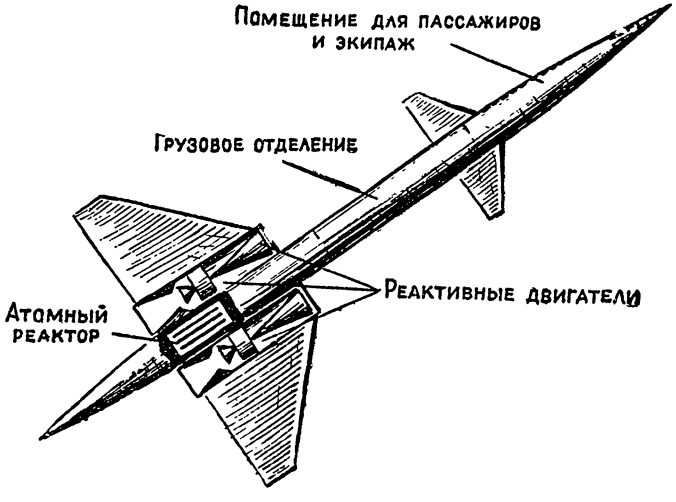


Схема атомного реактивного самолета.

использования атомной энергии останутся неизменными на много лет. Ведь в урановом котле извлекается только 0,1% той энергии, которой располагает атомное ядро урана. Иными словами, если говорить о коэффициенте полезного действия не тепловом, а атомном, то в урановом котле он равен мизерной величине — 0,001.

Дело в том, что здесь используется только та энергия, которая высвобождается при делении ядра урана на два осколка. Если бы удалось использовать не кинетическую энергию двух осколков, а энергию всех частиц ядра, — тогда-то человек и получил бы в свое распоряжение полную мощь атома.

Заметим, что и другой из известных пока способов получения атомной энергии — с помощью термоядерных реакций — тоже не намного эффективнее цепной урановой реакции, — здесь извлекается 0,5% атомной энергии.

Наука будущего найдет и другие, более эффективные способы получения и использования атомной энергии, как наука прошлого нашла пути использования тепла не на 3—4% (вспомним первые паровые машины), а на 40 — 45% (в лучших современных дизелях) и даже на 70—80% (в комбинированных теплосиловых установках, где отходящее тепло используется на нужды обогрева жилых зданий и так далее).

Наука будущего постигнет тайну атома до конца, и тогда человечество получит безграничный источник энергии. Как неугасимо солнце, так неиссякаем и запас атомной энергии в окружающем нас мире.

И если уже сейчас из какого-нибудь куска урана можно извлечь в два миллиона раз больше энергии, чем из такого же куска угля, если уже сейчас всего 70 килограммов урана-235 заменят годовую работу такой мощной гидроэлектростанции, как Днепрогэс, то какие энергетические возможности откроются в самом недалеком будущем!

Наука развивается бурно. Не за горами то время, когда человек научится добывать атомную энергию не только из урана но и... из простого булыжника, из многих окружающих нас веществ. Тогда наступит изобилие энергии.

Вот почему атомная энергия — основной вид энергии будущего. Еще долго будет служить человечеству и неиссякаемая гидроэнергия и беспредельная энергия ветра. Но все тепловые двигатели на земле, на воде и в воздухе будут со временем работать на «атомном топливе».

И, может быть, научившись превращать атомную энергию непосредственно в энергию электрическую, человечество и вовсе откажется от тепловых двигателей, заменив их атомно-электрическими.

ОКИНЕМ ВЗГЛЯДОМ...

В годы седой древности человек нашел себе «механического помощника» в примитивном водяном колесе. Несколько позже человек научился укрощать ветер.

Прошли тысячелетия, прежде чем ученые стали задумываться над использованием силы пара. Но от Геронова шара и пушки «Архитронито» должно было пройти еще около двух тысяч лет, пока человечество смогло заставить работать и пар. Наступила пора теплового двигателя.

Трудными путями, усилиями многих изобретателей, инженеров и ученых входил в жизнь первый универсальный двигатель — паровая машина. Но не успел этот первый тепловой двигатель достичь совершенства, как дорогу ему заступили другие, более удобные, более выгодные машины: паровая турбина и двигатель внутреннего сгорания. Уже не тысячелетия, а лишь одно столетие отделяет появление первого работоспособного двигателя внутреннего сгорания от первой работоспособной паровой машины. И немногим более времени прошло до появления первой работоспособной паровой турбины.

Сроки сокращаются... Уже не беспомощные, слепые поиски, а наука стала у́правлять помыслами инженеров. Наука указывала кратчайшие пути, по которым следует идти в совершенствовании теплового двигателя. Наука повела инженеров на борьбу за тепловой двигатель с высоким термическим коэффициентом полезного действия. Наука открыла новые источники энергии.

В течение последних пятидесяти лет наука достигла особенно значительных успехов. Был разработан и затем воплощен в первые конструкции принцип реактивного двигателя. Были созданы на новой, высоконаучной основе газовые турбины. Открыта глубоко упрятанная природой атомная энергия.

Начинается, наконец, практическое использование свойств специальных веществ — «полупроводников», которые позволят превращать непосредственно в электрическую энергию энергию света и тепла — без промежуточных двигателей, в том числе и тепловых.

О «полупроводниковых» двигателях в этой книжке еще ничего не было сказано, но очень скоро о них придется говорить много и подробно.

Сроки продолжают сокращаться.

Быть может, пройдет еще совсем немного лет, и какой-либо читатель этой книги первый отправится в полет на межпланетном корабле или совершит первый кругосветный пробег на «атомном» автомобиле, или встанет на вахту дежурного инженера первой полупроводниковой электростанции...

К тому времени появятся новые двигатели — удобные, мощные, экономичные, малого веса и размеров. О них будут написаны и новые книги.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Первое слово о двигателе 3

Глава I

Укрощенные стихии 7
«Вода примером служит нам...» 7
«Ветер, ветер, ты могуч!» 21

Глава II

Огненные машины 27
От пушки «самый сильный гром» до необычайного двигателя Бранка 27
Куда девалась вода из стакана? 30
Пришло время 35
Врач-инженер Дени Папен и его машины 36
Паровой насос в Летнем саду 38
Машина кузнечных дел мастера Ньюкомена 40
Солдатский сын Иван Ползунов 42
«Облегчая труд по нас грядущим...» 45
Механик Джемс Уатт 51
Забытая книга Сади Карно 56
Новая наука 58

Глава III

Двигатель тепловых электростанций 66
От молочного сепаратора к паровой турбине 66
Активная турбина Рато 69
Ступени скорости 72
Реактивная турбина Парсонса 74
Вторичный двигатель 76
Основной двигатель тепловых электростанций . . . 79

Глава IV

Иными путями 87
«Пожиратель газа, вращающийся кусок сала» 87
«Зайдите в магазин Шопена» 91
Судебное дело о четырех тактах 93
Капитан русского флота Костович и его двигатель . . 96
Вместо лошади — мотор 100
Двигатель «нефтянка» 102
Миф Дизеля 105
Русский двигатель 109
Можно работать и в два такта... 111
Судьба Дизеля и дизелей 114
Вернемся к «старичкам» 123

Глава V

Газовая турбина 127
Как домового работать заставили 127
Еще один зигзаг 128
Газовая турбина внутреннего сгорания 131
Газовая турбина внешнего сгорания 133
Настоящее и будущее газовой турбины 135

Глава VI

Двигатели для больших скоростей 141
Огненные стрелы 141
Первый проект 143
Проект, рожденный в тюремных застенках 144
Учитель из Калуги 147
Двигатель, сам себя съедающий 151
Отпадающие двигатели 153
С неба на землю 154
И снова в небо 158
Страшные птицы над Лондоном 165

Глава VII

Двигатель близкого будущего 168
Чего не знали алхимики 168
Научный подвиг Менделеева 171
Начало разгадки 174
Атом и его модели 178
Чудесные превращения 183

Могучая энергия 185
Атомный котел и атомное горючее 191
Что же такое атомный двигатель? 197
Первая в мире 200
Двигатель дальних плаваний 208
Двигатель космических рейсов 212
Энергия будущего 216
Окинем взглядом 219

6(09)
Л36

ДОРОГИЕ ЧИТАТЕЛИ!

Присылайте нам ваши отзывы о прочитанных вами книгах и пожелания об их содержании и оформлении.

Укажите свой точный адрес и возраст.

Пишите по адресу: Ленинград, наб Кутузова, 6. Дом детской книги Детгиза.

ДЛЯ СТАРШЕГО ВОЗРАСТА

Левин Марк Иосифович.
«Машина-двигатель»

Ответственный редактор *Л. А. Джалалбекова.* Художник-редактор *Ю. Н. Киселев.* Технический редактор *Н. М. Сусленникова* Корректоры *А. К. Петрова* и *А. П. Нарвойш.* Подписано к набору 27/VII 1956 г. Подписано к печати 13/X 1956 г. 60 × 92 1/16. Печ. л. 14. Усл. п. л. 14. Уч.-изд. л. 13,23. Тираж 30 000 экз. М-33800. Ленинградское отделение Детгиза. Ленинград, наб. Кутузова, 6. Заказ № 439. Цена 5 р.
2-я фабрика детской книги Детгиза Министерства просвещения РСФСР. Ленинград, 2-я Советская, 7.

5 р.