

В. М. БРОДЯНСКИЙ

Вечный двигатель- прежде и теперь



НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА ШКОЛЬНИКА

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА ШКОЛЬНИКА

Основана в 1986 г.

В. М. БРОДЯНСКИЙ

Вечный двигатель- прежде и теперь

ОТ УТОПИИ — К НАУКЕ,
ОТ НАУКИ — К УТОПИИ



МОСКВА ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ 1989

ББК 31.31
Б 88
УДК 621.1.01

Рецензент А. А. Гухман

Бродянский В. М.

Б 88 Вечный двигатель — прежде и теперь. От утопии — к науке, от науки — к утопии. — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 256 с.: ил. (Научно-популярная б-ка школьника).

ISBN 5-283-00058-3

В популярной форме рассказывается об истории вечного двигателя от первых попыток его создания до современных «изобретений». Раскрывается значение для энергетики двух фундаментальных законов — первого и второго начал термодинамики. Показана бесполезность попыток обойти эти законы независимо от сложности предлагаемых для этого устройств.

Для широкого круга читателей, интересующихся историей техники и ее современными проблемами.

Б 2203020000-092 185-89
051(01)-89

ББК 31.31

ISBN 5-283-00058-3

© Энергоатомиздат, 1989

ПРЕДИСЛОВИЕ

Так называемый вечный двигатель занимает в истории науки и техники особое и очень заметное место, несмотря на то что он не существует и существовать не может. Этот парадоксальный факт объясняется прежде всего тем, что поиски изобретателей вечного двигателя, продолжающиеся более 800 лет, связаны с формированием представлений о фундаментальном понятии физики — энергии. Более того, борьба с заблуждениями изобретателей вечных двигателей и их ученых защитников (были и такие) в значительной степени способствовала развитию и становлению науки о превращениях энергии — термодинамики.

Анализ истории вечного двигателя вполне соответствует той задаче, которую поставил В. И. Ленин, когда писал о необходимости «диалектической обработки всей истории естествознания и техники». Такая история должна включать не только прозрения, великие открытия и изобретения, но и заблуждения и неудачи. Только тогда она будет живой и полной.

Этот интересный и вместе с тем поучительный сюжет из истории науки и техники не могла, естественно, обойти и научно-популярная литература. Однако отечественной литературы на эту тему, если не считать одной брошюры, вышедшей в 1911 г., не было. В последние годы были изданы две переводные книги о вечном двигателе¹, содержащие довольно большой и интересный материал.

Предлагаемая книга на ту же тему написана крупным специалистом в области термодинамики и низкотемпературной техники, доктором техн. наук профессором В. М. Бродянским. Будучи не менее занимательной, чем другие (в частности, благодаря примерам из художественной литературы), она отличается от них, по крайней мере, в трех существенных аспектах.

Первый из них связан с содержанием книги. У всех без исключения авторов, писавших о вечном двигателе, основное внимание уделялось так называемому вечному двигателю первого рода, которым занимались изобретатели прежних времен. Вечные двигатели второго рода,

¹ Орд-Хьюм А. Вечное движение/Пер. с англ. М.: Знание. 1980; Михал С. Вечный двигатель вчера и сегодня/Пер. с чешск. М.: Мир. 1984.

которые пытаются создать теперешние изобретатели, почти не рассматриваются. Между тем именно здесь находится центральный пункт полемики, связанной с предложениями о создании «инверсионных» энергетических устройств, могущих, якобы, обеспечить человечество энергией навечно и без расходования каких-либо возобновляемых или невозобновляемых ресурсов. О живучести подобных проектов вечных двигателей свидетельствует хотя бы тот факт, что даже после выступления в центральной печати таких авторитетных ученых, как академики П. Капица, Л. Арцимович и И. Тамм (Правда, 1959. 21 ноября), с протестом против распространения лженаучных сенсаций, связанных с новыми вечными двигателями, через 18 лет понадобилась новая статья на ту же тему академиков Е. Велихова, А. Прохорова и Р. Сагдеева (Правда. 1987. 22 авг.). Поэтому вполне оправдано, что в книге В. М. Бродянского сделан решительный поворот от «прежде» к «теперь»: основное внимание уделено именно вечному двигателю второго рода. При этом, однако, перед автором возникает несравненно более трудная задача. Действительно, положение о невозможности осуществления вечного двигателя первого рода очевидно для современного читателя, который со школьных лет знает закон сохранения энергии. Здесь автору нужно при разборе каждого двигателя только показать, где спрятано противоречие с этим законом.

При рассмотрении идеи вечного двигателя второго рода нужно не только выявить противоречие с законом природы, но и убедить читателя в незыблемости самого этого закона. Однако второй закон термодинамики далеко не так очевиден, как закон сохранения энергии, он не входит и в курс физики средней школы.

Автор приложил много сил и умения, чтобы просто, без педантизма довести до читателя содержание второго закона термодинамики. При этом существенное внимание уделено и полемике с «ниспровергателями» второго закона, и разбору их внешне убедительных, но научно несостоятельных доводов. Такой показ столкновения научных и антинаучных позиций проводится автором в довольно острой форме. Однако это вполне оправдано, так как читатель сам вовлекается в дискуссию и получает возможность отделить сущность от словесной оболочки, увидеть проблему объемно, с разных сторон и утвердиться в правильном ее понимании.

Вторая особенность книги состоит в том, что автор сумел отойти от описательного стиля, принятого до сих пор в книгах о вечных двигателях. Ему удалось без излишней «учености» найти стиль изложения, позволяющий дать ответы на трудные или редко освещаемые вопросы в форме, нужной для читателя, не имеющего специальной подготовки. К таким вопросам относятся не только физические или технические, но и психологические (например, мотивы, определяющие невосприимчивость к критике изобретателей вечного двигателя).

Третье отличие этой книги от предшествующих связано с необходимостью найти методику, позволяющую наглядно, но не слишком упрощенно представить суть ошибок изобретателей вечного двигателя второго рода. Автор использовал для этого широко распространившееся за последнее время понятие эксергии, в разработке которого он принимал непосредственное участие. Опыт применения этой величины в научно-популярной литературе у нас и за рубежом показал, что она позволяет наиболее просто изложить следствия второго закона термодинамики в его технических приложениях. В результате гл. 3 и 4, содержащие самые трудные для популяризации материалы, сделались интересными и понятными, хотя и требуют от читателя в некоторых местах определенной сосредоточенности.

Опыт многих лет выпуска научно-популярных книг и журналов в нашей стране показывает, что уровень подготовки читателей, как взрослых, так и школьников, весьма вырос. Подавляющее большинство читателей, в том числе и молодежь, предпочитает не облегченное развлекательное чтение, а литературу интересную, заставляющую думать. Именно к такой категории относится и книга В. М. Бродянского о вечном двигателе: в ней найдено оптимальное соотношение научного и занимательного. Ее чтение даст много нового всем, кто интересуется историей науки и техники — как далекой, так и близкой к нашему времени.

Академик АПН СССР В. А. ФАБРИКАНТ

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА

Написать эту книгу меня побудило не только стремление рассказать историю вечного двигателя по-новому. Несомненно, длительная история попыток создания вечного двигателя, столкновения его сторонников и противников чрезвычайно интересна и поучительна. В ней фигурируют самые разные люди — ученые и проходимцы, короли и ремесленники, архитекторы и богословы, бизнесмены и священники, мужчины и женщины. История вечного двигателя — это одновременно и история становления и развития многих направлений науки, в частности механики, гидравлики и, конечно, энергетики.

Вместе с тем существует и другая причина, приводящая к необходимости писать о вечном двигателе именно теперь. Она состоит в том, что попытки создать вечный двигатель не прекратились и в наш ученый век. Многочисленные изобретатели работают над новыми проектами; многие инженеры и научные работники создают для них «теоретическую базу», а сами авторы и некоторые журналисты пропагандируют соответствующие идеи в печати.

В отличие от прошлых времен авторы избегают термина «вечный двигатель», вводя другие, более «научные» слова (например, «инверсия энергии»). Однако дело от этого, естественно, не меняется.

Мне пришлось неоднократно участвовать как в экспертизе такого рода изобретений, так и в разборе жалоб изобретателей на консерватизм экспертов, отвергающих их предложения. В результате не только накопилась интересная информация (и негативные эмоции), но и сформировалось убеждение, что необходима новая популярная книга о вечном двигателе, которая содержала бы развернутый анализ ошибок современных его изобретателей. Их заранее обреченные на неудачу попытки продолжают уже много лет; даже выступления в печати авторитетнейших ученых не смогли прекратить это пагубное поветрие.

Одна, по-видимому определяющая, причина стремления создать новый, необычный двигатель, работающий без использования каких-либо ресурсов, состоит в быстром развитии науки и техники: многие «чудеса» становятся реальностью. Поэтому представление о невозможности чего-либо часто воспринимается с большим тру-

дом (или вовсе не воспринимается). Такой общественный настрой, особенно у молодежи — явление вполне естественное. Однако на этой питательной почве иногда, при недостатке соответствующих знаний, растут и сорняки — идеи внешне очень прогрессивные, но научно несостоятельные и потому в принципе нереализуемые. Новые вечные двигатели (так называемые вечные двигатели второго рода) относятся именно к этой категории.

Часть книги, которая посвящена современным изобретателям вечного двигателя второго рода, характеризуется явно выраженной критической, негативной направленностью.

Критиковать, не предлагая чего-либо лучшего, — неблагодарная задача для научного работника и инженера, которые по самому роду своей работы должны не столько отрицать, сколько создавать и помогать другим делать то же самое. Здесь же предложить лучшее (более совершенный вечный двигатель) в принципе нельзя. Остается только разъяснение и отрицание. Утешением может служить лишь то, что такая работа помогает направить на настоящее, полезное дело средства и усилия, которые были бы растрчены на бесперспективные, химерические прожекты.

Нужно еще отметить, что критический научный анализ вечных двигателей и других подобных им устройств полезен тем, что вырабатывает умение отличать настоящие идеи от суррогатов — внешне заманчивых, но по существу негодных теорий и прожектов. Это особенно важно для молодежи. Здесь нужна не просто ссылка на нарушение закона природы, а терпеливый разбор этого закона. Практика показывает, что даже в этом случае не всегда удастся убедить наиболее упорных изобретателей; но это уже другой вопрос, требующий психологического анализа. Главное — выработать соответствующее общественное мнение.

В конечном счете цель этой книги — способствовать по мере сил выполнению завета, который оставили в известной статье «О легкомысленной погоне за научными сенсациями» академики Л. Арцимович, П. Капица и И. Тамм. Она заканчивается призывом выполнить важную задачу популяризации достижений науки и техники, чтобы закрыть дорогу рекламе «чудес», дискредитирующих науку.

Введение к книге знакомит с некоторыми общими положениями и с терминами, относящимися к вечным двигателям.

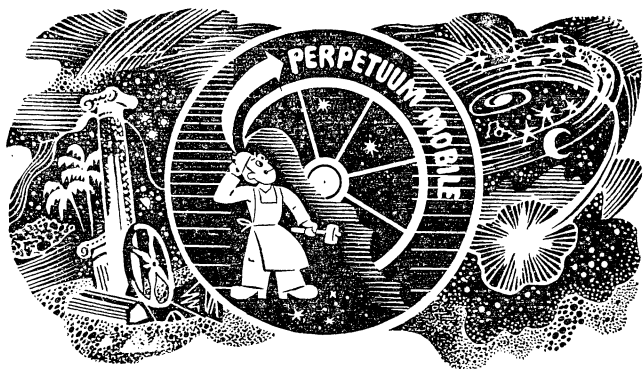
Две первые главы посвящены вечному двигателю первого рода, три последующие главы — вечному двигателю второго рода. В кратком заключении иллюстрируется мысль о том, что «энергетического тупика», от которого хотят спасти человечество современные изобретатели вечного двигателя, в действительности не существует и что настоящая энергетика имеет возможности обеспечить все разумные потребности человечества в энергии.

В конце книги приведена библиография для тех, кто захочет подробнее ознакомиться с темой. Список разделен на четыре части. Первая содержит литературу, как относящуюся к общим положениям, затрагиваемым в книге, так и к научным, связанным с энергетикой. Во второй собраны книги и статьи, непосредственно относящиеся к истории вечных двигателей и критике ошибок его сторонников. Третья часть включает статьи, авторские свидетельства и книги, в которых изобретатели, а также вольные и невольные защитники вечных двигателей излагают свои взгляды. В последней, четвертой, части перечислены произведения художественной литературы, действующие лица которых — изобретатели вечных двигателей.

В работе мне оказали большую помощь и поддержку акад. АПН СССР В. А. Фабрикант, рецензент книги засл. деятель науки, проф. А. А. Гухман и редактор В. Д. Виленский. Им я приношу глубокую благодарность. Считаю своим долгом также отметить помощь, оказанную в поиске библиографии по теме редактором Публичной библиотеки им. М. Е. Салтыкова-Щедрина |О. В. Звегинцевой.|

Критические замечания и советы, относящиеся к содержанию и форме книги, будут приняты с благодарностью адресу: 113114, Москва, Шлюзовая наб., 10, Энергоатомиздат.

Автор



ВВЕДЕНИЕ

ФИЗИКА, ЭНЕРГЕТИКА И ВЕЧНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Всякое ложное искусство, всякое суемудрие длится лишь положенное ему время, так как в конце концов оно разрушает само себя и высшая точка его развития есть вместе с тем начало его крушения.

И. Кант

Приступая к разбору истории вечного двигателя, нужно, по-видимому, начать с того, откуда взялось это понятие и что, собственно, оно означает.

Идея об устройстве, которое могло бы приводить в движение машины, не используя ни мускульную силу людей и животных, ни силу ветра и падающей воды, возникла впервые, насколько известно, в Индии в XII в. Однако практический интерес к ней проявился в средневековых городах Европы в XIII в. Это не было случайностью; универсальный двигатель, способный работать в любом месте, был бы очень полезен средневековому ремесленнику. Он мог бы приводить в движение кузнечные меха, подававшие воздух в горны и печи, водяные насосы, крутить мельницы, поднимать грузы на стройках. Говоря современным языком, создание такого двигателя позволило бы сделать существенный шаг и в энергетике, и в развитии производительных сил в целом.

Средневековая наука не была готова к тому, чтобы хоть как-то помочь этим поискам. Привычных нам представлений, связанных с энергией и законами ее превра-

шений, в то время еще не было. Естественно поэтому, что люди, мечтавшие создать универсальный двигатель, опирались прежде всего на то вечное движение, которое они видели в окружающей природе: движение солнца, луны и планет, морские приливы и отливы, течение рек. Такое вечное движение называлось «*perpetuum mobile naturale*» — естественное, природное вечное движение. Существование такого природного вечного движения со средневековой точки зрения неопровержимо свидетельствовало о возможности создания и искусственного вечного движения — «*perpetuum mobile artificiae*». Надо было только найти способ перенести существующие в природе явления на искусственно созданные машины.

В результате такого переноса слово «*perpetuum*» («вечный») приобрело в этом термине несколько иной смысл. Применительно к технике оно уже означало не «бесконечный», а скорее «непрерывный», «постоянно действующий». Было очевидно, что любая искусственная машина, созданная человеком, не вечна, она в конце концов неизбежно изнашивается. Но пока двигатель существует — он постоянно должен действовать.

В этом смысле — как обозначение постоянно, самого по себе действующего двигателя — сочетание «*perpetuum mobile artificiae*» дожило и до наших дней. Слово «*artificiae*» постепенно исчезло, так как ясно было, что термин относится к искусственному устройству. Для краткости «*perpetuum mobile*» часто пишут сокращенно — *ppm*.

Таким образом, русский термин «вечный двигатель» не совсем точно отражает понятие *ppm*. Однако, поскольку он вошел во всеобщий обиход, мы будем им пользоваться наряду с сокращенным обозначением *ppm*. Кроме того, мы по возможности постараемся избегать частого упоминания перед словами «вечный двигатель» прилагательных типа «воображаемый», «нереализуемый», «неосуществимый» и т. д., так как это подразумевается с самого начала. По этой же причине словосочетание «вечный двигатель» везде, начиная с заголовка, пишется без кавычек. Ведь упоминают же в литературе без кавычек чертей, ведьм и всякую прочую нечистую силу, хотя прекрасно известно, что в настоящем виде они не существуют, как и вечный двигатель.

Представление о вечном двигателе со временем существенно менялось в соответствии с развитием науки,

в частности физики, и задачами, которые возникали перед энергетикой.

В *первый период* развития ррт (XIII—XVIII вв.) его изобретатели не понимали принципиальной разницы между вечным движением небесных тел и связанных с ним явлений (например, морских приливов) и тем движением, посредством которого они хотели производить работу в двигателях. Как это ни покажется странным теперь, вопрос о том, откуда должна была взяться эта работа, тогда вообще не возникал. Только примерно с XVI в., когда постепенно начала формироваться мысль о некой «силе» как источнике движения и о том, что эта сила не может ни возникнуть из ничего, ни исчезнуть бесследно, появились сомнения в возможности, а затем и убеждение в невозможности создания ррт. Однако, как мы увидим далее, этого мнения придерживался очень небольшой круг наиболее квалифицированных ученых-физиков и механиков. Общим достоянием такое понимание не стало. Все же официальным решением Парижской академии наук в 1775 г. было прекращено рассмотрение любых проектов *perpetuum mobile*. На этом закончился первый период истории ррт.

Второй период продолжался примерно до последней четверти XIX в. За это время было определено понятие энергии и закон ее сохранения получил окончательное научное оформление. Были заложены основы термодинамики — науки об энергии и ее превращениях. Однако усилия изобретателей, работающих над созданием различных вариантов ррт, нисколько не ослабели.

Создалась интересная ситуация — сосуществование (правда, совсем не мирное) науки и антинаучной изобретательской деятельности. Этот парадокс объяснялся, с одной стороны, возросшими требованиями к энергетике, потреблявшей много топлива, и с другой — тем, что первый закон термодинамики (закон сохранения энергии) не был еще достаточно хорошо известен широкому кругу людей, занимавшихся техникой.

На этом, по существу, заканчивается история так называемого *вечного двигателя* первого рода — ррт-1, изобретатели которого пытались нарушить *первый закон* термодинамики. Напомним, что он требует, чтобы общее количество энергии, поступающей в двигатель, было в точности равно общему количеству выходящей из него; энергия не может исчезать или возникать из ничего.

А ррт-1 производил бы работу, вообще не получая энергии извне!

Третий период развития ррт продолжается и теперь. Этот период характерен тем, что современные изобретатели ррт в отличие от своих коллег, работавших в предыдущие времена, знают о существовании научных законов, исключающих возможность его создания. Поэтому они пытаются создать ррт совсем другого рода. Такой вечный двигатель не должен нарушать закон сохранения энергии — *первый закон термодинамики*. Здесь все в порядке. Но он должен действовать вопреки *второму закону термодинамики*. Этот закон определенным образом ограничивает превращаемость одних форм энергии в другие. Такой двигатель в отличие от предшествующих ему вариантов ррт-1, относящихся к первым двум периодам, был назван вечным двигателем *второго рода* — ррт-2.

Простейшим ррт-2 был бы такой, который, получая тепло от окружающей среды (например, от воды или атмосферного воздуха), полностью или частично превращал бы его в работу. Он позволил бы обойтись не только без затраты органического или ядерного топлива, но и без загрязнения окружающей среды. Есть за что бороться! Но второй закон термодинамики это превращение запрещает.

Поскольку этот закон известен и существует, изобретателям ррт-2 не остается ничего другого, как бороться именно с ним. Нападки на второй закон ведутся ими с самых разных сторон — физической, философской и даже политической. Эта борьба вокруг второго закона термодинамики составляет, по существу, основное содержание *третьего периода истории ррт*.

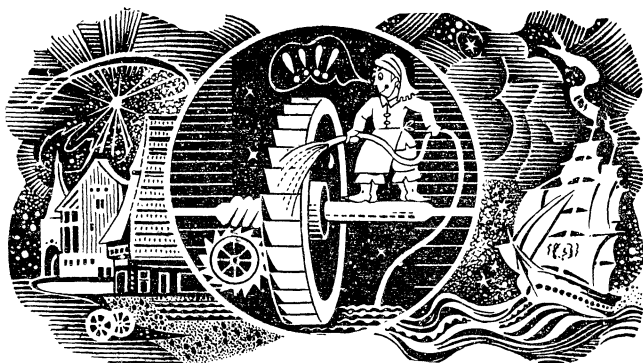
На начальном этапе истории ррт дискуссии вокруг него способствовали в определенной степени прогрессу физики, а на последнем этапе — и развитию термодинамики, и прогрессу энергетики. Более того, оба закона термодинамики родились из положения о невозможности осуществления вечного двигателя. В целом эти этапы истории ррт можно характеризовать как *движение от утопии к науке*. В конечном счете сам вечный двигатель породил, если так можно выразиться, те фундаментальные научные положения, которые вырвали из-под него почву и обусловили конец его многовековой истории.

К сожалению, современные попытки возродить ррт на новой основе уже ничего науке не дают и дать не мо-

гут. Напротив, они только вносят путаницу и отвлекают людей от настоящего дела. Теперешний этап истории вечного двигателя характеризуется попытками продвинуться в обратном направлении — *от науки к утопии*.

Чтобы разобраться во всех этапах истории ррт и двинуться дальше, надо обязательно сформулировать определение того, о чем пойдет речь. Итак, **вечный двигатель — это воображаемое устройство, способное производить работу в нарушение первого (ррт-1) или второго (ррт-2) законов термодинамики.**

Займемся подробнее как этими двигателями, так и соответствующими законами — сначала первым, а затем и вторым.



Глава первая

ВЕЧНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ПЕРВОГО РОДА: ОТ РАННИХ ПОПЫТОК ДО «ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ»

Мартын:

Что такое *perpetuum mobile*?

Бертольд:

Perpetuum mobile, то есть *вечное движение*. Если найду вечное движение, то я не вижу границ творчеству человеческому... видишь ли, добрый мой Мартын: делать золото — задача заманчивая, открытие, может быть, любопытное — но найти *perpetuum mobile*... о!..

А. С. Пушкин. «Сцены из рыцарских времен»

1.1. Зарождение идеи

Трудно более кратко и выразительно сказать о значении энергетики для человечества, чем это сделал А. С. Пушкин устами средневекового монаха. Отозвавшись о создании золота как «задаче заманчивой», Бертольд совсем иначе говорит о *perpetuum mobile*: «Если найду вечное движение, то я не вижу границ творчеству человеческому...» Все, что позже было сказано о роли энергетики, не идет дальше этих замечательных слов.

Может быть и не с такой предельной ясностью, но эта мысль действительно впервые была сформулирована в «рыцарские времена» — в XIII в.

Поистине пророческое высказывание о будущем техники, которое не могло бы возникнуть без понимания значения универсального двигателя, принадлежало средневековому монаху. Это был великий Роджер Бэкон (ок. 1214—1292), названный современниками *doctor mirabilis* (удивительный доктор); это, впрочем, не помешало церковникам продержать его почти 20 лет в тюрьме.

Вот что он писал: «Прежде всего я расскажу о чудесных творениях человека и природы, чтобы назвать дальше причины и пути их созидания, в которых нет ничего чудодейственного.

...Ведь можно же создать крупные речные и океанские суда с двигателями и без гребцов, управляемые одним рулевым и передвигающиеся с большей скоростью, чем если бы они были набиты гребцами. Можно создать и колесницу, передвигающуюся с непостижимой быстротой, не впрягая в нее животных. Можно создать и летательные аппараты, внутри которых усядется человек, заставляющий поворотом того или иного прибора искусственные крылья бить по воздуху, как это делают птицы. Можно построить небольшую машину, поднимающую и опускающую чрезвычайно большие грузы, машину огромной пользы...

...Наряду с этим можно создать и такие машины, с помощью которых человек станет опускаться на дно рек и морей без ущерба для своего здоровья».

Это и прогноз, и призыв: «Ведь можно же!», а не сказочные мечты вроде ковра-самолета или скатерти-самобранки. И главное в этих прогнозах, как отчетливо понимал Бэкон, — это *двигатель*, без которого самостоятельное движение ни судов, ни колесницы, ни летательных аппаратов невозможно.

При всей гениальности Р. Бэкона¹ он не смог бы написать ничего подобного, если бы к этому времени не сформировался определенный уровень представлений о дальнейших потребностях и возможностях развития техники, опирающихся на скромные, но достаточно ве-

¹ Интересно сопоставить прогноз Р. Бэкона с прогнозом (сделанным в 1900 г.!) американского ученого-астронома Ньюкома: «Все данные современной науки указывают, что никакие возможные сочетания известных веществ, типов машин и форм энергии не позволят построить аппарат, практически пригодный для длительного полета человека в воздухе». Эта ученая тирада была произнесена за три года до полета братьев Райт!

сомые ее успехи. В частности, уже «витало в воздухе» представление о том, что создание универсального двигателя, пригодного для привода машин, возможно.

Потребность в таком двигателе была естественной для ремесленного производства тесного средневекового города, где не хватало рабочих рук.

Ответом на эту потребность и были попытки создания *perpetuum mobile*, первые проекты которого появились в том же XIII в., в котором жил и работал Р. Бэкон. Теперь, в XX в., легко критиковать ошибки изобретателей XIII в. Современному школьнику, который «проходил» закон сохранения энергии, очевидно, что путь, на который вступили тогда изобретатели универсального двигателя, был ложным. Однако судить на этом основании с высокомерием и даже с иронией (так бывает) о трудах мастеров и изобретателей «мрачного средневековья» нельзя.

В. И. Ленин: писал «Исторические заслуги судятся не по тому, что *не дали* исторические деятели сравнительно с современными требованиями, а по тому, что *они дали* сравнительно со своими предшественниками» [1.1]. С этих позиций смелая попытка оторваться от «биологической» и «ветро-водяной» энергетики представляет огромный шаг вперед. Работа средневековых изобретателей *perpetuum mobile* была необходимым этапом проб и ошибок, на базе которых постепенно выкристаллизовался закон сохранения энергии (а затем все те необходимые научные и технические результаты, которые он помог получить).

У самых гениальных мыслителей, ученых и инженеров античного мира, даже таких, как Архимед (ок. 287—212 до н. э.), нет и намек на идею об универсальном двигателе. Не двинулся в этом направлении и такой инженер, как Герон Александрийский (ок. I в.), несмотря на то что он знал намного больше, чем средневековые мыслители. Даже движущая сила нагретого воздуха и водяного пара была ему хорошо известна. Его «эолопил» (рис. 1.1) — прообраз реактивной паровой турбины — был только интересной игрушкой, так же как и устройство, открывавшее двери храма (рис. 1.2). Мысль о том, чтобы приспособить его к делу — использовать как двигатель для машин, даже не возникала. Это и понятно: была дешевая рабочая сила многочисленных рабов, домашних животных, наконец, воды и ветра.

Вспомним, что в Римской империи на одного рабовладельца

приходилось в среднем 10 рабов (а у некоторых патрициев их было даже до 1000). Если принять мощность каждого раба за 0,1 кВт, то (даже не считая работу животных) «энерговооруженность» среднего римлянина превышала 1 кВт, а богатого патриция — 10 кВт. Это примерно соответствует современному уровню!

Почему идея создания универсального двигателя, как и первые его проекты в виде ррт, появилась именно в XIII в.?

Это, конечно, не случайность, а результат, исторически обусловленный ходом развития производительных сил средневекового общества; XIII в. занимает в нем особое место. Именно в это время уже в достаточной мере проявились преимущества развитого феодального общества перед рабовладельческим.

Рост городов¹ приводил к созданию крупных городских общин с самостоятельным управлением. Бюргерство, поддерживаемое королевской властью, укреплялось в борьбе с феодалами, и влияние его росло. Труд свободного ремесленника, практическое мастерство (art) стали в отличие от античных времен занятием, достойным уважения. Объединявшие ремесленников профессиональные корпорации — цехи были достаточно сильны, чтобы отстаивать интересы своих многочисленных членов. В Париже, например, по данным податной переписи 1291 г. было 4159 цеховых мастеров.

В этих условиях мастера были заинтересованы в развитии техники и технологии своей области.

Количественный и качественный рост ремесленного

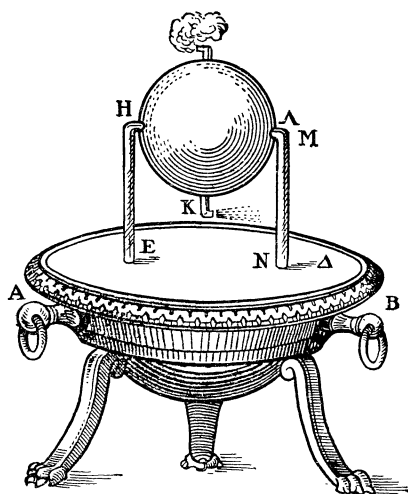


Рис. 1.1. «Эолопил» Герона

¹ В Германии в течение XIII в. было основано около 400 городов; аналогичный процесс шел и в других странах Европы. В домонгольской Руси было так много городов, что скандинавы называли ее «Гардарик» — страна городов.

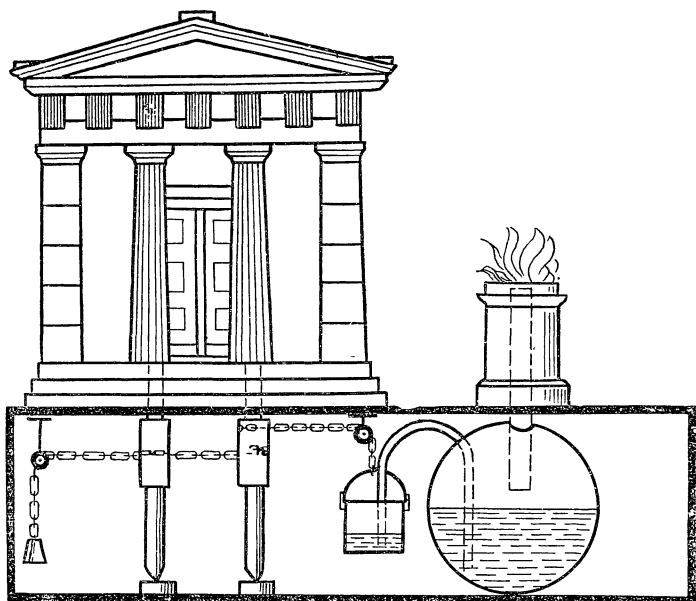


Рис. 1.2. Тепловой привод Герона для открывания дверей храма

производства и торговли привел к тому, что средневековая Европа стала собирать со всех сторон и осваивать технические новинки и изобретения со всех стран: из Византии, арабских владений, Индии и даже Китая. Грамотность перестала быть только привилегией монахов — она широко распространяется среди городского населения (вспомним хотя бы средневековый Новгород). Наиболее «весомо и зримо» технический прогресс проявился в XIII в. в архитектуре и строительстве. Стремящаяся вверх каркасная ажурная готика требовала высокого инженерного искусства.

К XIII в. относится и открытие первых университетов (Кембридж — 1209, Падуя — 1222, Неаполь — 1224, Саламанка — 1227 г.), только Оксфорд был основан еще в 1167 г.

Список технических изобретений этого времени (как европейских, так и ввезенных извне и получивших распространение) достаточно солиден. Это усовершенствованный компас (в виде иглы), порох, бумага (XII—XIII вв.), механические часы, очки, стеклянные зеркала,

соление сельди, литье чугуна, шлюзы на каналах, ахтерштевень (вертикальная стойка руля) и бушприт на морских судах (XIII в.). В последующем все эти изобретения совершенствовались и распространялись. Это дало основание Д. Берналу сделать вывод о том, что «технические изменения происходили на протяжении всего средневековья, и они действительно представляют собой его наиболее значительный вклад в научную цивилизацию будущего» [1.9].

Как ни странно, находятся историки техники, разделяющие давно опровергнутые представления о средних веках как о «мрачном провале» истории человечества. Один из них написал так: «Мы можем смело опустить следующие полторы тысячи лет. Шестнадцатый век начал с того, на чем остановился первый» [1.16].

Мы не будем настолько «смелыми» и продолжим поучительное изучение средневековой техники, обратившись после обзора общей картины к той ее части, которая относится к *perpetuum mobile*.

1.2. Первые проекты механических, магнитных и гидравлических ррт

Сейчас трудно установить точно, когда, кем и где был предложен самый первый проект ррт. Есть данные о том, что в трактате великого индийского математика и астронома Бхаскара Ачарья (1114—1185 гг.) «Сиддханта Сиромани» (ок. 1150 г.) есть упоминание о ррт. Об этом же говорится в сочинении араба Фахра ад-дин-Ридваи бен Мохаммеда (ок. 1200 г.).

В Европе первые известия о ррт связаны с именем одного из выдающихся людей XIII в. — Виллара д'Оннекура — французского архитектора и инженера.

Как и большинство деятелей того времени, он занимался и интересовался многими делами: строительством соборов, созданием грузоподъемных сооружений, пины с водяным приводом, военной стенобитной машины и даже... дрессировкой львов. Он оставил дошедшую до наших дней «Книгу рисунков» — альбом с записями и чертежами (ок. 1235—1240 г.), которая хранится в Парижской Национальной библиотеке. Для нас представляет интерес прежде всего то обстоятельство, что в этом альбоме приведены рисунок и описание первого из достоверно известных проектов *perpetuum mobile*.

Оригинальный чертеж автора показан на рис. 1.3. Текст, относящийся к этому чертежу, гласит: «С некоторого времени мастера спорят, как можно было бы заставить колесо вращаться само собой. Этого можно достигнуть посредством нечетного числа молоточков или ртути следующим образом» (следует рисунок).

Д'Оннекур не пишет, сам он придумал двигатель или заимствовал эту идею у другого мастера. Да это и не так важно. Главное — существо дела. Обратим прежде всего внимание на то, что автор совершенно не сомневается, что заставить колесо вращаться само собой можно. Вопрос только в том, *как* это сделать! В тексте говорится о двух вариантах ррт — с молоточками и с ртутью. Начнем с первого. Из текста в сочетании с рисунком идею изобретения можно понять. Поскольку число молоточков на ободе колеса нечетное, всегда с одной стороны их будет больше, чем с другой. В данном случае слева будет *четыре* молоточка, а справа — *три*. Следовательно, левая сторона колеса будет тяжелее правой и колесо, естественно, повернется по направлению против часовой стрелки. Тогда следующий молоточек повернется в том же направлении и перекинется на левую сторону, снова обеспечивая ее перевес. Таким образом колесо будет постоянно вращаться.

Идея колеса с грузами или тяжелой жидкостью, неравномерно распределенными по окружности колеса,

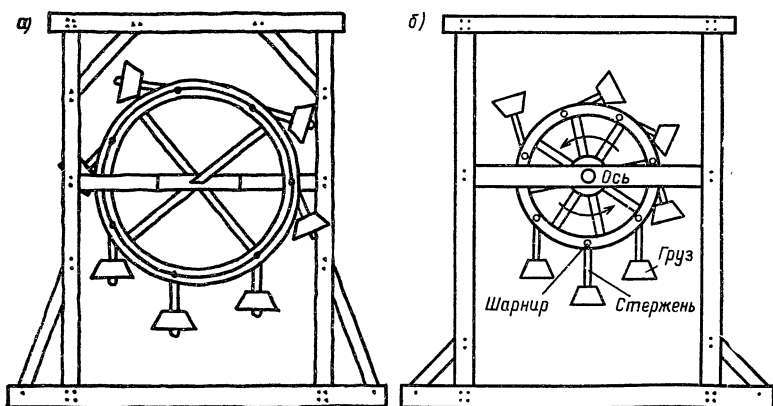


Рис. 1.3. Вечный двигатель Виллара д'Оннекура:

а — оригинальный рисунок; б — модель

оказалась очень живучей. Она разрабатывалась в самых различных вариантах многими изобретателями в течение почти шести веков и породила целый ряд механических ррт.

Анализ этих двигателей мы проведем позже и рассмотрим их совместно, с общей позиции.

Обратимся ко второй, не менее интересной идее ррт, возникшей тоже в XIII в. и также породившей большую серию изобретений. Речь идет о *магнитном* ррт, предложенном Петром Пилигримом из Мерикура¹ в 1269 г. В отличие от практика-инженера д'Оннекура Петр Пилигрим все же был больше «теоретиком», хотя занимался и экспериментами; поэтому его проект ррт, показанный на рис. 1.4, выглядит скорее как принципиальная схема, чем как чертеж.

По мнению Петра, таинственные силы, заставляющие магнит притягивать железо, родственны тем, которые заставляют небесные тела двигаться по круговым орбитам вокруг земли². Следовательно, если дать магниту возможность двигаться по кругу и не мешать ему, то он при соответствующей конструкции реализует эту возможность. Насколько можно судить по схеме, двигатель состоит из двух частей — подвижной и неподвижной. Подвижная часть — это стержень, на одном (внешнем) конце которого закреплен магнит, а другой (внутренний) насажен на неподвижную центральную ось (*axis*). Таким образом, стержень может двигаться по окружности подобно стрелке часов. Неподвижная часть представляет собой два кольца — наружное *a* и внутреннее *b*, между которыми находится магнитный материал с внутренней поверхностью в форме косых зубцов. На подвижном магните, установленном на стержне, написано «северный полюс» (*pol. septentrionalis*), на магнитном кольце — «южный полюс» (*pol. meridianus*). Отметим, кстати, что Перегрин первый установил два вида магнитного взаимодействия — притяжение и отталкивание и ввел обозначения полюсов магнита — северный и южный.

Автор, по-видимому, полагал (точно понять это из описания нельзя), что магнит, установленный на стержне, будет поочередно притягиваться к зубцам магнитов,

¹ Иногда его называют Петром Перегрином, или по месту рождения Пьером де Мерикуром.

² Напомним, что в то время господствовала геоцентрическая система мира Птолемея.

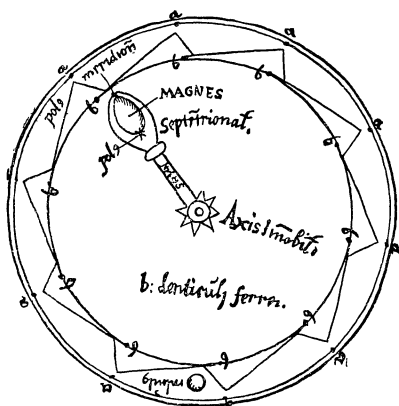


Рис. 1.4. Магнитный ppm Пьера де Мерикюра

установленных в кольцевой части, и таким образом совершать непрерывное движение по окружности.

Несмотря на явную неработоспособность такого устройства сама идея воспользоваться магнитными силами для создания двигателя была совершенно новой и очень интересной. Она породила в дальнейшем целое семейство магнитных ppm. В конечном счете не нужно забывать, что и современный электро-

двигатель работает на магнитном взаимодействии статора и ротора.

Несколько позже появились и ppm третьего вида — гидравлические. Идеи, положенные в их основу, не были столь новыми; они опирались на опыт античных водоподъемных сооружений и средневековых водяных мельниц.

1.3. Механические ppm

Все механические ppm средневековья (и многие более поздних времен) основаны на одной и той же идее, идущей от д'Оннекура: *создании постоянного неравновесия сил тяжести на колесе или другом постоянно движущемся под их действием устройстве*. Это неравновесие должно вращать колесо двигателя, а от него приводить в действие машину, выполняющую полезную работу.

Все такие двигатели можно разделить на две группы, отличающиеся видом груза — рабочего тела. К первой группе относятся те, в которых используются грузы из твердого материала (назовем их условно «твердотельными»), ко второй — те, в которых грузом служат жидкости (назовем их «жидкостными»). Количество разных вариантов ppm в обеих группах огромно. Описывать их здесь нет смысла, так как это уже сделано многими авторами [2.1—2.6].

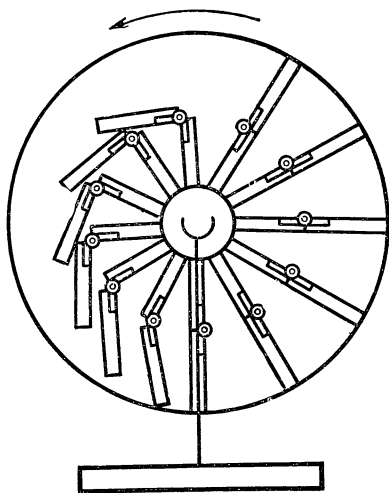


Рис. 1.5. Двигатель Мариано ди Жакопо

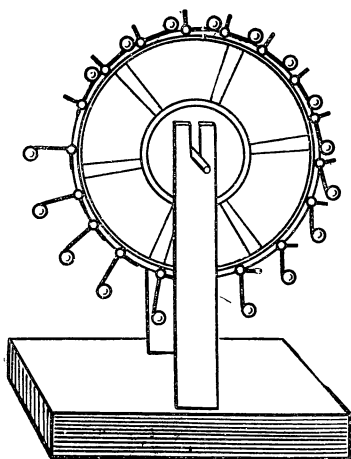


Рис. 1.6. Двигатель АLESSАНДРО Капра

Мы ограничимся лишь несколькими образцами, на примере которых можно проследить их эволюцию и ход дискуссий о возможности получения работы.

Начнем с твердотельных двигателей. Примерами могут служить три варианта ррт, разработанные в разное время и в разных местах. Итальянский инженер Мариано ди Жакопо из Сиены (недалеко от Флоренции) в рукописи, датированной 1438 г., описал двигатель, повторяющий по существу идею д'Оннекура, однако здесь дана уже четкая конструктивная проработка (рис. 1.5). Грузы, представляющие собой толстые прямоугольные пластины, закреплены так, что могут откидываться только в одну сторону. Число их нечетно; поэтому слева при любом положении колеса всегда будет больше пластин, чем справа (в данном случае 6 против 5). Это и должно вызвать непрерывное вращение колеса в направлении против часовой стрелки.

Англичанин Эдуард Соммерсет, тоже разработавший механический ррт в виде колеса с твердыми грузами и в 1620 г. построивший его, принадлежал в отличие от своих предшественников к самым аристократическим кругам общества. Он носил титул маркиза Вустершир-

ского и был придворным короля Карла I. Это не мешало ему серьезно заниматься механикой и разными техническими проектами. Эксперимент по созданию двигателя был поставлен с размахом. Мастера изготовили колесо диаметром 14 футов (около 4 м); по его периметру были размещены 14 грузов по 50 фунтов (около 25 кг) каждый. Испытание машины в лондонском Тауэре прошло с блеском и вызвало восторг у присутствующих, среди которых были такие авторитеты, как сам король, герцог Ричмондский и герцог Гамильтон. К сожалению, чертежи этого ррт до нас не дошли, так же как и технический отчет об этом испытании; поэтому установить, как оно проходило по существу, нельзя. Известно только, что в дальнейшем маркиз этим двигателем больше не занимался, а перешел к другим проектам.

Александро Капра из Кремоны (Италия) описал еще один вариант ррт в виде колеса с грузами. Из рис. 1.6 видно, что двигатель представлял собой колесо с 18 расположенными по окружности равными грузами. Каждый рычаг, на котором закреплен груз, снабжен опорной деталью, установленной под углом 90° к рычагу. Поэтому грузы на левой стороне колеса, находящиеся по горизонтали на большем расстоянии от оси, чем справа, должны всегда поворачивать его по часовой стрелке и заставлять непрерывно вращаться.

Жидкостные механические двигатели (с жидкими грузами) принципиально ничем не отличаются от опи-

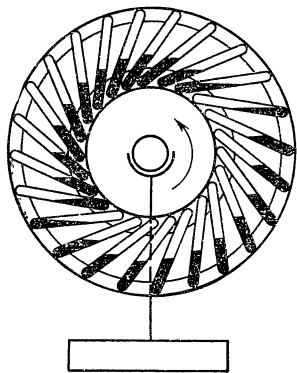


Рис. 1.7. Принципиальная схема двигателя Бхаскара

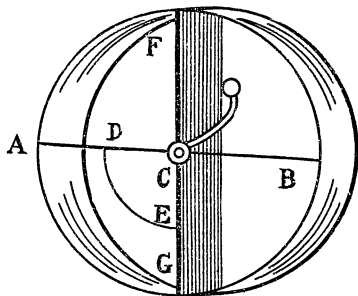


Рис. 1.8. Катящийся вечный двигатель, описанный Д. Борелли

санных твердотельных. Разница состоит только в том, что вместо перемещающихся относительно колеса грузов используется жидкость, переливающаяся при его вращении так, чтобы ее центр тяжести перемещался в нужном направлении.

Все такие двигатели в разных видах развивали идею уже упоминавшегося индийца Бхаскара (1150 г.). По описанию можно представить лишь принципиальную схему двигателя [2.6] так, как она показана на рис. 1.7. На окружности колеса под определенным углом к его радиусам закреплены на равных расстояниях замкнутые трубки, заполненные тяжелой жидкостью — ртутью. В зависимости от положения колеса жидкость переливается либо во внешнюю, либо во внутреннюю часть каждой трубки, создавая таким образом разницу веса правой и левой частей колеса.

Не вдаваясь в подробности ¹, Бхаскара пишет: «...наполненное таким образом колесо, будучи насажено на ось, лежащую на двух неподвижных опорах, непрерывно само по себе вращается».

Все последующие проекты механических ррт как с жидкими, так и с твердыми грузами в сущности повторяли ту же идею: создать так или иначе *постоянный перевес* одной стороны колеса над другой и тем заставить его непрерывно вращаться. Можно было вместо одного колеса использовать несколько связанных между собой колес, как в проекте Вильгельма Шретера (1664 г.); можно было сделать грузы в виде перекачивающихся шаров или роликов или тяжелого ремня. Все они и множество других проектов описаны в литературе [2.3—2.6].

Была даже идея заставить колесо катиться, сделав его в виде барабана, разделенного вертикальной перегородкой (рис. 1.8). По обе ее стороны должны были быть залиты две жидкости разной плотности (например, вода и ртуть). Автор этой идеи Клеменс Септимус был учеником Галилея (правда, ничем не прославившимся). Описание этого двигателя помещено в книге известного физика Джиованни Альфонсо Борелли (1608—1679 гг.),

¹ Историки отмечают, что древнеиндийские ученые, как правило, не прибегали к подробным доказательствам, рассчитывая, по-видимому, на достаточно сообразительного читателя. Они просто давали схему и писали: «Смотри».

члена Флорентийской академии¹. Любопытно, что в комментариях Борелли доказывал неработоспособность этого двигателя. Он считал, что нет никаких причин, чтобы барабан Септимуса катился; если бы он и сдвинулся, то достиг бы положения равновесия и остановился. Основанием для такого утверждения служила мысль о том, что сила тяжести, действующая одинаково на все части устройства, не может стать причиной *постоянного нарушения* равновесия. Сила тяжести не может производить работу, передаваемую какой-либо машине, которая ее использует.

Очевидно, что Борелли уже хорошо понимал, что силы тяготения не могут производить работу, если тело находится на горизонтальной плоскости и его центр тяжести не опускается.

Средневековая идея применения для создания двигателя сил тяжести, которую отвергал еще Борелли, не исчезла со временем; она дожила до XX в. и была использована в самом передовом направлении техники — для космических полетов. Правда, это произошло в фантастическом романе Г. Уэллса «Первые люди на Луне» (1901 г.). Его герой Кэйвор изобрел необычайный материал — «кэйворит», сделанный из «сложного сплава металлов и какого-то нового элемента — кажется, гелия». Этот материал был непроницаем для тяготения. «Какие чудеса, какой переворот во всем!» — восклицает другой герой книги — Бэдфорд. «Например, для поднятия тяжести, даже самой громадной, достаточно было бы подложить под нее лист нового вещества и ее можно было бы поднять соломинкой».

Нетрудно представить себе, что самое обыкновенное колесо, даже без хитрых грузов, стало бы само вращаться со страшной скоростью, если бы под одну его половину положить лист «кэйворита». Половина его, сохранившая вес, всегда перетягивала бы другую, ставшую невесомой; средневековая идея ррт была бы легко реализована.

Кэйвор и Бэдфорд использовали «кэйворит» для полета на луну. Такой же материал под названием «лунит» был применен коротышками — героями известного романа-сказки Н. Носова. «Незнайка на луне», чтобы улететь с луны на землю. Но коротышки пошли еще дальше — нашли другой материал — «антилунит», нейтрализовавший действие первого.

Д. Борелли не был первым, кто отвергал уже в то

¹ Флорентийская академия (Академия дель Чименто — «академия опытов») была одним из первых научных обществ, возникших в XVII в. в Европе. Ее основателями были Е. Торричелли и его ученик В. Вивiani, продолжавшие традиции Галилея. Ее иностранным членом состоял Р. Бойль.

время возможность создания механического ррт, основанного на использовании сил тяжести. Его позиция отражала более общую тенденцию. Пока изобретатели механических ррт ломали головы над очередными вариантами своих машин, постепенно развивалась механика (и не без их помощи оттачивала свои положения в дискуссиях с ними). Она вырабатывала новые представления, которые шли дальше античной механики и позволяли количественно точно определить результат одновременного действия на тело нескольких сил. Тем самым новая наука подрывала «под корень» идейную базу механических ррт. Действительно, если выработано четкое правило, как подсчитать результат действия сил, прилагаемых к колесу (или колесам) ррт, то всегда легко определить, будет колесо в равновесии или нет. В первом случае двигатель работать не сможет. Если же, напротив, будет доказано, что неравновесие будет существовать постоянно, то ррт «может жить». Дело, таким образом, сводилось к установлению соответствующего закона механики (точнее, ее раздела — статики).

Первый шаг в этом направлении сделал, по-видимому, великий Леонардо да Винчи (1452—1519 гг.). В рукописи 1515 г. он ввел понятие, которое теперь называется в механике «статическим моментом силы». Со времен Архимеда был известен закон, который определял условия равновесия прямого рычага. Он составлял содержание VI теоремы Архимеда из сочинения по механике: «Два соизмеримых груза находятся в равновесии, если они обратно пропорциональны плечам, на которые эти грузы подвешены». Другими словами (рис. 1.9, *a*), если вес (т. е. силу, с которой грузы притягиваются к земле) изобразить в виде отрезков A и B соответствующих направлений и длины, то условие равновесия будет таким: $A : B = 0b : 0a$, или, что то же самое (следует из свойств пропорции), $A \cdot 0a = B \cdot 0b$.

Таким образом, условие равновесия рычага может быть выражено и так: «Произведения веса каждого груза на длину того плеча рычага, на котором он подвешен, должны быть равны».

При всей его важности закон рычага Архимеда не мог быть использован для анализа равновесия любого колеса механического ррт, работающего с твердыми или жидкими грузами. Дело в том, что для такого анализа нужно было уметь определять равновесие и для случая,

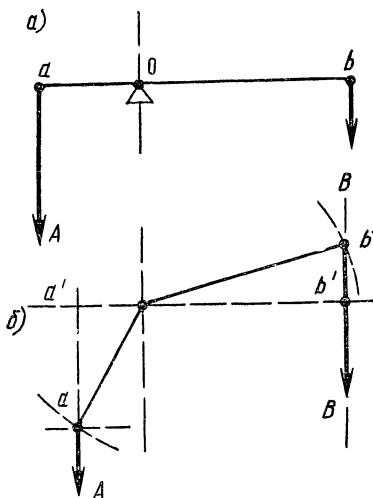


Рис. 1.9. Схема, иллюстрирующая развитие Леонардо да Винчи VI теоремы Архимеда:

a — прямой рычаг; b — ломаный рычаг

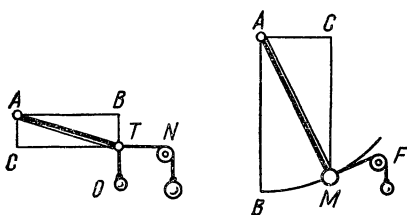


Рис. 1.10. Рисунки Леонардо да Винчи, относящиеся к равновесию рычага

Я называю AT действительным рычагом, AB и AC — «потенциальным рычагом». Существует пропорция $N : O = AB : AC$.

Очевидно, что это соотношение может быть переписано так: $O \cdot AB = N \cdot AC$. Другими словами, для равновесия ломаного рычага нужно, чтобы произведения сил на соответствующие «потенциальные рычаги» были рав-

когда сила веса груза направлена не под прямым углом к рычагу, как у Архимеда, а под любым углом — острым или тупым. Действительно, стоит посмотреть на рис. 1.3 или 1.6, чтобы увидеть, что сила тяжести направлена под самыми разными углами к соответствующим радиусам колеса. Выделим для примера два груза: один (B) расположен выше оси колеса, а другой (A) ниже (рис. 1.9, б). Как решить задачу в этом, более общем случае?

Леонардо нашел такое решение, он показал его на двух примерах (соответствующие рисунки из его рукописи показаны на рис. 1.10). Относящийся к левому рисунку текст предельно ясен: «Пусть AT — рычаг, вращающийся вокруг точки A . Груз O подвешен в точке T . Сила N уравновешивает груз O . Проведем линии: AB перпендикулярно BO и AC перпендикулярно CT . Я

ны. Эти «потенциальные рычаги» есть не что иное, как проекции рычага AT на соответствующие оси, перпендикулярные направлению сил, т. е., говоря по-современному, на «плечо силы». Условие равновесия состоит в равенстве *статических моментов сил*, т. е. произведений сил на проекции плечей рычага на оси, перпендикулярные направлению этих сил.

Аналогичное соотношение было выведено Леонардо для случая, показанного на правом рисунке. Здесь $F : M$, как $AC : AM$. Из него тоже вытекает равенство моментов сил: $F \cdot AM = M \cdot AC$.

Вернемся к примеру, показанному на рис. 1.9, б. Пользуясь условием Леонардо, получаем, что равновесие наступит при соблюдении равенства $A \cdot a'0 = B \cdot b'0$. Для проверки возможностей любого механического ррт нужно сложить все моменты сил (грузов), расположенных справа от оси O , и то же проделать с грузами, расположенными слева. Первые стремятся повернуть колесо по часовой стрелке, вторые — против. Если общая сумма моментов будет равна нулю (так как их знаки противоположны), то колесо не движется — наступит равновесие.

Таким путем легко показать, что несмотря на все ухищрения сумма моментов сил у всех механических ррт равна нулю. Леонардо понимал это очень четко. Стоит только вспомнить слова из одной его записи по поводу ррт: «Искатели вечного движения, какое количество пустейших замыслов пустили вы в мир!»

К сожалению, записи Леонардо остались не известными ни его современникам, ни ближайшим потомкам. Только с конца XVIII в. началась планомерная расшифровка его тетрадей.

Задачу создания теории, позволяющей научно подойти к анализу механических ррт и ответить на вопрос об их работоспособности, решил англичанин Джон Уилкинс, епископ Честерский (1599—1658 гг.). Его работа была вполне самостоятельна, поскольку ему не были известны результаты Леонардо, полученные более чем на столетие раньше.

Уилкинс опубликовал свою теорию в книге «Математическая магия», вышедшей в 1648 г. на английском (а не на латинском!) языке. В ней совершенно четко говорится о статическом моменте силы — одном из основополагающих понятий статики.

Изобретатели механических ррт с грузами, основываясь на известном архимедовом законе рычага, полагали, что чем дальше от центра колеса находится груз, тем он сильнее должен поворачивать колесо. Это правило действительно верно, но только для *горизонтального* рычага (именно его рассматривал Архимед). Распространять его на все грузы независимо от их расположения на окружности колеса неверно. Уилкинс наглядно это показал. Ход его мыслей легко проследить с помощью рис. 1.11, на котором изображена схема колеса с центром в точке *A*. Горизонтальный диаметр *DC* колеса разделен на 10 равных частей, и через соответствующие точки проведены концентрические окружности с центром в точке *A*. В разных точках окружностей расположены одинаковые по весу грузы, действие которых надо определить. Если грузы расположены на горизонтальном диаметре, задача решается просто — на основе правила Архимеда. Например, груз в 1 фунт в точке *C* уравновесит 5 фунтов в *B*, поскольку плечо *AC* в 5 раз длиннее

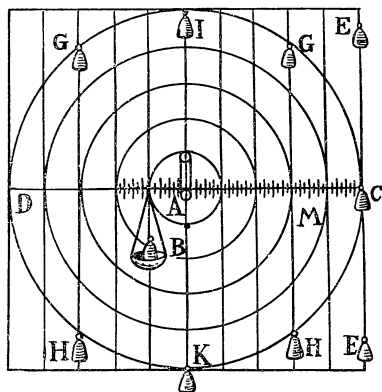


Рис. 1.11. Схема Уилкинса для вывода закона равновесия грузов, расположенных на разных расстояниях от центра колеса

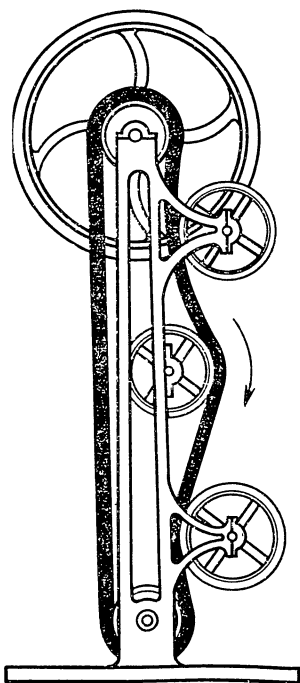


Рис. 1.12. Вечный двигатель с «неуравновешенным ремнем»

плеча AB . Уилкинс отмечает, что это соотношение останется в силе, даже если груз будет в точке E или F , лишь бы они были на той же вертикали, что и C . Другая ситуация возникнет, когда грузы будут находиться не на горизонтальном диаметре, а выше или ниже его, как, например, грузы G , H или I , K . Уилкинс правильно понял, что в этом случае сила, с которой они будут стремиться вращать колесо в соответствующую сторону, будет другой. Очевидно, что грузы I , K вообще в этом отношении бесполезны, а грузы G и H потеряют часть своей силы. Чтобы определить действие каждого из них, нужно умножить его вес на длину того отрезка горизонтального диаметра, который находится между точкой A и вертикальной линией, проходящей через точку привеса груза. Для грузов G или H это будет точка M .

Таким образом, Уилкинс показал, что воздействие груза, вращающего колесо, определяется произведением силы (в данном случае — веса груза) на плечо (в данном случае — отрезок горизонтального радиуса до пересечения с вертикалью, проходящей через центр груза). Равенство всех таких произведений — моментов сил, действующих на колесо, обусловит его равновесие; неравенство — постоянное вращение. Остается только показать, что в любом из механических ррт такое равенство всегда соблюдается, и невозможность их действия доказана.

Уилкинс, правда, не ввел термина «момент силы», но от этого дело не меняется: важнейший закон статики был установлен. Работа Уилкинса помогла механикам последующего времени выдвинуть положения, которые вплотную подвели их к закону сохранения энергии и окончательно похоронили идею ррт-1. Но до этого было еще далеко.

Однако тучи над ррт сгущались не только со стороны теории. Неудачи с практической реализацией самых разных моделей тоже постепенно делали свое дело. Поэтому у некоторых (правда, очень немногих) изобретателей появлялось разочарование в идее ррт. Нашелся и достаточно мужественный человек, чтобы признаться не только самому себе, но и другим в бесполезности своей многолетней работы над такими машинами. Это был немец Иоганн Иоахим Бехер, который создал довольно сложный «физико-механический» ррт для приво-

да часового механизма. Идея двигателя та же, что и других, описанных ранее, — движение перекатывающих шаров — грузов, которые должны были приводить в движение систему взаимосвязанных шестерен и рычагов. Работа шла столь успешно, что курфюрст г. Майнца приказал воздвигнуть специальную каменную башню для размещения часов с двигателем Бехера. (Было это в 1660 г., почти в то же время, когда вышла книга Уилкинса.) Однако в дальнейшем это устройство не оправдало возлагавшихся на него надежд.

Бехер подвел итоги своей работы такими словами: «Десять лет я занимался этим безумием, потеряв кучу времени, денег и погубив свое доброе имя и славную репутацию — все это лишь для того, чтобы сегодня с полной убежденностью сказать: вечное движение — неосуществимо». Это признание осталось, к сожалению, неизвестным многочисленным изобретателям ррт.

Вопрос о несостоятельности механических ррт с колесами и грузами был теоретически решен, хотя еще долгое время его понимание не стало общим достоянием. Но метод Уилкинса не мог непосредственно помочь при спорах о другом варианте механического ррт, например таком, который показан на рис. 1.12, где ремень (или цепь с грузами) с одной стороны тяжелее, чем с другой. Должна ли «работать» эта разница в весе или нет?

Теорию, которая позволила решить этот вопрос, разработал еще раньше замечательный голландский математик, механик и инженер Симон Стевин (1548 — 1620 гг.). Эта теория относится к равновесию тел, находящихся на наклонной плоскости, но выводы из нее имеют и более общее значение. Самое интересное в ходе рассуждений Стевина то, что он даже не считает необходимым доказывать невозможность создания ррт; он считает это истиной, не требующей доказательства, — аксиомой. Такую четкую позицию занимал до Стевина только Леонардо да Винчи.

Рисунок, относящийся к теории равновесия тел на наклонной плоскости, Стевин счел настолько важным, что вынес его на титульную страницу своего трактата «О равновесии тел», изданного в Лейдене (1586 г.). На рисунке Стевина (он воспроизведен на рис. 1.13) показана трехгранная призма, грани которой имеют разную ширину. Самая широкая грань установлена горизонталь-

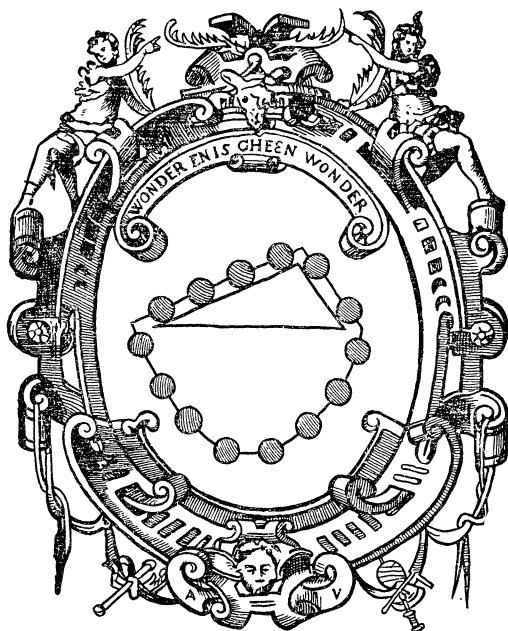


Рис. 1.13. Рисунок с титульной страницы трактата С. Стевина «О равновесии тел»

но, ниже других. Две другие, наклонные, сделаны так, что правая имеет ширину вдвое меньшую, чем левая. На призму накинута замкнутая цепь с 14 тяжелыми одинаковыми шарами. Рассматривая равновесие этой цепи, можно видеть (если исключить нижние восемь шаров, которые, очевидно, уравновешены), что на меньшей грани находятся два шара, а на большей — четыре. «Будет ли цепь находиться в равновесии?» — спрашивает Стевин. Если это так, то происходит чудо. Четыре шара уравновешиваются двумя!

«Не будь это так, — пишет он, — ряд шаров должен был бы (придя в движение) занять то же положение, что и раньше. По той же причине восемь левых шаров должны были бы, как более тяжелые, чем шесть правых, опускаться вниз, а шесть — подниматься вверх, так что шары совершали бы непрерывное и вечное движение».

Таким образом, возникает вопрос, ответ на кото-

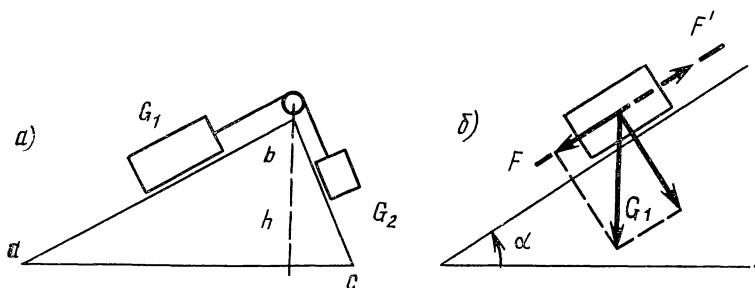


Рис. 1.14. Равновесие тел на наклонной плоскости:

a — по Стевину; *б* — в современной трактовке

рый вынесен на надпись рисунка, помещенного на титульном листе: «Чудо не есть чудо» (на фламандском языке).

Стевин, исходя из невозможности вечного движения, утверждает, что никакого чуда нет и два шара совершенно «законно» уравнивают четыре. Он выводит теорему: «Тело на наклонной плоскости удерживается в равновесии силой, которая действует в направлении наклонной плоскости и во столько меньше его веса, во сколько длина наклонной плоскости больше высоты ее».

Если взять два груза G_1 и G_2 (рис. 1.14, *a*), то условие их равновесия для данных задачи Стевина запишет так:

$$\frac{G_1}{G_2} = \frac{ab}{bc} = \frac{2}{1}.$$

Четыре шара весят как раз вдвое больше, чем два.

Пользуясь современной терминологией, можно выразить эту теорему в более удобной форме (рис. 1.14, *б*): сила F' , удерживающая груз на наклонной плоскости и равная по значению противоположно направленной силе F , стремящейся его сдвинуть, определяется (если пренебречь трением) произведением его веса G на синус угла α наклона плоскости к горизонтали:

$$F = G \sin \alpha.$$

Если плоскость вертикальна, то $\alpha = 90^\circ$ и $\sin \alpha = 1$, тогда $F = G$; если плоскость горизонтальна, то $\alpha = 0$ и $F = 0$.

Стевин уверенно, опираясь на бесчисленные практические данные, вывел один из важнейших законов статики. Применяя этот закон к проектам ррт вроде показанного на рис. 1.12 и аналогичного ему, легко видеть, что вес наклонных частей тяжелого ремня (или грузов), висящих по диагонали, нельзя считать равным силе, с которой они поворачивают колеса двигателей. Нужно учитывать, что эта сила тем меньше, чем больше отклоняется ремень (или цепь с грузами) от вертикали. Если в каждом конкретном случае произвести соответствующий расчет, то выяснится, что силы, действующие с обеих сторон на колесо (или колеса) двигателя, будут неизбежно в точности одинаковы.

Таким образом, Уилкинс и Стевин создали научную базу, позволяющую показать нереализуемость любого механического ррт. Тем не менее отсутствие общей теории, показывающей неосуществимость *любого* ррт, оставляло возможности поиска как новых решений ррт, так и обоснований возможности его существования.

Это особенно чувствуется при ознакомлении с *магнитными* ррт. Наука о магнитах в отличие от механики была в самом зачаточном состоянии; поэтому и дискуссия вокруг них велась, главным образом, в общепило-софском плане.

1.4. Магнитные ррт

Первым известным магнитным ррт была машина Петра Пилигрима (1269 г.), уже описанная в начале этой главы (рис. 1.4).

Новые виды магнитных вечных двигателей, появившиеся позже, основывались, так же как и первый, на аналогии между силой тяжести и силой притяжения магнита.

Такая аналогия была совершенно естественной; она подкреплялась общепило-софскими соображениями; кроме того, силу притяжения магнита можно было непосредственно сравнить с силой тяжести.

Действительно, если на одну чашу весов положить кусок железа, а на другую — равную по весу гирю, то, воздействуя снизу на железо магнитом, можно определить его силу. Для этого нужно вновь уравновесить весы, добавочный груз будет равен силе притяжения магнита. Такое измерение произвел Николай Кребс (1401—

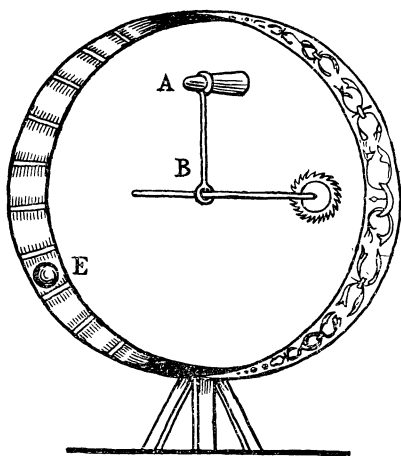


Рис. 1.15. Схематическое изображение магнитного rpt Иоганна Теснериуса

1464 гг.), известный под именем Николая Кузанского (по селению Куза на Мозеле). Именно совместное действие двух тождественных сил — магнита и тяжести — служило идейной основой почти всех предложенных после Петра Пилигрима магнитных rpt.

Первым из них был двигатель, изобретенный Иоганном Теснериусом, Кельнским архиепископом конца 50-х годов XVI в. Он отдал много лет изучению всего, что связано с магнитами; это привело

его к выводу, что «ни в одном случае вечное движение не достижимо никаким способом, кроме использования магнитного камня».

В сочинении о природе магнитных явлений он излагает своеобразную инструкцию для тех, кто пожелает сделать магнитный rpt, и приводит его схематическое изображение (рис. 1.15).

Перевод с латинского главной части этой инструкции опубликован в [2.4]. Этот любопытный документ заслуживает того, чтобы привести его здесь

«Возьми вместилище из железа, вроде вогнутых стекол, снаружи украшенное различными выгравированными узорами не только ради красоты, но также ради легкости, ибо чем легче сосуд, тем лучше его можно привести в движение. Но он не должен быть при этом прозрачным, так что можно было бы видеть заключенную в нем тайну.

На внутренней стороне вместилища должны быть многочисленные маленькие одинаково тяжелые кусочки железа, толщиной в горошину или боб. Колесо внутри вместилища должно быть одинаково тяжело во всех своих частях. Приспособление, на котором колесо может вращаться, поставлено в середине так, что оно остается совершенно неподвижным. К нему прикрепляется серебряный штифтик В,

на самой высокой точке которого находится магнит *A*. Когда магнитный камень таким образом приготовлен, он должен быть приведен в круглую форму; затем определяются полюсы. Потом, оставляя полюсы неподвижными, обе противоположные стороны в середине выпиливают на манер яйца; кроме этого те две стороны должны быть сплюснены, дабы низкая часть занимала самое низкое место и, таким образом, она придет в соприкосновение со стенками вместилища, которое как бы колесо. Когда это исполнено, надевают камень на штифтик так, чтобы северный полюс был немного наклонен по направлению к железной полоске, дабы сила действовала на нее не непосредственно, а под определенным углом.

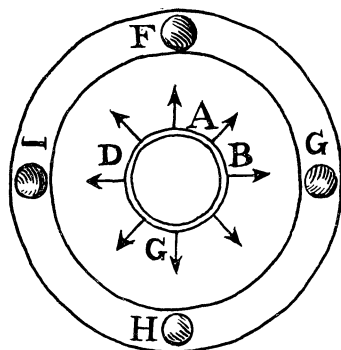


Рис. 1.16. Магнитный ррт
А. Кирхера

Таким образом каждая полоска приблизится к северному полюсу и затем, когда она вследствие вращения колеса пройдет мимо северного полюса, она придет к южному, который ее отгонит прочь, и тогда она опять притянется к северному полюсу, так что останется в движении.

Для того чтобы колесо исполняло свою работу скорее, следует включить во вместилище маленький металлический или серебряный камешек *E* такой величины, чтобы он легко помещался между двумя полосками. Когда колесо подыметься вверх, камешек упадет на противоположную сторону и так как движение колеса по направлению к самой низкой части вечно, то так же вечно будет падение камешка между двумя полосками, ибо он вследствие своей тяжести стремится к центру земли и самому нижнему месту...

Создать реальную машину на основе такой «технической документации» в стиле алхимических руководств едва ли возможно; сам ученый архиепископ такой попытки, по-видимому, не предпринимал. Более того, он скорее всего не сам придумал такой двигатель, а занимствовал его у кого-то из предшественников.

Несмотря на недостаток сведений о машине Теснуса ее идея в общем ясна. Она заключается в том, что каждая железная пластинка, закрепленная на колесе, сначала притягивалась к северному полюсу магнита *A*, а потом отталкивалась в том же направлении от южного, получая таким образом два последовательных

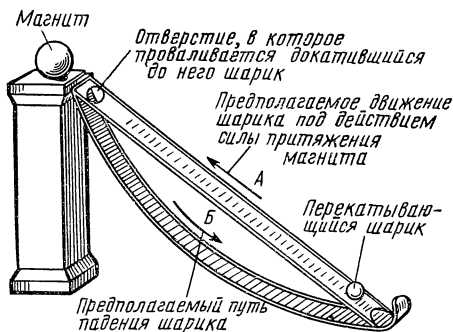


Рис. 1.17. Схема магнитного ррт, описанного в книге «Сотня изобретений» Д. Уилкинса

импульса в одну сторону. Затем, при повороте колеса, на ее место приходит следующая пластинка и т. д.

Интересна роль шарика *E*, который, периодически падая при вращении колеса с левой его стороны на правую, дает, по мнению автора, дополнительные силы, помогающие его вращению. Таким образом, двигатель Теснериуса представляет собой некий «гибрид» основного (магнитного) и вспомогательного (механического) ррт.

Никаких данных о попытках экспериментальной проверки этого устройства в литературе нет.

Еще более любопытный магнитный ррт предложил любитель науки, изобретатель и коллекционер, иезуит Анастасиус Кирхер¹ (1602—1680 гг.). Его двигатель предельно прост. Как видно из рис. 1.16, он состоит из железного круга *ABCD*, на котором радиально расположены направленные наружу железные стрелы. Этот круг должен вращаться под действием четырех магнитов *I*, *F*, *G*, *H*, расположенных на внешнем кольце.

Почему Кирхер решил, что круг со стрелами будет вращаться, совершенно непонятно. Все предыдущие изобретатели таких кольцевых двигателей пытались создать какую-то асимметрию, чтобы вызвать силу, направленную по касательной. У Кирхера таких мыслей не возникло. Он мыслит еще в совершенно схоластическом средневековом духе. Он даже серьезно утверждал, что

¹ Он занимался и механическим ррт, доказывая теоретически на основе положения, что «меньшим грузом можно поднять больший», что такой двигатель возможен. Несмотря на не очень глубокий теоретический багаж Кирхер был способным изобретателем. Достаточно свидетельствует об этом хотя бы тот факт, что он изобрел проекционный («волшебный») фонарь.

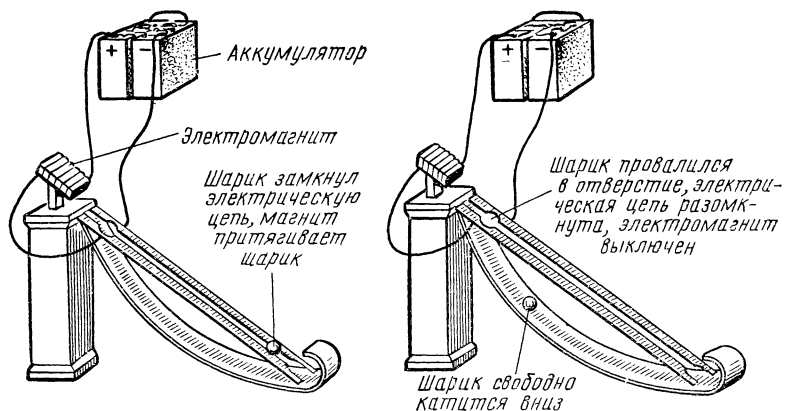


Рис. 1.18. «Усовершенствованный» магнитный ррт XX в.

притягательная сила магнита увеличится, если его поместить между двумя листьями растения *Isatis Sylvatica*.

Более интересный и оригинальный магнитный ррт описал в своей книге «Сотня изобретений» (1649 г.) уже известный нам Джон Уилкинс. Схема этого двигателя представлена на рис. 1.17. К шаровому магниту, расположенному на стойке, ведут два наклонных желоба: один (А) прямой, установленный выше, и другой (Б) изогнутый, установленный ниже. Изобретатель считал, что железный шарик, помещенный на верхний желоб, покатится вверх, притягиваемый магнитом. Но так как перед магнитом в верхнем желобе сделано отверстие, шарик провалится в него, скатится по нижнему желобу и через его изогнутую часть снова выскочит наверх и двинется к магниту и т. д. до бесконечности.

Уилкинс, который, как мы уже видели, хорошо разобрался в принципиальных вопросах механических ррт, оказался на высоте и в этом случае. Закончив описание этой конструкции, он пишет: «Хотя это изобретение на первый взгляд кажется возможным, детальное обсуждение покажет его несостоятельность». Основная мысль Уилкинса в этом обсуждении сводится к тому, что если даже магнит достаточно силен, чтобы притянуть шарик от нижней точки, то он тем более не даст ему провалиться через отверстие, расположенное совсем рядом. Если же, наоборот, сила притяжения будет недостаточна, то

шарик просто не будет притягиваться. В принципе объяснение Уилкинса правильно; характерно, что он четко представляет себе, как быстро уменьшается сила притяжения магнита с увеличением расстояния до него.

Возможно, Уилкинс учел и взгляды знаменитого Уильяма Гильберта (1544—1603 гг.) — придворного врача королевы Елизаветы Английской, который тоже не поддержал идею этого двигателя.

В книге Гильберта «О магните, магнитных телах и большом магните — Земле» (1600 г.) не только дана сводка уже известных к тому времени сведений о магнетизме, но и описаны новые результаты, полученные в многочисленных экспериментах.

В предисловии к книге Гильберт писал: «В открытии тайн и исследовании скрытых причин вещей от точных опытов и доказанных положений получают более прочные выводы, нежели от непонятных догадок и мнений рутинных философов». Как далека эта четкая позиция от рассуждений философа-архиепископа Теснериуса!

В XX в. была все же найдена возможность осуществить устройство с шариком, «вечно» бегущим по двум желобам, в точности соответствующее по внешнему виду магнитному ррп, описанному Уилкинсом. Такой «усовершенствованный» двигатель показан на рис. 1.18. Верхний желоб изготавливается из двух электрически изолированных одна от другой металлических полос, а вместо постоянного магнита на стойке устанавливается электромагнит. Обмотка электромагнита присоединена к аккумулятору или другому источнику электропитания так, чтобы цепь замыкалась через железный шарик, когда он находится на верхнем желобе, касаясь обеих его полос. Тогда электромагнит притягивает шарик (левый рисунок). Докатившись до отверстия, шарик размыкает цепь, проваливается и скатывается по нижнему желобу (правый рисунок), возвращаясь по инерции на верхний желоб, и т. д. Если спрятать аккумулятор в стойку (или незаметно провести через нее провода для питания электромагнита извне), а сам электромагнит поместить в шаровой футляр, то можно считать, что действующий ррп готов. На тех, кто не знает (или не может отгадать) секрета, он производит большое впечатление.

Нетрудно видеть, что в такой игрушке как раз устранен тот недостаток, на который указывал Уилкинс, — возможность того, что шарик притянется к магниту и не провалится в отверстие. Магнит перестает действовать как раз в тот момент, когда шарик должен провалиться в отверстие, и снова включается тогда, когда нужно тянуть шарик вверх.

Подобных игрушек, разными способами имитирующих ррт, в последнее время придумано и изготовлено довольно много. Дальше, в гл. 5 помещен специальный раздел о псевдо-ррт, где разобраны различные устройства, принимаемые (или выдаваемые) за ррт.

Представляет интерес еще один проект магнитного ррт, предложенный неким доктором Якобусом. Как видно из рис. 1.19, это по существу полугравитационный — полумангнитный ррт. На оси CB установлено колесо E с накинутаю на него цепью AD железных тяжелых шаров. Магнит H , расположенный сбоку, оттягивает цепь в сторону, создавая асимметрию по отношению к оси колеса. С той его стороны, где расположен магнит, будет больше шаров, причем часть этих шаров будет дальше от оси. По всем этим причинам, как считал автор, колесо должно вращаться. Этого, естественно, не произойдет. Общее действие магнита на шары, расположенные как с одной его стороны, так и с другой, создаст, конечно, определенные моменты сил, однако они будут направлены в противоположные стороны и их сумма с учетом моментов сил притяжения всегда будет равна нулю.

В дальнейшем были предложены и многие другие магнитные ррт, в том числе и довольно замысловатые [2.1—2.6]; некоторые из них были построены, но их постигла та же судьба, что и остальные. Идея одного из таких построенных магнитных двигателей была выдвинута уже в конце XVIII в. Некий шотландский сапожный мастер по фамилии Спенс нашел такое вещество, которое экранировало притягивающую и отталкивающую силу магнита. Известно даже, что оно было черного цвета. С помощью этого вещества Спенс обеспечил работу двух изготовленных им магнитных ррт.

Успехи Спенса были описаны шотландским физиком Дэвидом Брюстером (1781—1868 гг.) в серьезном фран-

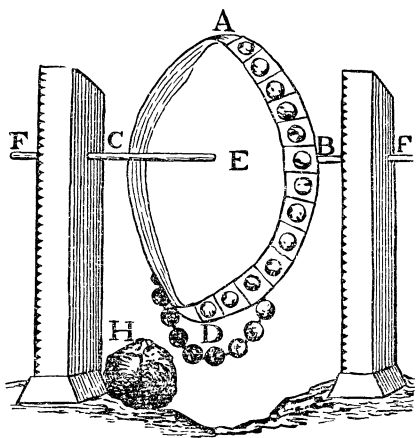


Рис. 1.19. Гравитационно-магнитный ррт доктора Якобуса

цузском журнале «Анналы физики и химии» в 1818 г. Нашлись даже очевидцы: в статье написано, что «мистер Плейфер и капитан Кейтер осмотрели обе эти машины (они были выставлены в Эдинбурге) и выразили удовлетворение тем, что проблема вечного двигателя, наконец, решена». Вот так! Дальше, как обычно, никаких «актов о внедрении» не последовало.

Нужно отметить, что в части открытия вещества, экранирующего магнитное поле, Спенс ничего особенного не сделал и его «черный порошок» для этого не нужен. Хорошо известно, что для этого достаточно листа железа, которым можно заслонить магнитное поле. Другое дело создать таким путем ррт, поскольку для движения листа, экранирующего магнитное поле, нужно в лучшем случае затратить столько же работы, сколько даст магнитный двигатель.

Общее количество магнитных двигателей все же было меньше, чем механических и особенно гидравлических. К последним мы и перейдем.

1.5. Гидравлические ррт

Большое внимание, которое уделяли изобретатели ррт попыткам использовать для них гидравлику, конечно, не случайно.

Хорошо известно, что гидравлические двигатели были широко распространены в средневековой Европе. Водяное колесо служило, по существу, основной базой энергетики средневекового производства вплоть до XVIII в.

В Англии, например, по земельной описи было 5000 водяных мельниц. Но водяное колесо применялось не только в мельницах; постепенно его стали использовать и для привода молота в кузницах, ворота, дробилки, воздуходувных мехов, станков, лесопильных рам и т. д. Однако «водяная энергетика» была привязана к определенным местам рек. Между тем техника требовала двигатель, который мог бы работать везде, где он нужен. Совершенно естественной поэтому была мысль о водяном двигателе, не зависимом от реки. Действительно, половина дела — как использовать напор воды — была ясна. Тут накопился достаточный опыт. Оставалась другая половина дела — создать такой напор искусственно.

Способы непрерывно подавать воду снизу вверх были известны еще с античных времен. Самым совершенным из нужных для этого устройств был архимедов винт.

Если соединить такой насос с водяным колесом, цикл замкнется. Надо только для начала залить водой бассейн наверху. Вода, стекая из него, будет крутить колесо, а насос, приводимый от него, снова подаст воду вверх. Таким образом, получается гидравлический двигатель, работающий, так сказать, «на самообслуживании». Никакой реки ему не нужно; он сам создаст необходимый напор и одновременно приведет в движение мельницу или станок.

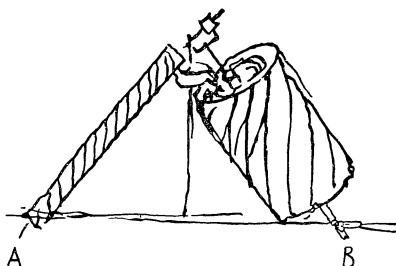


Рис. 1.20. Эскиз гидравлического ррт из тетрадей Леонардо да Винчи

Для инженера того времени, когда понятия об энергии и законе ее сохранения еще не было, в такой идее не было ничего странного. Множество изобретателей работало, пытаясь воплотить ее в жизнь. Только некоторые великие умы понимали, что это невозможно; и одним из первых среди них был универсальный гений — Леонардо да Винчи. В его тетрадях был найден эскиз гидравлического ррт (рис. 1.20). Горизонтальная линия внизу рисунка показывает уровень в резервуаре, из которого машина берет воду. Машина состоит из двух связанных между собой вращающихся устройств *A* и *B*, между которыми установлена чаша, заполняемая водой. Устройство *A* представляет собой архимедов винт, подающий воду из нижнего резервуара в чашу. Устройство *B* вращается, приводимое в движение водой, сливающейся из чаши, и крутит насос *A* — архимедов винт; отработавшая вода сливается снова в резервуар.

Леонардо вместо известного в то время водяного насоса употребил водяную турбину, сделав мимоходом одно из своих изобретений. Эта турбина *B* — обращенный насос — архимедов винт. Леонардо понял, что если лить на него воду, то он будет вращаться сам, превратившись из водяного насоса в турбину.

В отличие от современных ему и будущих изобретателей гидравлических ррт такого типа (водяной двигатель + водяной насос) Леонардо знал, что он работать

не сможет. Воду, в которой нет разности уровней, он назвал очень образно и точно «мертвой водой» (*aqua morta*). Он понимал, что падающая вода может в идеальном случае поднять то же количество воды на прежний уровень и только; никакой дополнительной работы она произвести не может. Для реальных условий проведенные им же исследования трения дали основания считать, что и этого не будет, так как «от усилия машины надо отнять то, что теряется от трения в опорах». И Леонардо выносит окончательный приговор: «невозможно привести мельницы в движение посредством мертвой воды».

Эта идея о невозможности получения работы «из ничего» (например, «мертвой воды») была развита потом Р. Декартом и другими мыслителями; в конечном итоге она привела к установлению всеобщего закона сохранения энергии. Но все это произошло намного позже. Пока же изобретатели гидравлических ррт разрабатывали все новые их варианты, объясняя каждый раз свои неудачи теми или иными частными недоработками.

Классическим примером гидравлического ррт может служить машина, показанная на рис. 1.21. Более сложный вариант такого двигателя (рис. 1.22), используемого в практических целях, взят из книги Г. Беккера «Новый театр машин», изданной в Нюрнберге (1661). Этот

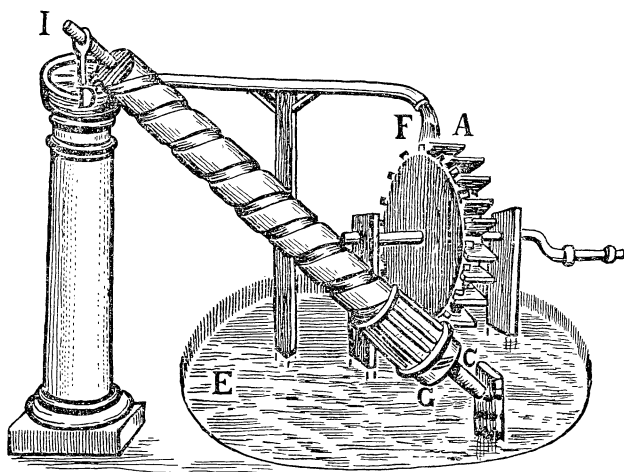


Рис. 1.21. «Типовой» гидравлический двигатель

двигатель, предназначенный для вращения точильного камня, был предложен итальянцем Якобом де Страда в 1575 г. (по другим источникам — в 1629 г.). Из нижнего водоема *S* винтовой насос *O* с шестерней, приводимой в движение от зубчатого колеса *R*, перекачивает воду в верхний лоток. Отсюда она сливается на колесо *C*, приводящее через вал *D* в движение точильный камень. Через сложную систему передач (червяк и зубчатые колеса *E*, *G*, *L* и *R*) колесо *C* приводит в движение и насос *O*. Для равномерности движения на вертикальном валу установлен маховик *K*.

Автор настолько уверен, что в поток *A* вода подается с избытком и ее хватит на все нужды, что через трубку *P* сливает часть ее на смачивание точильного камня, у которого работает мастер. Здесь сделано все, что может предусмотреть опытный конструктор. Но в машине,

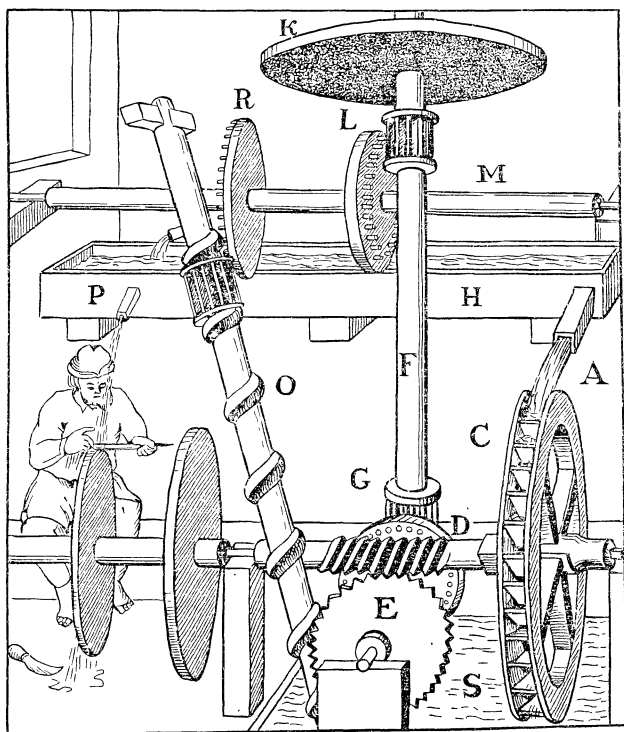


Рис. 1.22. Гидравлический двигатель для привода точильного камня

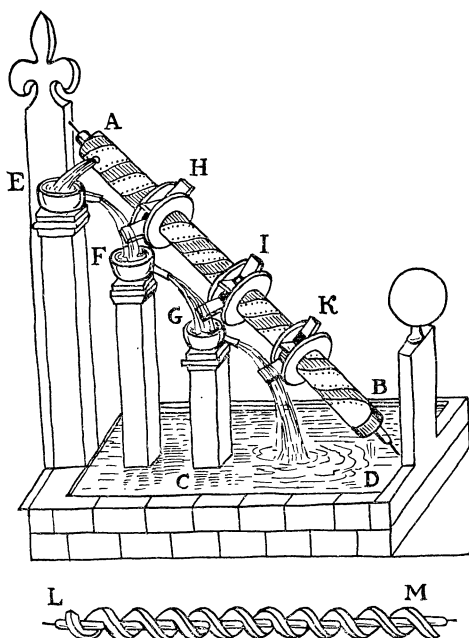


Рис. 1.23. Трехступенчатый каскадный гидравлический ррт с одним архимедовым винтом

которую он назвал «искусство верчения и кручения с двойной передачей», не учтено только одно обстоятельство: насос никогда не сможет поднять наверх столько воды, сколько нужно для рабочего колеса. Опыт каждый раз именно это и показывал.

Одно из ухищрений, призванных обойти трудности, состояло в том, чтобы заставить воду подниматься (и сливаться) в меньшем перепаде высот. Для этого предусматривалась каскадная система из нескольких последовательно соединенных насосов и рабочих колес. Такая машина, описанная в книге уже известного нам Д. Уилкинса, показана на рис. 1.23. Подъем воды осуществляется винтовым насосом, состоящим из наклонной трубы AB , в которой вращается ротор LM , показанный внизу отдельно. Он приводится в движение тремя рабочими колесами H, I, K , вода на которые подается из трех расположенных каскадом сосудов E, F, G . В оценке этого

двигателя Уилкинс, как и в описанных ранее случаях, оказался на высоте. Он не только отверг этот двигатель из общих соображений, но даже подсчитал, что для вращения спирали «нужно втрое больше воды для вращения, чем то количество, которое она подает наверх».

Отметим, что Уилкинс, как и многие его современники, начал заниматься механикой и гидравликой с попыток изобрести вечный двигатель. Еще один пример стимулирующего действия ррт-1 на науку того времени!

«В первый раз, когда я подумал об этом изобретении, я с трудом удержался от того, чтобы подобно Архимеду не закричать «эврика». Казалось, что, наконец, найдено легкое средство реализовать вечный двигатель», — писал он в 1684 г., вспоминая свои попытки создать гидравлический ррт из водяного колеса и винта Архимеда для подъема воды. Однако под влиянием экспериментальных неудач он нашел в себе силы провести теоретический анализ и перейти от беспочвенных фантазий к научному анализу.

Уилкинс дал первую классификацию способов построения вечных двигателей:

- 1) с помощью химической экстракции (эти проекты до нас не дошли);
- 2) с помощью свойств магнита;
- 3) с помощью сил тяжести.

Гидравлические ррт он относил (и совершенно правильно) к третьей группе.

В итоге Уилкинс написал четко и однозначно: «Я пришел к выводу, что это устройство не способно работать». Этот любитель науки — епископ — дал в XVII в. достойный пример того, как надо преодолевать заблуждения и находить истину. Если бы ему следовали дипломированные изобретатели ррт XX в.!

Среди других гидравлических ррт следует отметить машину польского иезуита Станислава Сольского, который для приведения в движение рабочего колеса использовал ведро с водой. В верхней точке насос наполнял ведро, оно опускалось, вращая колесо, в нижней точке опрокидывалось и пустое поднималось вверх; затем процесс повторялся. Королю Казимиру эта машина, когда патер ее демонстрировал в Варшаве (1661 г.), очень понравилась. Однако даже светские успехи титулованных изобретателей не могли скрыть того факта, что гидравлические ррт системы «насос — водяное колесо» на практике не работали. Нужны были новые идеи, используя которые, можно было бы поднять воду с нижнего уровня

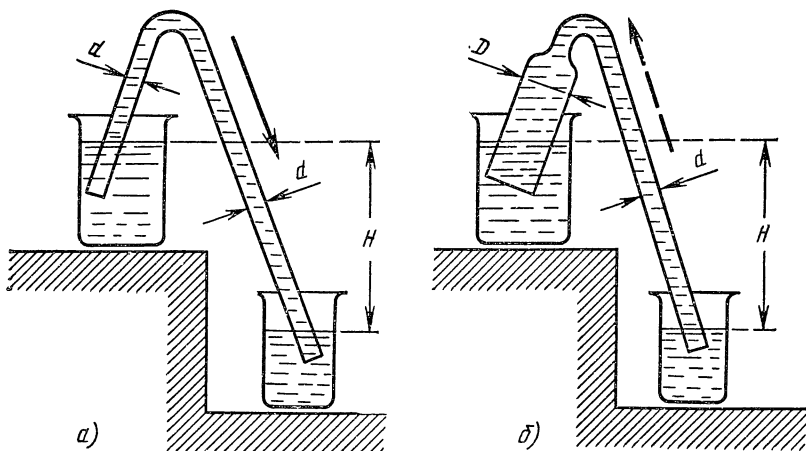


Рис. 1.24. Принцип действия сифонного гидравлического ррт:
 а — обычный сифон; б — «обратный» сифон с расширенным верхним коленом

на верхний *без затраты работы*, не применяя механический насос. И такие идеи появились — как на основе использования уже известных явлений, так и в связи с новыми физическими открытиями.

Первая из идей, о которой нужно вспомнить, — использование сифона. Это устройство, известное еще с античных времен (оно упоминается у Герона Александрийского), использовалось для переливания воды или масла из сосуда, расположенного выше, в другой, расположенный ниже (рис. 1.24, а). Преимущество такого простого устройства, используемого и до сих пор, заключается в том, что можно отбирать жидкость из верхнего сосуда сверху, не делая отверстия в его дне или стенке. Единственное условие работы сифона — полное предварительное заполнение трубки жидкостью. Поскольку между верхним и нижним сосудами существует разность уровней, высота столба жидкости в длинном колене трубки больше, чем в коротком, на величину H . Естественно, что жидкость будет самотеком переливаться из верхнего сосуда в нижний.

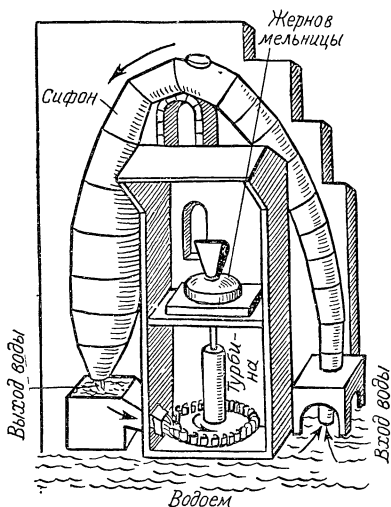
Возникает вопрос — как же можно использовать сифон для *подъема* воды, если его назначение обратное — *слив* воды? Однако именно такая парадоксальная идея была выдвинута около 1600 г. и описана в книге «Новый

Рис. 125. Сифонный гидравлический ррт В. Зонки для привода мельницы

театр машин и сооружений» (1607 г.) городским архитектором Падуи (Италия) Витторио Зонки. Она заключалась в том, чтобы сделать верхнее, короткое колено сифона толще — больше по диаметру ($D \gg d$); как показано на рис. 1.24, б. В этом случае, считал Зонка, вода в левом, толстом колене несмотря на его меньшую

высоту перевесит воду в тонком колене и сифон потянет ее в противоположном направлении — из нижнего сосуда в верхний. Он писал: «Сила, которая проявляется в толстом колене, будет тянуть то, что входит через более узкое колено». На этом принципе и должен был работать ррт Зонки, показанный на рис. 1.25. Сифон забирал воду из нижнего водоема справа в узкую трубу (правое колено сифона); вода из широкой трубы (левое колено сифона) сливалась в сосуд, расположенный выше водоема, откуда она подавалась на водяное колесо и сливалась снова в водоем. Колесо через вал вращало мельничный жернов.

Эта оригинальная машина, естественно, работать не смогла, так как по законам гидравлики направление движения жидкости в сифоне зависит только от *высот столбов жидкости* и не зависит от их диаметра. Однако во времена Зонки об этом четкого представления у практиков не было, хотя уже в работах Стевина по гидравлике вопрос о давлении в жидкости был решен. Он показал (1586 г.) «гидростатический парадокс» — давление в жидкости зависит только от высоты ее столба, а не от ее количества. Широко известным это положение стало позже, когда аналогичные опыты были вновь и более широко поставлены Блезом Паскалем (1623—1662 гг.). Но и они не были поняты многими инженерами и учеными,



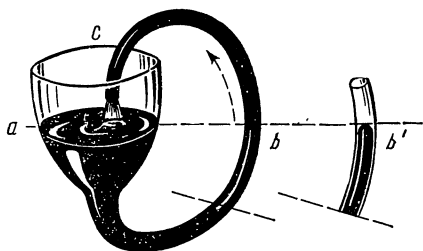


Рис. 1.26. Модель гидравлического ррт
Д. Папина

служить сам Дени Папін (1647—1714 гг.) — изобретатель не только «папинова котла» и предохранительного клапана, но и центробежного насоса, а главное — первых паровых машин с цилиндром и поршнем. Папін даже установил зависимость давления пара от температуры и показал, как получать на ее основе и вакуум, и повышенное давление. Он был учеником Гюйгенса, переписывался с Лейбницем¹ и другими крупными учеными своего времени, состоял членом английского Королевского общества и Академии наук в Неаполе. И вот такой человек, который по праву считается крупным физиком и одним из основоположников современной теплотехники (как создатель парового двигателя), работает и над вечным двигателем! Мало этого, он предлагает такой ррт, ошибочность принципа которого была совершенно очевидна и современной ему науке. Он публикует этот проект в журнале «Философские труды» (Лондон, 1685 г.).

Идея ррт Папина очень проста — это по существу перевернутая «вверх ногами» труба Зонки (рис. 1.26). Поскольку в широкой части сосуда вес воды больше, его сила должна превосходить силу веса узкого столба воды в тонкой трубке С. Поэтому вода будет постоянно сливаться из конца тонкой трубки в широкий сосуд. Остается только подставить под струю водяное колесо и ррт готов!

Очевидно, что на самом деле так не получится; поверхность жидкости в тонкой трубке установится на том

по-прежнему считавшими, что чем шире сосуд, тем больше давление содержащейся в нем жидкости. Жертвами подобных заблуждений были иногда даже люди, работавшие на самом переднем крае современной им науки и техники. Примером может

¹ Который и подсказал Д. Папину идею сочетания поршня с цилиндром.

же уровне, что и в толстой, как в любых сообщающихся сосудах (как в правой части рис. 1.26).

Судьба этой идеи Папи́на была той же, что и других вариантов гидравлических ррт. Автор к ней больше никогда не возвращался, занявшись более полезным делом — паровой машиной.

История с изобретением Д. Папи́ном наталкивает на вопрос, постоянно возникающий при изучении истории ррт: чем объяснить поразительную слепоту и странный образ действий многих весьма образованных и, главное, талантливых людей, возникающие каждый раз, как только дело касается изобретения ррт?

Мы вернемся к этому вопросу в дальнейшем. Если же продолжить разговор о Папи́не, то непонятно и другое. Мало того, что он не учитывает уже известные законы гидравлики. Ведь в это время он был на должности «временного куратора опытов» при Лондонском королевском обществе. Папи́н мог при своих экспериментальных навыках легко проверить предложенную им идею ррт (так же, как он проверял другие свои предложения). Такой эксперимент легко поставить за полчаса, даже не располагая возможностями «куратора опытов». Он этого не сделал и почему-то отправил статью в журнал, ничего не проверив. Парадокс: выдающийся ученый-экспериментатор и теоретик публикует проект, противоречащий уже утвердившейся теории и не проверенный экспериментально! Этот пример — не единственный. Далее, вплоть до нашего времени, мы будем встречаться с не менее парадоксальными случаями в том же роде.

В дальнейшем было предложено еще много гидравлических ррт и с другими способами подъема воды, в частности капиллярных и фитильных (что, собственно, одно и то же) [2.4—2.6]. В них предлагалось жидкость (воду или масло) поднимать из нижнего сосуда в верхний по смачиваемому капилляру или фитилю. Действительно, поднять жидкость на определенную высоту таким путем можно, но те же силы поверхностного натяжения, которые обусловили подъем, не дадут жидкости стекать с фитиля (или капилляра) в верхний сосуд.

В заключение этого параграфа рассмотрим еще один, весьма оригинальный ррт, предложенный не менее выдающимся человеком, чем Д. Папи́н, — математиком Иоганном Бернулли (1667—1748 гг.), одним из трех знаменитых ученых, принадлежавших к этой фамилии.

Идея двигателя основана на использовании явления осмоса.

Осмос (по-гречески «толчок, давление») возникает,

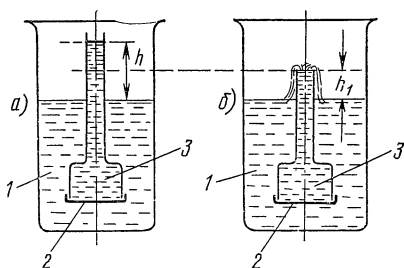


Рис. 1.27. Осмотический ррт
Иоганна Бернулли:

a — равновесие; *б* — перетека-
ние жидкости; 1 — вода; 2 — пе-
регородка (мембрана); 3 — рас-
твор соли

когда две разные жидкости разделены так называемой *полупроницаемой* перегородкой. Такие перегородки проницаемы для одного вещества, но непроницаемы для другого. Они известны с очень давних времен. Животный пузырь, например, пропускает воду, но не пропускает соль или сахар. Если собрать устройство, показанное на рис. 1.27, *a*, и во внутренний сосуд, погруженный в воду, налить раствор, например, соли, то вода будет просачиваться во внутренний сосуд. Уровень в трубке будет повышаться до тех пор, пока давление раствора на дне трубки не станет равным так называемому осмотическому давлению. Это давление, определенное для каждого раствора, препятствует дальнейшему проникновению воды через перегородку; в трубке устанавливается определенный уровень h . В этом и проявляется осмос. Именно он определяет разбухание семян, погруженных в воду, подъем воды из почвы по стволам деревьев и многие другие биологические процессы.

Бернулли считал, что осмотическое давление можно использовать для непрерывного поднятия воды с нижнего уровня на верхний. Он основывался на своей теории происхождения речной воды из морской. По его мнению, соленая морская вода, проходя через слои земли, пропускающие воду (но не пропускающие соль), превращается в пресную, поднимается наверх и снова стекает в море в виде рек. Такая постоянная циркуляция воды представляла собой явный *perpetuum mobile naturae*, поэтому совершенно естественна мысль создать соответствующий *rpt artificiae*.

Таким образом, говоря современным языком, Бернулли считал верхний слой земли полупроницаемой перегородкой; но даже если бы он обладал этим свойством, то пресная вода просачивалась бы в море, а не наоборот.

(Морская вода, как известно, опресняется путем испарения и попадает в реки через атмосферу в виде осадков.)

Легко показать, что осмотическое давление нельзя использовать для подъема воды в гидравлическом ррт. Сделаем так, как предлагал Бернулли: срежем трубку внутреннего сосуда на высоте $h_1 < h$ (т. е. ниже того уровня h , который обеспечивается осмотическим давлением). Тогда вода действительно будет стекать с верхнего уровня на нижний (рис. 1.26, б).

Казалось бы, цель достигнута — вода будет вытекать вечно. Но радоваться рано — струя стекающей жидкости постепенно уменьшается и через некоторое время иссякает совсем. Объясняется это очень просто — ведь сливается не чистая вода, а раствор соли!

Постепенно во внутреннем сосуде раствор будет разбавляться поступающей через перегородку чистой водой, а во внешнем — засоляться. Когда концентрации раствора с обеих сторон перегородки сравняются, вся система придет в равновесие и процесс прекратится, соляной раствор станет такой же «мертвой водой», как та, о которой писал Леонардо да Винчи. Чтобы возобновился процесс осмоса, нужно раствор во внутреннем сосуде все время солить, а во внешнем, напротив, опреснять. Но тогда это уже будет не ррт, а своеобразный «солевой двигатель», который постоянно надо питать солью и пресной водой (так же, как тепловой двигатель топливом и воздухом).

Мы кратко рассмотрели историческую обстановку, определившую название и развитие идеи ррт, основные виды вечных двигателей, а также дискуссию между их сторонниками и противниками. Все это относится к тому периоду, когда представление об энергии и ее сохранении или вообще отсутствовало, или только формировалось применительно к механике.

Однако это рассмотрение будет незавершенным, если в нем не отразить историю вечного двигателя Эрнста Бесслера (Орфиреуса) и связанные с ней события. Она происходила в первой половине XVIII в. и завершает, по существу, первый период истории ррт. В ней как в зеркале отразились технические, научные и даже психологические аспекты истории ррт; многие из них сохранили значение и до нашего времени.

1.6. Орфиреус, ррт и Петр I

История вечного двигателя Бесслера-Орфиреуса в том или ином виде приводится почти во всех книгах и статьях о ррт. Мы тоже изложим ее с некоторыми дополнениями, не столько из-за ее занимательности¹, сколько из-за поучительности. Она представляет собой классический образец всего «жизненного цикла» ррт — от идеи и великих надежд через построение машины, попытки ее «довести» и заставить работать до неизбежного крушения. В этом цикле как на сцене проходят и очень разные люди. Здесь и главный герой — изобретатель, подававший вначале большие надежды как ученый и инженер и сделавшийся в конце концов фальсификатором и авантюристом; и большие ученые, отвергавшие «от порога» возможность создать ррт, и меньшие ученые, полагавшие, что он вполне возможен, и поддерживающие изобретателя; и его помощники и соучастники; и высокие покровители изобретателя, располагавшие денежными средствами и властью... Наконец, с этой историей связана и такая крупная личность, как император Петр I, внимательно следивший за новинками европейской науки и техники. «Россия молодая» нуждалась в двигателях для развивавшихся горных и металлургических предприятий. Естественно, что Петр заинтересовался и двигателем Орфиреуса.

Начнем с краткой биографии главного действующего лица этой истории — Эрнста Бесслера. Он родился в Германии (Саксония) в 1680 г., рано проявил выдающиеся способности и несмотря на крестьянское происхождение попал в гимназию. Особенный интерес он проявлял к математике и механике.

Не закончив школу, юный Эрнст пустился в странствие по германским государствам и Австро-Венгрии, весьма успешно осваивая самые разнообразные профессии — от часовщика и оружейного мастера до алхимика, астролога и врача. На этом извилистом пути он, как герой

¹ Она может служить прекрасной основой для исторической повести, пьесы и даже музыкальной комедии. Художественная литература, как и музыкальная драматургия, уделяет истории большое внимание, хотя ученые и изобретатели фигурируют в ней реже, чем заслуживают. Особенно этот упрек относится к композиторам. Только Ж. Оффенбах показал блестящий пример своей комической оперой «Доктор Окс» на сюжет научно-фантастической повести Ж. Верна.

плутовского романа, встречается с самыми разными людьми — солдатами и мастеровыми, священниками и музыкантами, врачами и алхимиками... Судьба его складывается по-разному — то он впадает в бедность и голодает, то приобретает состояние и живет с размахом. Наконец, набравшись в странствиях опыта и знаний в разнообразных профессиях, Бесслер к тридцати годам понял, что пора остепениться и занять прочное место в обществе.

Для того чтобы сделать карьеру, для человека из низов необходимы были тогда минимум три условия: звучное имя, не напоминавшее о низком крестьянском происхождении, прочная материальная база и, наконец, плодотворная идея, разрабатывая которую, можно добиться богатства, славы и поддержки в высших аристократических кругах.

Проще всего было со звучным именем. Крестьянский сын Эрнст Бесслер превратился в ученого мужа со звонким именем Иоганн Орфиреус (Orphos — по гречески «высокий»).

Солидную материальную базу он приобрел достаточно известным способом — женитьбой на богатой наследнице. Но это не было банальной историей, а происходило достаточно романтично. В маленьком городке Аннаберге доктор Орфиреус вылечил дочь тамошнего городского врача Шумана (ставшего потом и бургомистром) и получил в награду не только ее руку и сердце, но и солидное приданое.

Выбор плодотворной идеи для того, чтобы показать себя и проявить свои возможности, определялся как духом времени, так и предыдущим отрезком биографии Бесслера — Орфиреуса. Весь XVII в. и особенно начало XVIII в. справедливо характеризуются как «золотой век» ррт. Это было время, когда своеобразно сочетались два необходимых для этого фактора. С одной стороны, нужда в универсальном, экономичном двигателе стала уже насущной потребностью общества¹ и поиски его интен-

¹ В одном английском патенте (от 9.III.1635 г.) об этом с юридической точностью сказано. «Он (патент) относится к искусству создания машин, которые, будучи раз пущены в ход, будут идти, совершая свои движения вечно и притом без приложения какой-либо силы — человека, лошади, ветра, реки или источника и в то же время исполнять различные работы к благу и процветанию государства».

сивно шли во всех направлениях; с другой — закон сохранения энергии еще не сформировался и научно обоснованного общего запрета на создание ррт не было. К этому нужно прибавить все шире распространяющийся в «век просвещения» интерес к науке, проникший даже в аристократические салоны и сделавшийся своеобразной модой. Если принять все это во внимание, то станет очевидным, почему столько людей стремились отличаться именно на поприще создания ррт.

Иоганн Орфиреус имел все основания считать, что его шансы быть здесь далеко не последним достаточно велики. Он молод, энергичен, образован и, наконец, хорошо владеет разнообразными ремеслами. И Орфиреус занялся вечным двигателем.

Отметим, прежде чем пойти дальше, одно существенное обстоятельство.

Нет никаких веских доказательств того, что Бесслер с самого начала, как пишут многие авторы, был жуликом и занимался вечным двигателем только затем, чтобы делать карьеру, обманывая людей. Это предположение мало вероятно хотя бы потому, что для этого он должен был уже в начале карьеры быть намного впереди своей эпохи, т. е. на уровне тех немногих крупных физиков, которые уже тогда понимали невозможность реализации ррт.

Обеспечив себе условия для работы и выбрав ее направление, Бесслер-Орфиреус уже в 1712 г. построил первый образец ррт. Устройство двигателя осталось неизвестным. Немногие очевидцы утверждали разное — одни восхищались, другие сомневались. Автор через некоторое время сам уничтожил модель.

В 1715 г., переселившись с женой в Мерзебург, Орфиреус построил вторую, уже большую машину и даже представил ее «комиссии знатоков». В состав комиссии входил физик и философ Христиан Вольф (будущий учитель Ломоносова). Несмотря на то что изобретатель не разрешил членам комиссии посмотреть ее внутреннее устройство (даже за специальную плату), комиссия выдала ему документ о том, что «его счастливо изобретенный перпетуум мобиле вращается со скоростью 50 оборотов в минуту и при этом поднимает груз весом в 40 фунтов на высоту 5 футов». Никаких сведений о том, как устроен двигатель и почему он работает, в заключении комиссии не было; его устройство осталось неизвестным.

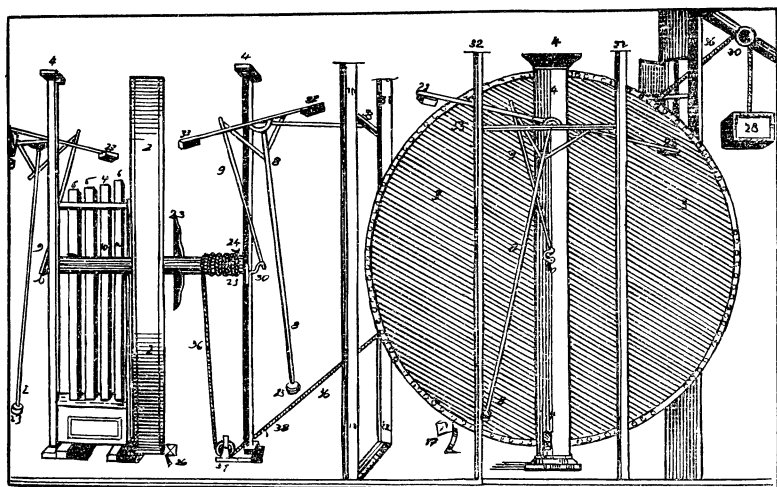


Рис. 1.28. «Точное изображение счастливого изобретения» Орфиреуса

Несмотря на это (а может быть вследствие этого) Х. Вольф отозвался о машине так: «нечто, достойное восхищения».

Сам Орфиреус для разъяснения дела опубликовал «Подробное описание счастливого изобретения *regretum mobile* вместе с его точным изображением». Насколько «точно» это изображение, можно судить по рис. 1.28.

Так или иначе, но цель была достигнута—шум и споры вокруг машины вызвали к ней интерес как среди «научно-технической общественности», так и широкой публики. Высказывались мнения самые разнообразные. Христиан Вагнер, адвокат и математик из Лейпцига, со свойственной его первой профессии подозрительностью утверждал, что внутри машины находится скрытый вал («вертел»), приводимый в движение извне. Примерно так же считал механик Андреас Гертнер; он предполагал, что машина приводится в движение спрятанным человеком, который тянет за веревку. Гертнер даже предложил заключить пари на 1000 талеров, что он разоблачит Орфиреуса. Другой скептик, Иоганн Барлях, даже опубликовал рисунок, где показано, как это делается (рис. 1.29). Характерно, что ни один из скептиков не сомневался, что в принципе ррт сделать можно; критико-

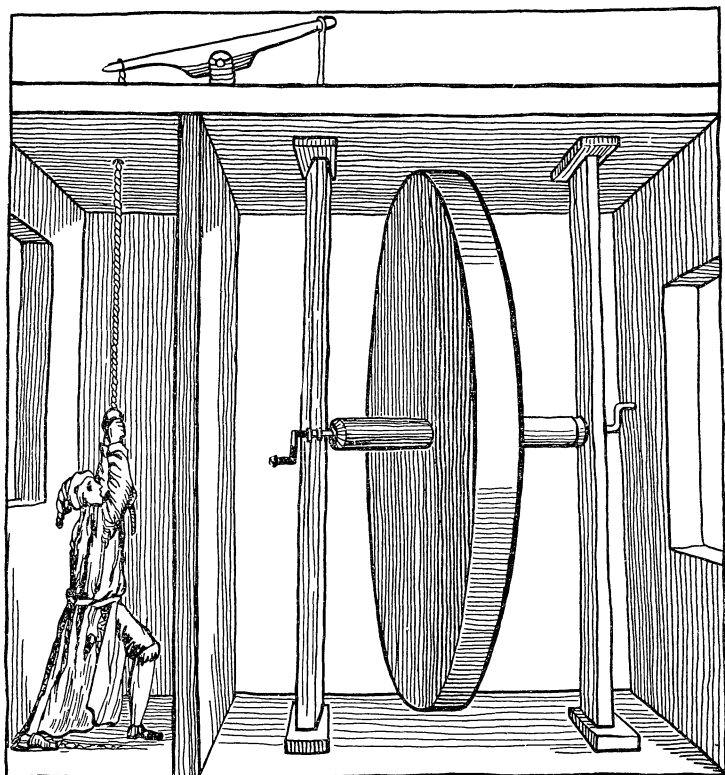


Рис. 1.29. Так Иоганн Барлях представлял источник движения ррп Орфиреуса

вался только данный образец машины (Гертнер сам строил вечные двигатели). Из немецких ученых только Г. Лейбниц уже тогда без оговорок отрицал возможность создания ррп.

Успех породил у Орфиреуса дух стяжательства: он прикрепил к своей машине кружку, чтобы собирать деньги с многочисленных посетителей «для благотворительных целей». Но магистрат города Мерзебурга тоже не остался в стороне и наложил на изобретателя ежедневный налог в 6 пфеннигов, чем кровно его обидел.

Между тем слава Орфиреуса распространялась.

В 1716 г. Карл, ландграф Гессен-Кассельский, проявлявший интерес к наукам, пригласил Орфиреуса к себе. Здесь, поселившись в графском замке Вайсенштейн и получив чин надворного советника, изобретатель начал строить третий образец своего ррт.

Через год машина была готова, и 12 ноября 1717 г. в присутствии ученой комиссии, включавшей физика из Лейдена (Голландия) Виллема Гравезанда (1648 — 1742 гг.) и архитектора Эммануэля Фишера из Герлаха¹, двигатель был запущен в специальном помещении, которое ландграф выделил в замке рядом с квартирой Орфиреуса. Комиссия решила проверить машину основательно — комната была опечатана на две недели. После окончания срока печать была снята и вошедший со своей свитой в комнату ландграф обнаружил, что колесо вращается с той же скоростью, что и две недели назад. Эксперимент был продолжен; комнату запечатали сначала на 40 дней, а затем еще на 60. Результат был тот же. Гравезанду, так же как и Вольфу, не было дозволено подробно осмотреть колесо; однако он рассмотрел его снаружи. Это был полый барабан 12 футов диаметром и шириной около 14 дюймов, изготовленный из деревянных реек, обтянутых проклеенным непрозрачным полотном. Барабан был насажен на толстую ось (диаметром около 6 дюймов), на концах которой находились железные наконечники длиной по $\frac{3}{4}$ дюйма каждый, установленные в подшипниках, на которых эта ось вращалась.

Гравезанд в письме И. Ньютону (1721 г.) упоминает машину Орфиреуса как «нечто весьма удивительное, но заслуживающее дальнейшего исследования». Так или иначе, но комиссия дала положительный отзыв, поскольку «ничего снаружи колеса не способствует его движению».

Ландграф выдал изобретателю документ еще более весомый, чем любые научные заключения. В нем говорилось, что своим «княжески верным словом» ландграф свидетельствует, что ррт Орфиреуса «не приводится в движение ни внешней силой и помощью, не зависит от какой-либо изнутри заводимой спирали или каких бы то

¹ Знаменательно, что Фишер находился в Герлахе, чтобы наблюдать за строительством *паровой машины*. Работа по созданию универсального двигателя шла одновременно по двум столь различным направлениям. Иногда бывало и так, что с ними были связаны одни и те же люди! Вспомним хотя бы случай с Д. Папином.

ни было колес, а что благодаря почти бесчисленным научным изысканиям эта давно уже искомая и желаемая машина или так называемое *perpetuum mobile pure artificiae* (ррт «полностью искусственный») ... и есть такое самодвигающееся колесо, которое благодаря своей внутренней искусственной силе движения так долго может двигаться, пока в его внутреннем строении что-нибудь не убавится, разрушится, сломается, разорвется, испортится или износится». Ландграф подарил коммерции советнику и математику Орфиреусу «знатную привилегию», включающую дом, двор и денежные средства. Это была высшая точка карьеры Орфиреуса.

Чтобы закрепить свои позиции, Орфиреус сам выпустил сочинение (на двух языках — латинском и немецком) «Торжествующий перпетуум мобиле Орфиреуса». Эта книжка в 200 страниц очень примечательна; многое из того, что в ней было найдено в части стиля и подхода к науке, повторяется в разных видах и в сочинениях других, более поздних изобретателей ррт и их сторонников (несмотря на то, что труд Орфиреуса им едва ли знаком).

Открывается книга посвящением, которое в [2.4] очень удачно названо «четырёхэтажным». Автор посвящает книгу богу, публике, ученым людям и себе самому (!).

Описание двигателя очень коротко и непонятно; еще более непонятен рисунок (рис. 1.30), его изображающий: колесо, труба, ведро и сосуд с водой. Как все это взаимосвязано и почему работает — остается загадкой. Никаких серьезных доводов или новых мыслей в этом разделе нет. Зато остальная часть книги посвящена полемике с оппонентами (точнее, противниками). Приемы, использованные им здесь, живы и до сих пор; дальше мы увидим, что они состоят на вооружении и современных искателей вечного движения. Тщательно собраны все высказывания «за» (или такие, которые можно к ним причислить); они изложены подробно и с уважением к их авторам. Напротив, по адресу противников написаны всякие нехорошие слова без каких-либо попыток вести с ними серьезную дискуссию. Извлечь из всего этого что-либо конкретное невозможно.

Пока Орфиреус купался в лучах славы и письменно громил своих оппонентов, слух о его машине прокатился

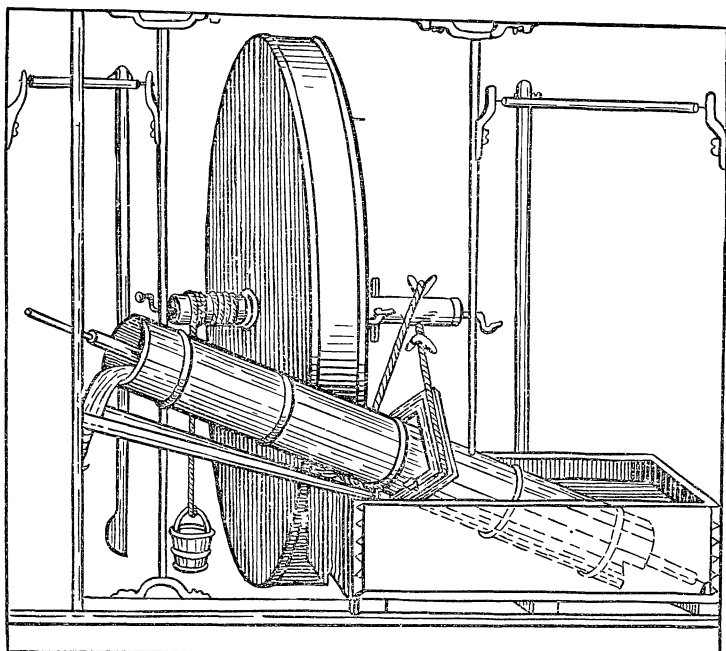


Рис. 1.30. Новый, «торжествующий» вариант ррт Орфиреуса

по всей Европе и дошел на западе до Англии и на востоке до России. Англичане приценивались к машине, но не купили ее; подробности этих переговоров, по-видимому, не сохранились.

В России Петр I, как мы уже упоминали, тоже заинтересовался двигателем Орфиреуса; ведь если его данные соответствовали рекламе, то такая машина могла принести огромную пользу. Но Петр был мудрым и опытным государственным деятелем; он не любил принимать необоснованных решений и не бросал деньги на «пустые проекты». Петр поручил в 1715 г. канцлеру А. И. Остерману собрать сведения о машине Орфиреуса. Доклад Остермана не удовлетворил царя. Поэтому, когда он в 1721 г. направил в Европу библиотекаря И. Шумахера с рядом заданий по приобретению научной литературы, экспонатов для кунсткамеры и произведений искусства, то велел ему собрать информацию и о двигателе Орфи-

реуса. Шумахер, не будучи слишком ученым человеком¹, все же подходил для выполнения поручений императора; он был обходителен, энергичен, знал европейские языки и отличался исполнительностью и аккуратностью.

Петр снабдил Шумахера подробной письменной инструкцией из 13 пунктов. Среди многочисленных поручений (посетить Парижскую Академию наук и продемонстрировать там карту Каспийского моря и другие материалы; пригласить в Россию разных ученых; привезти мастера, «который бы с экспериментами обходиться и инструменты, к тому принадлежащие, изготовлять мог», закупить книги и т. д.) было и относящееся к Орфиреусу. «С Орфиреусом о перепетуге мобиле говорить, если возможно будет и господин Вольф за полезное рассудит».

Таким образом, Петр указал в качестве основного эксперта уже упоминавшегося нами известного ученого Х. Вольфа.

Пространный отчет Шумахера Петру I о командировке в Европу сохранился [2.17]. Параграф 7 полностью посвящен переговорам с Орфиреусом. Начинается он с изложения того, как выполнены пожелания императора: «Прежде разговора с инвентором (изобретателем, В. Б.) перепетуи мобилис Орфиреем, аз с господином профессором Вольфом о том рассуждал, и оному Вашего Императорского величества высокое намерение объявил, яко хотя для пользы всенародной охотно некоторую сумму денег выдать, однако же не напрасно бросить, желаете. Того ради просил, дабы мнение свое о том верно мне сказал».

Вольф не отверг в принципе возможность ррт. Он ответил довольно осторожно: «Хотя Орфирей колесо сделал, которое без внешней силы кругом вертится и тяжелое к себе притягивает», однако «не возможно сказать, яко оно во истину перпетуум мобиле есть и великую пользу в народе чинить будет, понеже внутреннюю структуру (строение) видеть не можно». Поэтому Вольф посоветовал Шумахеру переговорить с Орфиреусом, посмотреть машину и рассказать о том, что увидит. После этого Вольф пообещал дать «свое мнение письменно».

¹ Впоследствии Шумахер был советником и директором Академии наук, заведовал хозяйственной частью. Отличаясь более расторопностью, чем пониманием задач Академии, он принес ей много вреда. В частности, известно, сколько крови он испортил М. В. Ломоносову. Но все это было уже после смерти Петра I.

Далее в отчете подробно описана история переговоров с Орфиреусом (это было в 1721 г.). Шумахер уже не нашел его в Касселе и Вейсенштейне, так как еще до его приезда изобретатель сам разбил свою машину. Шумахер описывает эту историю так: «Господин ландграф призвал г-на Сгравезанда¹ из Лейдена, дабы тот ему эксперименты физико-математические демонстрировал, и при сем напали на дискурс (дискуссию. В. Б.) о перпетуе мобиле — прямой и воистину ли перпетуум мобиле колесо Орфиреево? Ландграф то утверждал и велел Орфирею оное г-ну Сгравезанду показать, однакож-де ему не объявил, что есть Сгравезанд.

Орфирей послушен был повелению и свою машину в присутствии г. ландграфа показал; но Сгравезанд столько вопросов делати стал, и так жестоко внутреннюю структуру ведати желал, явно Орфирей в мнение пришел, будто хотят арканум (тайну. В. Б.) его вывести; того ради больше показывать не стал, и сколь скоро оные отлучились, машину разбил, дабы не было чего опасаться».

Поэтому Шумахер машину увидеть не мог, и разговор с Орфиреусом принял чисто коммерческий характер.

«...Первый его вопрос был: господин Шумахер имеет ли деньги? Аз отвечал: ...Его Императорское Величество желают великую милость и плату за издание (изделие. В. Б.) его воздать, егда оное — пробу выдержит. Всеко-нечно же выдержит пробу, и я главу свою потерять готов, аще не правда есть».

Однако предложение Шумахера «...воспримем двух славнейших математиков, которые егда учинят сперва присягу об оном никаким образом упоминать даже да (когда) инвентор в депозите положенные деньги примет, и тогда машину свидетельствовать к оному мы удовольствуемся» Орфиреус не принял.

Последняя речь его была: «На одной стороне положите 100 000 ефимков (около 100 000 руб.), а на другой я положу машину». С этим Шумахер и возвратился в Галле к профессору Вольфу и доложил ему обо всем.

Дальше в отчете говорится: «Воистину невозможно поверить, какие диспуты перпетуум мобиле учинил». Профессор Гравезанд думает, что «перпетуум мобиле по обычаю математиков не противно есть принципиям (на-

¹ Гравезанда.

чалам) математическим»... «Сие же мнение имеет и немецкий математик Кашубер...» Напротив, «французские и английские математики ни во что почитают все оные перепетуи мобилес и сказывают, что оное против принципов математических».

Мы видим, что Шумахер дал достаточно точное описание ситуации.

В конце отчета приводится длинное и хитро составленное письменное заключение под заголовком: «Сущее мнение о перпетуе мобиле Орфирейском¹, подписанное «Христиан Вольф, его королевского величества прусского придворный советник математики и физики профессор». Кратко его содержание соответствует известной старой деревенской словесной формуле: «Оно хоша и конечно, тем не менее иначе».

Препровождая этот документ Петру, Шумахер мудро заключает: «Из сего писания Ваше Императорское величество усмотрите, яко перпетуум мобиле еще не весьма в совершенстве».

Естественно, что Петр на основе такой информации не мог принять окончательного решения. Он воздержался от дальнейших переговоров, несмотря на то, что Орфиреус уже сам предлагал ему свою машину через посредников. Так, в январе 1725 г. некий Детлев-Клефеке вызывался ехать за свой счет в Германию за машиной Орфиреуса, который обещал назвать ему последнюю цену за свое изобретение.

Петр намеревался сам разобраться в этом деле во время намечавшегося в 1725 г. путешествия за границу, но его смерть не дала осуществиться этому плану.

Теперь мы можем вернуться к самому Орфиреусу, дела которого шли хуже и хуже. Машину продать не удалось, число скептиков и противников росло. Наконец, судьба нанесла ему самый страшный удар: тайна его машины была раскрыта... женщинами. Первой из них была его служанка Анна Розина. Сначала она, а затем и его супруга проболтались... Всем стало известно, что никакого ррп не было, а машину незаметно крутили из соседнего помещения через специальную передачу (в замке Вейсенштейн из спальни Орфиреуса). Это была трудная работа для «биологического двигателя» — команды

¹ Читатель может ознакомиться с его полным текстом в [2.17 с. 541—543].

из служанки, брата и жены (а иногда и самого Орфиреуса). Брату и служанке платили немного — по 2 гроша за час работы. Брат в конце концов сбежал; опасаясь, что служанка проболтается, Орфиреус взял с нее страшную, очень длинную клятву, настолько выразительную, что ее цитируют почти во всех книгах о вечном двигателе [2.4, 2.6]. Приведем только два отрывка:

«...клянусь верой и правдой перед триединым богом, что я от сей минуты, вплоть до моей смерти, во веки веков, не буду о вас, моем настоящем господине, никому ни говорить, ни писать, ни показывать ничего дурного и что я никому не открою, не обнаружу и не опишу никакой твари, существует она или не существует, ничего из мне известного о ваших деяниях и творениях, искусстве и тайнах...»; «...Буде я эту клятву нарушу... то пусть моя душа никогда не знает покоя и не удостоится божьей милости, пусть она будет проклята на веки вечные. Аминь... Проклята я буду, если эту клятву нарушу, и блаженна, если я ее сдержу. Я клянусь, что сдержу и не нарушу своей клятвы».

Но клятвы не помогли... Орфиреусу удалось кое-как замять скандал, но карьера его была кончена. Оказались правы Лейбниц и те французские и английские математики, которые «ни во что почитают все оные перепетун мобилес».

Историей Орфиреуса мы закончим относительно краткий разбор различных вариантов ррт, предложенных во времена, когда закон сохранения энергии еще не утвердился. В конце этого периода, к началу XVIII в., постепенно накапливался экспериментальный материал и формировались теоретические предпосылки для нового, более общего энергетического понимания проблемы создания универсального двигателя.

О трудном формировании и распространении новых представлений, связанных с установлением закона сохранения энергии, пойдет речь в следующей главе. Мы увидим, что несмотря на ясный запрет, который наука, опираясь на этот закон, наложила на создание ррт-1, работа над ним интенсивно продолжалась. Более того, рассматривая события, связанные с изобретателями ррт XIX в. (и даже XX в.), мы, как это ни странно на первый взгляд, будем встречать уже знакомых по истории Орфиреуса персонажей. Они, естественно, говорят уже другим языком, носят другую одежду, но узнать их можно.



Глава вторая

УТВЕРЖДЕНИЕ ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ И КОНЕЦ ВЕЧНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПЕРВОГО РОДА

Пора чудес прошла,
И мы теперь должны искать причины
Всему, что совершается на свете.

Шекспир. «Генрих V»

2.1. Поиск общей причины неудач с ррт. «Закон сохранения силы»

Последние два века описанного в гл. 1 периода истории ррт (XVII и VIII вв.) характерны тем, что многие даже достаточно серьезные ученые верили в то, что вечный двигатель можно создать. Даже постоянные неудачи многочисленных изобретателей не могли поколебать их веру в ррт несмотря на труды Стевина, Галилея, Герике, Торричелли, Паскаля, Бойля, Ньютона и Лейбница, которые уверенно отрицали возможность его создания.

Теоретики иногда оказывались даже позади некоторых практиков, которых собственный опыт приводил к мысли о бесперспективности работы над ррт.

Подытоживая сложившуюся ситуацию, механик Я. Леупольд в сочинении «Театр машин» («Theatrum machinarum»), вышедшем в 1724 г., написал, что всегда на практике вместо perpetuum mobile получается perpetuum stabile (вечное равновесие, неподвижность).

Этот интересный феномен нельзя объяснить просто

тем, что ученые «меньшего калибра» были далеки от идей своих великих современников и предшественников и не понимали их. Главная причина находилась глубже. Дело было в том, что положение о невозможности ррт, которое высказывали ведущие физики и философы, не подкреплялось никаким *общим физическим законом*, действовавшим в *любой* области. Пользуясь частными законами — моментов сил или равновесия тел на наклонной плоскости, можно было показать неработоспособность конкретного механического ррт. Законы гидравлики тоже позволяли доказать, что такой-то определенный гидравлический двигатель действовать не будет. Однако сторонники ррт всегда могли возразить: «А я сделаю другой, который будет!» Все прошедшие неудачи за редкими исключениями (Леонардо, Стевин) связывались не с *принципиальной невозможностью* ррт, доказательств которой не было, а только с частными ошибками или недоработками, которые в дальнейшем, казалось, можно устранить. Дело мало менялось от того, что многие великие умы от Декарта до Ломоносова постепенно подготавливали фундамент *общего закона природы*, вообще запрещающего ррт. А пока всегда оставалась надежда «просочиться» в щель между частными законами, найти такие явления и конструкции, где они не действуют. Только *единый* закон, распространяющийся на *все* явления природы, мог создать сплошной научный фронт, непроницаемый для любого ррт-1. Таким законом стал в XIX в. закон сохранения энергии. Когда он утвердился, «доэнергетическая» физика кончилась и с ней пришел конец¹ вечному двигателю первого рода.

Становление закона сохранения энергии и самого понятия «энергия» проходило долго и с трудом. Борьба (именно борьба, и очень тяжелая) — за утверждение этого закона проходила по разным направлениям, но с непременным участием вечного двигателя.

В истории иногда наблюдаются парадоксальные ситуации, когда нечто не существующее (и даже не могущее существовать в принципе) оказывает существенное влияние на весьма реальные события. Интересный пример такого влияния — вечный двигатель. М. Планк

¹ Слово «конец» не означает, естественно, полного прекращения попыток создать ррт-1; но такие попытки уже лежат за пределами серьезных дел и связаны либо с недостаточной грамотностью, либо с чудачеством.

писал: «...поиски *perpetuum mobile* имели для физики столь же важное значение, какое имели для химии попытки искусственного получения золота, хотя в обоих случаях наука воспользовалась не положительными, а отрицательными результатами соответствующих опытов» [1.6].

Формирование представления об общем законе сохранения, управляющем всеми формами движения материи, началось очень давно. Уже у античных авторов можно найти мысль о неуничтожимости не только материи, но и ее движения. Римлянин Тит Лукреций Кар (95—55 гг. до н. э.) в знаменитой поэме «О природе вещей» писал:

«Из ничего не рождаются вещи,
Также не могут они, народившись,
в ничто обратиться».

И далее о движении мельчайших частиц материи:

«Материи плотные тельца
В вечном движении находятся,
Непобедимы годами.
Так и прочие вещи пламя дают, разогревшись
движеньем.

Становится мягким

Даже и шарик свинцовый, когда его долго катают».

Из этих строк видно, что древние понимали (конечно, в общих чертах), как механическое движение переходит в тепловое движение частиц тела.

Идея о некоторой постоянной силе, передаваемой от одного тела к другому, сохранилась и в средние века. В своеобразной форме ее отразил, например, средневековый философ Жан Буридан¹ (1300—1358 гг.). Он назвал такую силу *impetus* (натиск, напор) и выразил ее переход от одного тела к другому так: «В то время, как движущее движет движимое, оно запечатлевает в нем некую силу (*impetus*), способную двигать это движимое в том же направлении..., безразлично, будет ли это вверх, вниз, в сторону или по окружности». Несмотря на некоторую «ученую» тяжеловесность этой фразы, ее в принципе правильный смысл ясен.

О взглядах Леонардо да Винчи на сохранение движения мы уже упоминали раньше. Далее, начиная

¹ Тот самый, с именем которого связывают притчу о «буридановом осле», умирающем от голода между двумя одинаковыми стогами сена, расстояния до которых равны.

с XVI в., идея о сохранении движения (ограниченная, естественно, только механическим движением) и невозможности его возникновения из ничего (т. е. невозможности ppm-1) постепенно развивалась и укреплялась в сознании ведущих физиков. Предоставим слово им самим.

Д. Кардано (1501—1576 гг.): «Нельзя устроить часы, которые заводились бы сами собою и сами поднимали гири, движущие механизм».

Г. Галилей (1564—1642 гг.): «Машины не создают силу; они только ее превращают. Кто надеется на другое, тот ничего не понимает в механике».

Р. Декарт (1596—1650 гг.): «Я принимаю, что во всей созданной материи есть известное количество движения, которое никогда не увеличивается, не уменьшается, и, таким образом, если одно тело приводит в движение другое, то теряет столько своего движения, сколько его сообщает».

«Мне пришлось видеть много квадратур круга, вечных двигателей и разных других мнимых доказательств, которые оказались ложными».

Х. Гюйгенс (1629—1695 гг.): «И если бы изобретатели новых машин, напрасно пытающиеся построить вечный двигатель, пользовались этой моей гипотезой (о невозможности системы тел изменить положение своего центра тяжести без внешних сил. В. Б.), то они легко бы сами осознали свою ошибку и поняли бы, что такой двигатель нельзя построить механическими средствами».

И. Бернулли (1667—1748 гг.): «Ничтожная часть позитивной причины не может исчезнуть, не производя взамен такого действия, при помощи которого эта потеря может быть восстановлена. Таким образом, ничего из сил не исчезает, хотя бы по видимости такое исчезновение и имело место».

Г. Лейбниц (1646—1716 гг.): «Принцип равенства причины и следствия, т. е. принцип исключенного вечного двигателя — основа моего вычисления живой силы. Согласно этому принципу живая сила сохраняет свою неизменную тождественность».

В течение этих действий (поднятия груза на определенную высоту, сжатия пружины для сообщения определенной скорости) не происходит ни малейшей прибыли, ни малейшей убыли живой силы. Конечно, часть живой силы (этой частью никогда нельзя пренебрегать) погло-

щается неощутимыми частицами самого тела или других тел...

Мнение, которое я здесь защищаю, не основывается, конечно, на опытах по ударам тел, но на принципах, которые сообщают смысл самым опытам. Эти принципы позволяют высказывать суждения о случаях, еще не проверенных экспериментом. Единственный источник этих принципов есть равенство причины и следствия»¹.

М. В. Ломоносов (1711—1765 гг.): «Все перемены, в натуре случающиеся, такого суть состояния, что сколько чего у одного тела отнимется, столько присовокупится к другому, так ежели где убудет несколько материи, то умножится в другом месте. Сей всеобщий естественный закон простирается и в самые правила движения, ибо тело, движущее своей силой другое, столько же оной от себя теряет, сколько сообщает другому, которое от него движение получает»².

Две последние цитаты показывают, что у Лейбница и особенно у Ломоносова представления о законах сохранения приобретают наиболее обобщенный характер.

Важно еще отметить, что уже у Лейбница принцип сохранения выходит за пределы простого механического движения тел; он говорит и о «поглощении силы неощутимыми частицами тела», т. е. о *тепловой форме движения*. У Ломоносова эта мысль была развита еще дальше («Рассуждение о природе тепла и холода» — 1744 г.).

Ломоносов был противником господствовавшей в то время теории теплорода — некоей «невесомой материи», добавление которой в тело сообщало ему тепло. Он придерживался мнения, что теплота есть результат движения «нечувствительных частиц» (т. е., говоря современным языком, молекул). Из этого непосредственно следовало, что формулировка о сохранении движения распространяется и на тепловое движение. Закон сохранения энергии не мог утвердиться, пока теория теплорода не была отвергнута; пока он существовал, невозможно было объяснить переход механической работы в тепло; идея этого перехода была ясна и Лейбницу, и Ломоносову.

¹ Сравните латинскую пословицу: «Causa aequat effectum» (причина равна действию).

² Мы приводим цитату из Ломоносова, сохраняя выразительные особенности стиля и языка того времени, которые в остальных цитатах при переводе, к сожалению, теряются.

Интересно, что ломоносовскую кинетическую теорию тепла отвергли именно по этой причине даже в первой половине XIX в.

В солидном немецком физическом словаре Геллера упоминалось о теории тепла Ломоносова, но она критиковалась не за ее действительные недостатки (Ломоносов учитывал только вращательное движение молекул), а за ее главное достоинство — за то, что она опровергала теорию «теплорода».

Работы Лейбница и Ломоносова завершают первый период развития учения о законе сохранения энергии — его идейную подготовку. В течение этого периода сформировалось в основе правильное представление о «сохранении силы» и переходе ее от одного тела к другому и из механической формы в тепловую. Нужно было сделать следующий, решающий шаг: найти *количественные* связи между формами движения, измерить их и распространить на все известные его формы. Но это требовало не только постановки соответствующих экспериментов и правильного осмысления их результатов, но и в первую очередь ниспровержения теории теплорода, ставшей тормозом дальнейшего движения науки. Решить эту задачу удалось только в XIX в.; первыми были С. Карно, Р. Майер и Д. Джоуль. Именно их работы определили окончательное установление закона сохранения энергии.

Важную роль сыграло уточнение и разграничение учеными-механиками двух основополагающих понятий — *сила* и *работа*.

Термин «работа» впервые был введен французским ученым-механиком Ж. Понселе в 1826 г. («Курс механики в приложении к машинам»), чему предшествовало установление этого понятия (правда, под другими названиями — «сила», «действие», «момент действия», «механический эффект») как *меры производительности машин*. Им уже широко пользовались во второй половине XVIII в. Например, в курсе механики Котельникова (1774 г.) дано четкое определение величины «действия», впоследствии названного работой: «Действие махины или действующия посредством ея силы равно тягости, умноженной на пройденный ею путь».

Еще более общее представление о работе (когда направление силы не совпадает с направлением движения) содержится в книге французского инженера, ученого



Рис. 2.1. Лазар Карно

и политического деятеля Великой французской революции Лазара Карно¹.

В сочинении «Опыт о машинах вообще» (т. е. в курсе прикладной механики), вышедшем в 1783 г., он показал, что значение момента действия (т. е. работы) определяется произведением силы на путь и на косинус угла между ними.

После того как термин «работа» окончательно установился (в XIX в.), исчезла и двойственность понятия «сила». Теперь

под силой понималось только воздействие, вызывающее движение тела в определенном направлении.

Так или иначе, в механике «закон сохранения силы» (а затем работы) не подвергался сомнению среди серьезных ученых уже во второй половине XVIII в. Парижская Академия наук в 1775 г. приняла официальное постановление о том, что она «не будет рассматривать никакой машины, дающей вечное движение».

В литературе обычно это решение цитируется очень кратко. Между тем в части, относящейся к $\text{pr}m^2$, содержатся интересные мысли [2.7].

«...Создание вечного двигателя абсолютно невозможно: даже если трение и сопротивление среды не уменьшают длительности воздействия движущей силы, она не может произвести равного ей эффекта. Причина этого состоит в следующем: если мы хотим, чтобы эффект, производимый силой конечной величины, действовал

¹ Л. Карно (1753—1823 гг.) был чрезвычайно разносторонним человеком. Крупный математик и механик, член Парижской Академии наук; во время Французской революции проявил себя как военный организатор («организатор победы» революционных армий). С. Карно, один из основателей термодинамики, о котором мы в дальнейшем будем часто упоминать, — его старший сын.

² В нем шла также речь и о других неразрешимых задачах, но из области математики: квадратуре круга, удвоении куба и трисекции угла.

бесконечное время, необходимо, чтобы произведенный эффект был бесконечно мал.

Предположим, что тело, которому сообщили движение, при отсутствии трения и сопротивления способно сохранить это движение постоянно; но при этом не идет речь о других телах. Это вечное движение возможно было бы только в этих условиях (которые, впрочем, не могут существовать в природе); оно было бы совершенно бесполезно по отношению к другим объектам, предлагаемым обычно творцами вечного движения...» Здесь (правда, применительно только к механическому движению) закон сохранения «силы» и вытекающая из него невозможность вечного двигателя первого рода выражены совершенно четко. И далее:

«...Такой способ исследования, несомненно, дорого обходится; он уже разрушил много семей. Часты случаи, когда механик, который мог бы занять достойное место, растрачивал на это свою славу, время и талант. Таковы принципы, на которых основано решение Академии: постановляя, что она больше не будет заниматься этими вопросами, Академия заявляет о своем мнении о их бесполезности для сведения тех, кто будет ими заниматься.¹ Часто говорят, что, занимаясь химерическими проблемами, люди открывали полезные истины. Такая точка зрения была бы обоснованна в те времена, когда метод поиска истины был неизвестен во всех областях. В настоящее время, когда он извештен, наиболее верный способ поиска истины — искать ее».

Эта часть решения звучит и теперь вполне современно. Здесь указано не только на бесполезность занятий химерическими проектами и пагубность их для самих изобретателей. Обращено внимание на необходимость применять, говоря современным языком, *правильную методологию научного поиска*. Нынешним ученым изобретателям рртт неплохо было бы вдуматься в умные слова, сказанные французскими академиками более 200 лет назад.

При всей важности и дальновидности решения Парижской Академии в нем не упоминалось о других формах движения и особенно о тепловой; вопрос об их связи с механическим движением оставался открытым. Соответственно оставалась и «щель» для идеологии, разрешающей рртт. Блестящие прозрения Лейбница и Ломоносова имели общий, философский характер. Развитие техники (паровые машины и другие тепловые двигатели,

¹ Постановление Академии, несомненно, оказало влияние на умы людей, близко стоящих к науке, и сказалось на ее дальнейшем развитии. Что касается рядовых изобретателей рртт, далеких от науки, то они, как мы увидим из дальнейшего, еще долго продолжали свои поиски.

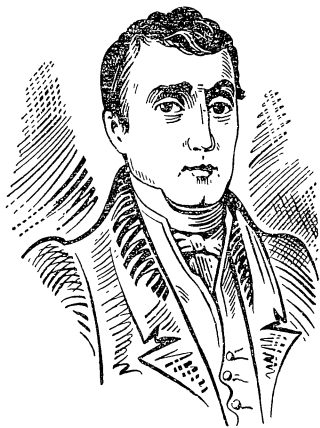


Рис. 2.2. Сади Карно

например машина Стирлинга [1.28, 1.29] требовало осмысления процессов превращения тепла в работу и работы в тепло, точного их количественного анализа.

Первым правильно поставил (и в основе решил) задачу определения теплового эквивалента работы французский военный инженер Николай Леонар Сади Карно (1796 — 1832 гг.), сын Л. Карно. Он опубликовал в 1824 г. ставшую впоследствии знаменитой небольшую книжку «Размышления о движущей силе огня и о

машинах, способных развивать эту силу» [1.13]. В ней С. Карно заложил основы не только теории тепловых машин, но и второго закона термодинамики. Мы еще вернемся к труду Карно в следующей главе, когда займемся ррт-2. Здесь же нас интересуют взгляды Карно на ррт-1 и его вклад в «закон сохранения силы», из которого вышел закон сохранения энергии — первый закон термодинамики.

О ррт С. Карно писал в своей книге:

«Если бы это было возможно, то стало бы бесполезно искать движущую силу в потоках воды и воздуха, в горючем материале; мы имели бы бесконечный источник, из которого могли бы бесконечно черпать». И далее: «...могут здесь спросить: если доказана невозможность ррт для чисто механических действий, то сохраняется ли это при употреблении тепла или электричества; но разве возможно для явлений тепла или электричества придумать какую иную причину, кроме какого-либо движения тел, и разве эти движения не должны подчиняться законам механики?».

Что касается «сохранения силы» при взаимных превращениях тепла и работы, то позиция С. Карно была четко сформулирована в его более поздних записях:

«Тепло — не что иное, как движущая сила или, вернее, движение, изменившее свой вид; это движение частиц тел возникает повсюду, где происходит уничтожение дви-

жушей силы. Обратно: всегда при исчезновении тепла возникает движущая сила.

Таким образом, можно высказать общее положение: движущая сила существует в природе в неизменном количестве; она, собственно, никогда не создается, никогда не уничтожается; в действительности она меняет форму, т. е. вызывает то один вид движения, то другой, но никогда не исчезает. По некоторым представлениям, которые у меня сложились относительно теории тепла, создание единицы движущей силы требует затраты 2,7 единицы тепла».

Если заменить во всем тексте слова «движущая сила» на «энергия», а в последней фразе — на «работа», то формулировка Карно целиком может быть помещена в современный учебник физики. Карно не только сформулировал здесь закон сохранения энергии, но *впервые дал числовой коэффициент для пересчета тепла в работу и наоборот*. Это был качественный скачок, переход на новый уровень знаний, значение которого нельзя переоценить. Дальше мы увидим, с каким трудом эти истины входили в сознание людей.

Насколько правильно С. Карно подсчитал тепловой эквивалент работы? Анри Пуанкаре в 1892 г. писал: «Можно ли яснее и точнее высказать закон сохранения энергии? Заметим также, что значение эквивалента, вычисленного Карно в 2,7 ккал на единицу работы, за которую он принимает 1000 кГм, соответствует 370 кГм/ккал, что недалеко от истины (427 кГм)...».

Однако открытие Карно осталось неизвестным его современникам; он не успел его опубликовать. В 1832 г. С. Карно умер, заболев холерой. Только в 1878 г. его брат опубликовал записки, в которых содержался цитированный отрывок, вместе со вторым изданием книги «О движущей силе огня».

Это открытие Карно не оказало влияния на дальнейшее развитие учения о сохранении энергии; главные события, связанные с его установлением, произошли позже — в 40-е и 50-е годы XIX в. Тем не менее приоритет С. Карно не подлежит сомнению.

Однако как основоположник закона сохранения энергии в историю вошел (с полным правом на это) другой человек, по существу «шедший вторым» — немецкий врач Роберт Майер (1814—1878 гг.). Он впервые опубликовал свой расчет механического эквивалента тепла



Рис. 2.3. Роберт Майер

в 1842 г. (полученная им цифра — 365 кГм/ккал — была немного менее точна, чем у Карно).

Р. Майер, как и многие другие первооткрыватели, принял на себя первые удары противников нового закона. Он понимал проблему энергетических превращений глубже и шире, чем его современники — физики, занятые той же задачей.

Это было и хорошо, и плохо. Хорошо потому, что (хотя и не сразу) дало возможность закону сохранения энергии утвердиться в наиболее общей форме. Плохо потому, что работы Майера в значительной степени именно по этой причине долго «не доходили» до его современников и не были оценены по достоинству. Он прожил дольше Карно, но судьба его тоже была трагичной.

Майер подошел к закону сохранения с несколько неожиданной для физиков биологической стороны: как и Дарвин, он получил первый толчок к своим идеям из наблюдений во время дальнего морского путешествия. Ему как судовому врачу приходилось делать хирургические операции; он обратил внимание на то, что у жителей острова Ява венозная кровь оказалась намного светлее, чем у европейцев. Майеру было известно, что выделяемое живым организмом тепло получается в результате окисления пищи кислородом (первыми это установили еще А. Лавуазье и П. Лаплас). Размышляя об этом, Майер совершенно правильно пришел к объяснению: в жарком климате организм отдает, а следовательно, и вырабатывает меньше тепла, чем на севере. Соответственно артериальная кровь, переходя в венозную, должна отдавать меньше кислорода (т. е. меньше темнеть).

Развивая эту мысль, Майер связал процесс окисления пищи не только с выделением тепла организмом, но и с работой, которую он производит. Следовательно, и тепло, и работа возникают из одного и того же источника — пищи. Поскольку Майер, так же как и Лейбниц,

исходил из принципа равенства причины и действия (*causa aequat effectum*), для него было очевидно, что теплота и работа могут взаимно превращаться. Более того, их количества при этом должны находиться в совершенно определенном соотношении.

При одном и том же количестве окисленной пищи сумма сил неизменна; сколько убавится работы, столько же прибавится теплоты (и наоборот). Оставалось только вычислить тепловой эквивалент работы.

Насколько далеко смотрел Майер, видно из таких, например, его строк:

«Изучать силу в ее *различных формах*, исследовать условия ее превращения (метаморфоз) — такова единственная задача физики, ибо *порождение* силы или ее *уничтожение* находится вне сферы мышления и действия человека.

Можно доказать *a priori* и во всех случаях подтвердить опытом, что различные силы могут превращаться одна в другую. В *действительности существует только одна-единственная сила*. Эта сила в вечной смене циркулирует как в мертвой, так и живой природе. Нигде нельзя найти ни одного процесса, где не было бы изменения силы со стороны ее формы».

Если учесть, что слово «сила» соответствует термину «энергия», то эта цитата звучит, как написанная сегодня.

Эти мысли Майера, которые нам представляются совершенно естественными и бесспорными, в то время (1840—1842 гг.) казались, как это ни странно, не только парадоксальными, но и просто неграмотными. Нельзя забывать, что в умах ученых еще господствовала теория теплорода — представление о некоторой невесомой жидкости, которая не возникала и не уничтожалась, а только переходила от одного тела к другому, а «падая» с более высокого температурного уровня на нижележащий, могла производить работу подобно воде, крутящей колесо. Майер, однако, писал о теплороде крайне непочтительно.

«Выскажем великую истину: никаких нематериальных материй не существует. Мы прекрасно сознаем, что ведем борьбу с укоренившимися и канонизированными крупнейшими авторитетами гипотезами, что мы хотим вместе с невесомыми жидкостями изгнать из учения о природе все, что осталось от богов Греции...».

Не менее крамольные «антитеплородные» мысли С. Карно об эквивалентности тепла и работы, записанные в его дневнике, тогда не были известны; мало кто знал и о высказываниях Лейбница и Ломоносова. Все трудности борьбы с учеными и неучеными противниками пришлось на долю Майера.

Нужно еще учесть, что он отзывался о глупостях в трудах многих оппонентов (в том числе и своих коллег — врачей) не без юмора, а это редко прощают.

В 1841 г. Майер направил первую работу об идее сохранения силы в физический журнал «*Annalen der Physik*». Однако редактор журнала Поггендорф отказался ее публиковать. В том же году Майер написал новую статью под названием «Замечания о силах неживой природы», которую удалось опубликовать в другом журнале — «*Annalen der Chemie und Pharmacie*». В ней уже не только четко ставился вопрос о механическом эквиваленте тепла, но и приводилось его значение, вычисленное по известным в то время данным для теплоемкостей воздуха при постоянном давлении c_p и постоянном объеме c_v . Поскольку воздух, расширяясь при постоянном давлении, производит работу, а нагреваясь при постоянном объеме, не производит ее, разность количеств теплоты, затраченной на нагрев, эквивалентна произведенной работе. Майер получил цифру 365 кГм/ккал. В дальнейшем в работе «Органическое движение и обмен веществ» он уточнил это значение, определив его равным 425 кГм/ккал (что близко к ее истинному значению — 427 кГм/ккал).

Майер писал и об электрических, и о химических силах, распространяя и на них закон сохранения.

Заслуги Майера перед наукой так и не были оценены его современниками. Сначала вызывали отпор сами идеи Майера, а потом, как это часто бывает, оспаривался его приоритет.

Враждебная атмосфера, окружавшая Майера¹, привела даже к попытке самоубийства (1850 г.) и душевному

¹ Характерно поведение того самого Поггендорфа, который не принял статью Майера в 1841 г. В биографическом словаре, выпущенном им в 1863 г., справка о Р. Майере заканчивалась так: «...кажется около 1858 г. умер в сумасшедшем доме». Но в конце книги сделано добавление: «Не умер..., но еще жив».

расстройству; около года (1852—1853 гг.) он провел в больнице. О его состоянии можно судить по словам: «Или весь мой метод мышления аномален и негоден, тогда мне подходящее место в доме умалишенных. Или меня награждают презрением и насмешками за открытие важных истин».

Только незадолго до смерти заслуги Майера были в какой-то степени признаны; большую роль в этом сыграли английский физик Дж. Тиндаль и немецкий —

Г. Гельмгольц. Уже после смерти Р. Майера в 1892 г. в г. Гейльбронне, где он родился, был воздвигнут памятник, а в 1893 г. было выпущено собрание его сочинений.

Оценивая вклад Р. Майера в науку, Ф. Энгельс писал в «Диалектике природы» о его революционизирующей роли: «Количественное постоянство движения было высказано уже Р. Декартом почти в тех же выражениях..., зато превращение форм движения открыто в 1842 г., и это, а не закон постоянства, есть как раз новое».

Судьба третьего основоположника закона сохранения энергии Д. Джоуля (1818—1889 гг.) не была столь тяжелой, как у С. Карно и Р. Майера. В отличие от склонного к философии и непочтительного к авторитетам Майера он был практичным англичанином, прочно стоявшим на ногах, и даже богобоязненным. Идейной основой закона сохранения живой силы (т. е. энергии) он считал положение, что человек не может уничтожить то, что создано богом, и, напротив, создать то, что бог не создал. Относительно начала действия этого закона Джоуль писал даже так: «Проявления живой силы на нашей планете такие же, какими они были с момента сотворения мира, или, во всяком случае, со времени потопа».

Результаты многолетних работ Джоуля были основаны на тщательно проведенных экспериментах, конк-



Рис. 2.4. Джеймс Джоуль

ретны, и спорить с ним было трудно¹. Джоуль работал над энергетическими превращениями с 1843 г. — более 30 лет; за это время он изучил самые различные энергетические преобразования. Он провел классические опыты по точному определению теплового эквивалента работы, вращая грузами мешалку воды в калориметре и измеряя повышение ее температуры (те самые «сотые градуса»). Уже в 1843 г. он вслед за Майером четко сформулировал закон сохранения для трех видов «живых сил» (т. е. энергии) — механических, тепловых и магнитоэлектрических.

Одновременно с русским физиком Э. Ленцем (1804—1865 гг.) и независимо от него он сформулировал закон, устанавливающий зависимость выделяемой в проводнике теплоты от силы тока и напряжения (закон Джоуля — Ленца). Джоуль провел исследования по всей цепи преобразований электроэнергии, начиная от гальванического элемента и кончая работой электромагнитных сил.

Заслуги Джоуля были увековечены присвоением его имени единице энергии — джоуль (Дж).

После опубликования работ Джоуля к середине XIX в. закон сохранения энергии (как тогда писали — «силы» или «движения») победил окончательно; дальше речь шла уже о расширении сферы его приложений, уточнении, установлении однозначной терминологии и, наконец, ознакомлении с ним сначала научных работников и инженеров, а затем и всех образованных людей. Доведение этой работы до конца означало и конец ррт-1. Основополагающий вклад в эту работу сделали Г. Гельмгольц (1821—1894 гг.), У. Томсон-Кельвин (1824—1907 гг.), У. Ренкин (1820—1872 гг.) и Р. Клаузиус (1822—1888 гг.). Все попытки опровергнуть или ограничить закон сохранения энергии были обречены на неудачу. Однако для окончательного утверждения и распространения, превращения его в общепринятый фундаментальный закон было необходимо провести то самое установление точных понятий и терминов, о котором говорилось выше. Ведь даже слова «энергия» в первоначальной формулировке закона не было.

¹ Но и здесь не обошлось без ученых оппонентов. Один из членов Королевского общества заявил после доклада Джоуля, что не доверяет ему, поскольку «у него нет ничего большего за душой, чем сотые доли градуса».

2.2. Утверждение закона сохранения энергии. Революция в понятиях и терминах

В предисловии к английскому изданию «Капитала» Ф. Энгельс писал: «В науке каждая новая точка зрения влечет за собой революцию в ее технических терминах» [1.4].

Естественно, что такое событие, как установление радикально новой точки зрения на энергетические превращения, не могло не вызвать и революцию в терминах. Но дело было настолько серьезным, что не могло ограничиться только терминами; упорядочению терминов должно было предшествовать упорядочение понятий. Об этом хорошо в свое время сказал А. Лавуазье, считавший, что каждая наука состоит из ряда фактов, представлений о них (т. е. понятий) и слов, их выражающих (т. е. терминов). Действительно, даже в работах Г. Гельмгольца, не говоря уже о Майере и Джоуле, отсутствовали такие привычные для нас термины, как «энергия» и «работа»; понятия «сила» и «теплота» использовались совсем не в том смысле, который соответствует их однозначной научной трактовке.

В начальной стадии формирования нового закона некоторая расплывчатость в понятиях и терминах вполне естественна; но по мере расширения сферы его применения любая нечеткость в них становится тормозящим фактором. Без ее устранения закон сохранения энергии не мог бы стать всеобщим достоянием и исправно «работать» во всех областях науки и техники.

Усиленное внимание, которое уделяется в науке правильной и четкой терминологии, может вызвать недоумение. Многие, в том числе весьма образованные люди, считают излишней скрупулезностью «вылизывание и шлифовку» терминов, рассуждая примерно так: «Какая в конце концов разница, как назвать ту или другую вещь или понятие. Каждый, кто имеет с ними дело, знает, что это такое. Не зря мудрая народная пословица говорит: «Хоть горшком назови, только в печь не ставь». Важно дело, а не слова».

Такая «философия» даже применительно к обыденной жизни может привести к неприятностям, не говоря уже о науке. Дальше мы увидим на конкретных примерах, относящихся к ррт, к каким последствиям может привести неточная трактовка некоторых энергетических терминов, в частности терминов «теплота», КПД (коэффициент полезного действия), «окружающая среда», «замкнутая система»

и других. Поэтому в дальнейшем мы будем очень внимательно относиться к терминам, выделяя там, где необходимо, место для их подробного разбора.

Применительно к закону, установленному С. Карно, Р. Майером и Д. Джоулем, необходимо остановиться на двух основополагающих понятиях, связанных с терминами «энергия» и «теплота» (или «тепло»), а также несколько расширить представление о понятии, относящемся к термину «работа». Без этого дальнейший разбор вопроса о вечном двигателе достаточно полно провести нельзя.

Начнем с понятия «энергия». Впервые оно появилось еще у Аристотеля как обозначение некоего деятельного начала; но оно имело тогда чисто философское значение и никакие количественные оценки здесь не предполагались.

Ввел этот термин в физику и придал ему точный смысл английский механик Т. Юнг (1773—1829 гг.) в «Лекциях по естественной философии» (1807 г.). Это было сделано им применительно к «живой силе» (произведению массы тела на квадрат его скорости), т. е. только к механическому движению; но первый шаг к широкому использованию термина состоялся.

В дальнейшем, после работ основоположников закона сохранения, общий термин «энергия» стал постепенно вытеснять в литературе все другие как единственный для обозначения общей меры движения материи. Особенно большую роль тут сыграли уже упоминавшиеся У. Ренкин и У. Томсон-Кельвин.

Соответственно все законы сохранения движения независимо от того, в какой форме они проявлялись — механической, тепловой, электромагнитной, химической или биологической, стали частными случаями общего фундаментального закона природы — *закона сохранения энергии*.

После этого уточнились и приобрели однозначный смысл понятия «работа» и «теплота» («тепло»). Если термин «работа», как мы уже говорили, сравнительно быстро приобрел четкий смысл¹, то термин «теплота» долго сохранял остатки влияния теории «теплорода». Жи-

¹ Это было совершенно естественно, так как он перешел из механики, где его точное значение было установлено еще в конце XVIII в.

вучесть этого влияния (как и многих других старых представлений) оказалась просто необычайной. До сих пор сохранились такие термины, перешедшие из XVIII в., как «теплоемкость», «теплопередача», «тепловой резервуар», «тепловой аккумулятор»; совсем недавно еще употреблялся термин «теплосодержание», замененный на «энтальпию». Все они связаны с теплотой, как с чем-то *содержащимся* в теле, т.е. по существу с «теплородом». Замена теории теплорода на «механическую теорию тепла» не изменила вначале этой терминологии. Энергию хаотического движения молекул тела, связанную с его температурой, по инерции продолжали называть теплотой, хотя это нечто совсем иное — часть внутренней энергии тела.

Чтобы исключить ошибки при анализе энергетических преобразований, нужно совершенно четко представлять разницу между внутренней энергией, *содержащейся* в каком-либо теле, и энергией, *подводимой* к нему (или *отводимой* от него). Энергия второго вида существует только тогда, когда *передается* от одного тела к другому. Передача энергии может происходить в двух формах: *теплоты* и *работы*. Таким образом, общность теплоты и работы определяется тем, что они представляют собой количественную меру *передаваемой* энергии. Но между ними есть и существенная разница. Работа — это передача энергии в организованной форме, при которой каждая частица совершает движение (если не считать колебаний) по определенной траектории¹. Если, например, происходит передача механической энергии посредством пары зубчатых колес, то каждая молекула как ведущей, так и ведомой шестерни совершает движение, связанное с этой системой, строго по окружностям. Если с помощью ворота поднимается груз, то все его частицы двигаются по прямым, и т. д.

Напротив, передача энергии в форме теплоты совершается хаотическим движением частиц. При контакте двух тел с разными температурами молекулы тела, имеющего более высокую температуру, «раскачивают» молекулы более холодного тела так, что средняя скорость первых уменьшается, а вторых увеличивается. В резуль-

¹ В общем случае работа может быть не только механической, но и электрической, магнитной и т. д. Однако все, что сказано об упорядоченном движении частиц, относится и к ним.

тате определенное количество энергии передается от первого тела ко второму.

Таким образом, и теплота, и работа — это энергия *в передаче, в переходе*. Если процесса перехода нет — нет ни теплоты, ни работы. Они существуют *только в процессе передачи от одного тела к другому*, но не могут «содержаться» в них. То, что теплота переходит от одного тела к другому, вовсе не означает, что она сначала *содержалась* в одном, а потом стала *содержаться* в другом теле. Просто внутренняя энергия тела, к которому была подведена теплота, выросла, а того, от которого теплота была отведена, соответственно снизилась. Превращение работы в теплоту означает, следовательно, что система, получившая энергию в форме работы от какого-либо тела, превращает его сначала во внутреннюю энергию, а затем отдает ее другому телу в форме теплоты. Так, затрачивая механическую работу на вращение мешалки, погруженной в жидкость, мы увеличиваем внутреннюю энергию этой жидкости: она нагревается, так как получает энергию в *форме работы*. Затем, давая жидкости охладиться до прежней температуры, мы можем отвести эту энергию в *форме теплоты*.

Примерно таким образом граф Румфорд в 1799 г. проводил свой знаменитый опыт, показывающий превращение работы в теплоту при сверлении пушек. Энергия, подводимая в форме механической работы вращения сверла, отводилась водой, которая при этом нагревалась от температуры T_1 до температуры T_2 ($T_2 > T_1$). Внутренняя энергия воды (обозначим ее U) возрастала при этом от U_1 до U_2 . Затем вода остывала снова до температуры T_1 , отдавая энергию в форме теплоты Q окружающей среде. Если охладить воду до прежней температуры, то ее внутренняя энергия остается такой же, как и вначале; количества теплоты Q и работы L будут равны. Если же охладить воду до какой-либо промежуточной температуры T_3 , более высокой, чем T_1 , то количество отводимой теплоты будет меньше, так как часть подведенной энергии остается в виде прироста ΔU внутренней энергии воды.

Таким образом, закон сохранения энергии будет выражаться классической формулой, связывающей теплоту и работу:

$$L = Q + \Delta U. \quad (2.1)$$

Затраченная работа может как идти на увеличение внутренней энергии тела ΔU , так и отводиться в виде теплоты Q . Если $\Delta U=0$, то $Q=L$. Формула (2.1) и выражала закон сохранения энергии в его наиболее простой форме. Возникла и наука, которая специально рассматривала взаимные превращения теплоты и работы, — *термодинамика*¹.

Термодинамика в начале своего развития рассматривалась только как наука о взаимных превращениях теплоты и работы². По мере дальнейшего развития термодинамики она постепенно охватывала и другие энергетические превращения, связанные с электрическими, магнитными, химическими, а также квантовыми явлениями. Соответственно расширялись и понятия работы L и внутренней энергии U . Таким образом, сфера действия первого закона термодинамики охватила по существу все области энергетических превращений и стала соответствовать по своему содержанию закону сохранения энергии.

Поэтому в дальнейшем мы будем использовать термин «первый закон термодинамики» как синоним термина «закон сохранения энергии». Так будет удобнее в дальнейшем при рассмотрении второго закона термодинамики и сопоставлении его с первым.

Изложим коротко некоторые формулировки и положения, связанные с первым законом термодинамики, которые понадобятся в дальнейшем при анализе новых ррт.

Существует целый ряд одинаково правильных формулировок первого закона термодинамики. Нам важно выбрать из них такую, которая в наибольшей степени была бы удобна для разоблачения ррт-1. С этой точки зрения, казалось бы, наиболее подходит самая близкая к нашей теме: «Вечный двигатель первого рода невозможен». Однако при всей четкости и категоричности такой формулировки она не говорит о том, как определить, что то или иное устройство именно и есть вечный двигатель. Ведь прежде, чем запретить, нужно знать что запретить!

¹ От двух греческих слов: «термо» — теплота и «динамос» — сила (вспомним, что «силой» в то время называли то, что мы называем «энергия»).

² Термин «первое начало (основной закон) термодинамики» как принцип эквивалентности теплоты и работы ввел Р. Клаузиус в 1850 г.

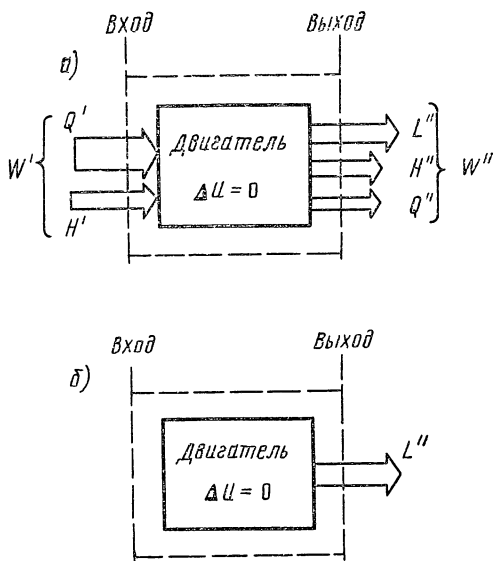


Рис 2.5. Энергетический баланс системы:

а — реальный двигатель; б — ррт-1

Поэтому более удобна другая формулировка: «При любых превращениях в системе ¹ входящий в нее поток энергии всегда равен выходящему». Об этом хорошо сказано в «Фейнмановских лекциях по физике»: «...можно взять какое-то число и спокойно следить, как природа будет выкидывать любые свои трюки, а потом опять подсчитать это число — и оно останется прежним». Здесь «число» — это значение энергии. Для того чтобы определить, существует такое равенство или нет², нужно составить энергетический баланс — подсчитать все потоки входящей энергии (обозначим их знаком ' — вход) и выходящей (обозначим их знаком '' — выход). Чтобы не ошибиться и не пропустить какой-нибудь из них, окружим наш двигатель воображаемой оболочкой — контрольной поверхностью (она показана на рис. 2.5, а штриховой линией). Потоки энергии обозначены стрелками. На входе в общем случае это может быть поток теплоты Q' и поток энергии, которую вносит входящее вещество (например,

¹ Речь, разумеется, идет о такой системе, параметры которой в ходе процесса не меняются. В нашем случае это означает, что энергия внутри нее не накапливается и не расходуется.

² Если равенства нет, можно выносить приговор: перед нами ррт-1, он жить не будет.

пар, вода, топливо и т. д.). Энергия в потоке вещества обозначается буквой H . На выходе нужно учесть выходящую теплоту Q'' , поток энергии, выносимый отработавшим веществом H'' , и, наконец, работу L'' . Первый закон утверждает, что входящая энергия W' , т. е. сумма $Q' + H'$, *обязательно* должна быть равна выходящей W'' , т. е. сумме $Q'' + H'' + L''$ (если, конечно, внутри двигателя энергия не накапливается и не расходуется, $\Delta U = 0$):

$$W' = Q' + H' = Q'' + H'' + L'' = W''. \quad (2.2)$$

Поскольку по первому закону все виды энергии эквивалентны, легко подсчитать значения каждой из этих величин в одних и тех же единицах (калориях, джоулях или киловатт-часах).

Из уравнения (2.2) следует, что отводимая работа в точности равна сумме изменений энергии рабочего тела и теплоты:

$$L'' = (Q' - Q'') + (H' - H''). \quad (2.3)$$

Подсчитав их, мы найдем работу двигателя, равную L'' .

Из первого закона термодинамики следует, что получаемая работа не может быть ни *меньше*, ни *больше* L'' .

Первый случай ($W' > W''$) нас здесь не интересует, хотя он — тоже нарушение закона сохранения (энергия исчезает), но второй (энергия берется «ниоткуда») как раз и соответствует ррт-1. Такое устройство существовать не может.

Мы взяли для анализа общий, сложный случай — с теплотой и потоком вещества (в дальнейшем он понадобится тоже). Однако все рассмотренные в гл. 1 двигатели проще — они не связаны ни с тем, ни с другим¹. Для них уравнения (2.2) или (2.3) будут выглядеть более просто, так как $Q = 0$ и $H = 0$, а следовательно, и $W' = 0$. Тогда и

$$W'' = L'' = 0, \quad (2.4)$$

и работа этих устройств должна быть равна нулю. Если же изобретатель утверждает, что $L \neq 0$, то это будет только воображаемое, в реальности не могущее действовать устройство, противоречащее условию (2.4), т. е. ррт-1 (рис. 2.5, б).

Таким образом, первый закон термодинамики позволяет не вникать в детали устройства для того, чтобы определить — будет двигатель работать или нет. Нужно просто «заклЮчить» его внутрь контрольной поверхности и подсчитать, сколько всего входит энергии (W') и сколько выходит (W''), и если выходит больше, чем входит ($W'' > W'$), то дискуссия закончена. Налицо нарушение закона природы: получение энергии из ничего. Вечный двигатель первого рода невозможен.

¹ Циркулирующее внутри рабочее тело (например, вода) не учитывается, так как оно не проходит через контрольную поверхность.

Естественно, что все, о чем говорилось выше, относится к любой технической или биологической системе: выходящая за определенный отрезок времени энергия W'' должна быть равна входящей W' . В каждую из них, разумеется, нужно включить все потоки энергии независимо от их вида. Кроме того, в общем случае нужно учесть и накопление (или расходование) внутренних запасов энергии ΔU :

$$W'' = W' - \Delta U. \quad (2.5)$$

Сказанное можно пояснить простым примером. Возьмем такую биологическую систему, как медведь. Осенью он поглощает с пищей ($H' = W'$) большее количество энергии, чем расходует (с теплотой Q'' и работой L''). Поэтому он накапливает с жировыми запасами энергию ΔU . Следовательно, осенью его энергетический баланс активный: $W'_{ос} = H'_{ос} > W''_{ос} = L''_{ос} + Q''_{ос}$. Однако зимой, во время спячки в берлоге, он вообще не получает энергию извне ($W'_3 = 0$); расход энергии включает работу L''_3 (на дыхание, изменение позы и сосание лапы — он очень мал) и теплоту Q''_3 для поддержания микроклимата в берлоге. Весь этот расход энергии $W''_3 = L''_3 + Q''_3$ компенсируется уменьшением ее запасов ΔU . Следовательно, энергетический баланс для этого периода будет иметь вид $0 = W''_3 + \Delta U_3$ или $Q''_3 + L''_3 = -\Delta U_3$. Чтобы он соблюдался, величина ΔU_3 должна быть отрицательной: запас внутренней энергии будет уменьшаться.

Первое начало термодинамики представляет собой мощное средство как научного познания природы, так и создания «второй природы» — техники. Для уже существующих систем оно позволяет проверить правильность любых теорий или результатов экспериментов, связанных с энергетикой. Если баланс по теории или по измерениям не сходится, значит, где-то допущена ошибка. Для вновь изобретенных систем проверка их энергетического баланса обязательна. Если $W' \neq \Delta U + W''$, то *система существовать не может*. При $W' > \Delta U + W''$ энергия в ней «уничтожается», а при $W' < \Delta U + W''$ — «возникает» из ничего (ppm-1). Первый закон показывает, что все это абсолютно невозможно, или, как иногда говорят, *запрещено*.

Казалось бы, полное и безоговорочное утверждение закона сохранения энергии и его все более широкая популяризация должны были привести к сокращению потока вновь изобретаемых ppm-1. К тому же «его величество пар» снял на долгое время проблему универсального двигателя. Однако существенного влияния на большинство изобретателей ppm-1 все это до конца первой четверти XX в. не оказало. Штурм неразрешимой задачи продолжался.

2.3. Последние вечные двигатели первого рода

Приведем для начала некоторые статистические данные по ppm-1 , относящиеся к интересующему нас периоду. Естественно, они носят отрывочный характер, но все же достаточно показательны.

По данным Британского патентного бюро за время с 1617 г. (год начала выдачи патентов) по 1903 г. было подано более 600 заявок на ppm-1 . Но из них только 25 относятся ко времени до 1850 г.; все остальные были поданы позже¹. Аналогичная картина наблюдалась и в других странах. Выходит, что как раз тогда, когда наука внесла в вопрос о ppm-1 полную ясность, произошла вспышка интереса к ppm-1 .

Этот очередной парадокс с вечным двигателем объясняется просто. Мы уже видели, какое ожесточенное сопротивление идеи Майера и Джоуля встретили в научных кругах. Что же говорить об инженерах и других технических специалистах, и тем более о любителях, совсем далеких от науки?

Процесс распространения, внедрения и освоения новых представлений об энергии был довольно длительным. Ведь даже точные понятия об энергии, теплоте, работе и связанных с ними величинах окончательно установились только к середине XX в.² Даже к этому времени волна изобретений ppm-1 еще не сошла на нет (и вместе с тем поднялась новая — пошли изобретения ppm-2 ; об этом — дальше³).

Вернемся, однако, к изобретателям ppm второй половины XIX и начала XX в.³ Среди них были и честные энтузиасты, и проходимцы, не уступавшие самому Орфиреусу. Если говорить о тех, кто вполне искренне верил в возможность ppm-1 и работал над ним, то большинство их творений удивительно напоминает то, что уже было

¹ Есть еще интересные данные за 1897—1903 гг. о распределении авторов заявок, сделанных в Британии, по странам. Из 31 заявки 10 были из Англии, 8 — из США, 5 — из Германии, 3 — из Франции, 2 — из Австрии и по одной из Бельгии, России и Италии.

² Даже сейчас в некоторых книгах можно встретить неточную (а даже просто неверную) трактовку этих фундаментальных понятий.

³ С. Михал [2.6] сообщает, что в Пражское управление по делам изобретений и открытий в 1970—1973 гг. поступало ежегодно до 50 проектов ppm .



Рис. 2.6. ррт-1 с перекатывающимися шарами

изобретено раньше. Но есть и плоды новых веяний, связанных, главным образом, с электричеством.

Во всех случаях изобретатели, как и их средневековые предшественники, непоколебимо верили в успех своих разработок. Об этом свидетельствует хотя бы то, что на многих из них были предусмотрены тормоза, чтобы двигатель не разнесло при слишком больших оборотах.

Подробно описывать большую часть изобретений ррт-1, повторяющих уже известные идеи, нет смысла. Приведем для примера только четыре их образца.

На рис. 2.6 показан двигатель, предложенный одним московским изобретателем, имя которого осталось неизвестным. Автор изготовил даже модель, которая представляла собой колесо диаметром около одного метра со спиральным каналом. В канале находились пять тяжелых шариков; шестой, провалившись в отверстие, имеющееся у края колеса, перекатывался по специальному изогнутому ходу под спиральным каналом к отверстию в центре. Отсюда он попадал в начало — «центр» спирального канала, а в это время падал в изогнутый канал другой шарик. Изобретатель считал, что пять шариков, находясь слева от центра вращения колеса, перевесят один, находящийся справа, и колесо будет вертеться в направлении, указанном стрелкой. Но он не учел того, что хорошо знал уже в XVII в. Джон Уилкинс, епископ Честерский. Дело не только в весе шаров, но и в расстоянии их от верти-

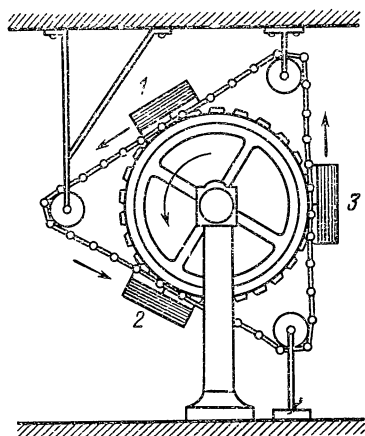


Рис. 2.7. Вечный двигатель
К. Кайля

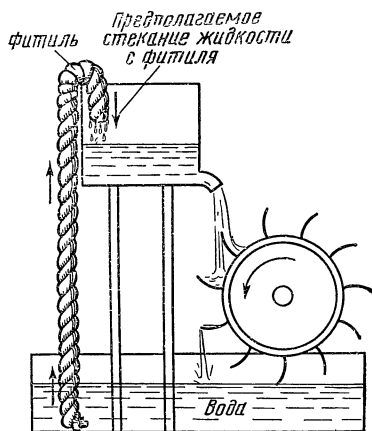


Рис. 2.8. Капиллярно-фитиль-
ный вечный двигатель

кальной линии, проходящей через центр вращения. Поэтому один шар, находящийся справа, но дальше от нее, уравновесит четыре шара, находящиеся слева: моменты сил у них неизбежно будут одинаковы, а колесо останется неподвижным.

Вторым примером ррт-1 тоже гравитационного типа может служить двигатель машиниста из Эстонии К. Кайля, относящийся примерно к тому же времени, что и предыдущий. Его идея ясна из рис. 2.7. Два груза слева (1 и 2) должны перетянуть один — тот, который расположен справа (3), и привести в движение зубчатое колесо. То, что устройство не сдвинется с места, очевидно; это, как мы отметили в гл. 1, показал уже Стевин.

Третий пример (рис. 2.8) относится к концу XIX в.; этот двигатель тоже повторяет старую «капиллярно-фитильную» идею. Жидкость под действием сил поверхностного натяжения поднимется по фитилю, но эти же силы не дадут ей стекать в верхний резервуар.

Наконец, на рис. 2.9 показан гидравлический (поплавковый) двигатель, который был предложен американцем Г. Готцем. Двухколенная трубка круглого сечения заполнена двумя несмешивающимися жидкостями разной плотности (например, ртутью и водой). Трубы заполнены шарами, плотность которых такова, что они всплывают

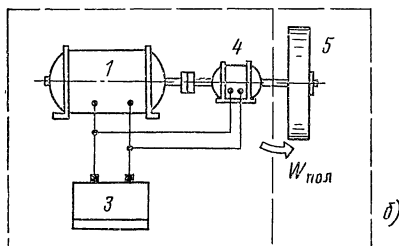
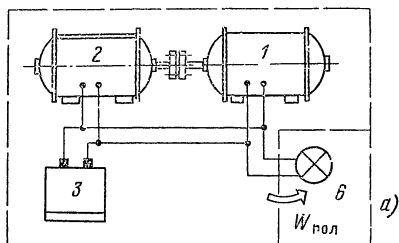
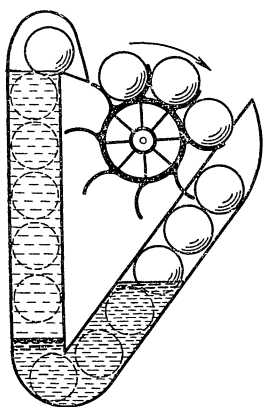


Рис. 2.9. Гидравлический двухжидкостный вечный двигатель Г. Готца

Рис. 2.10. Схема двух вариантов электрического ррт:

а — чисто электрический двигатель; *б* — электромеханический двигатель; 1 — электрогенератор постоянного тока; 2 — электродвигатель; 3 — электрический аккумулятор; 4 — стартовый двигатель; 5 — маховик; 6 — полезная нагрузка

даже в более легкой жидкости. По мысли автора шары в правом колене будут постоянно (под действием веса тех трех шаров, которые находятся над жидкостью) проталкиваться в левое колено трубы и там всплывать. Очередной всплывший в левом колене шар должен сваливаться на колесо, приводя его в движение своим весом, и возвращаться в правое колено.

Из этой идеи опять, естественно, ничего не получится, так как тяжелая жидкость, несмотря на то что ее уровень ниже, выталкивает шары с той же архимедовой силой, с которой это делает легкая жидкость. В обоих коленах уровни жидкости автоматически (как будто они знают закон сохранения энергии) установятся так, чтобы эти силы сравнялись, и устройство не работало.

Разбор разных вариантов механических и гидравлических ррт-1, предложенных после установления закона сохранения энергии, можно продолжить. Анализ таких

изобретений — хорошая тренировка в умении находить и применять соответствующие физические законы. Читателям, интересующимся другими вариантами этих устройств, можно обратиться к соответствующей литературе [2.1—2.6].

Мы перейдем к другим ррт-1, больше соответствующим духу времени по использованным в них силам. На первый взгляд они вносят новую, живую струю в идейную основу ррт-1.

Действительно, электрические и электрохимические явления, которые в них используются вместо шаров, колес, поплавков и фитилей, создают впечатление некоторой новизны. Но, увы, и здесь в основе все остается на том же уровне. Рассмотрим два таких новых проекта (другие в том или ином виде представляют их модификации). Имен многочисленных авторов этих изобретений можно не упоминать: борьба за приоритет здесь не имеет практического смысла.

На рис. 2.10 показан в двух вариантах электромеханический ррт-1. Идея его до гениальности проста. На одном общем валу установлены двигатель постоянного тока и электрогенератор (тоже постоянного тока), соединенные проводами с аккумулятором и потребителем вырабатываемой электроэнергии.

Для пуска системы в ход нужно предварительно зарядить аккумулятор. Далее следует запустить от него электродвигатель. Двигатель будет крутить генератор, который вырабатывает не только нужную потребителю энергию, но и ту, которая необходима электромотору. Аккумулятор будет играть роль буферной энергетической системы. Если потребитель будет брать больше, чем вырабатывает генератор (за вычетом энергии, нужной для электромотора), то он будет отдавать энергию. Напротив, если потребитель будет брать меньше, то энергия накопится в аккумуляторе.

Совершенно очевидно, что генератор даже в идеальном случае выработает ровно столько энергии, сколько возьмет электромотор; в реальных условиях его мощности не хватит даже и на это. Запущенная система, израсходовав энергию, запасенную аккумулятором из внешнего источника, неизбежно остановится. Она не сможет даже обеспечить сама себя, не говоря уже об отдаче энергии потребителю. Второй вариант отличается только тем, что вместо электрического аккумулятора энергии

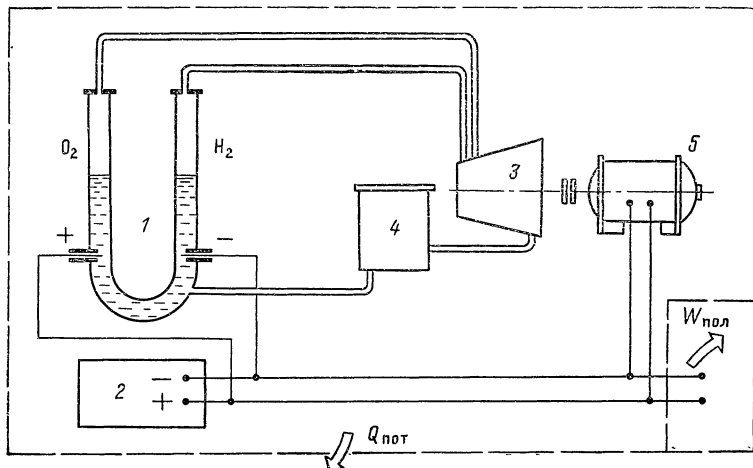


Рис. 2.11. Электрохимический ррт:

1 — U-образная трубка с электродами (электролизер воды); 2 — аккумулятор;
3 — газовая турбина; 4 — сборник конденсата; 5 — электрогенератор

использован механический — тяжелый маховик. Его нужно предварительно раскрутить, чтобы двигатель заработал. Конечный результат, естественно, будет тем же: израсходовав энергию маховика на трение и электрические потери, двигатель остановится. Если составить энергетический баланс такой машины, он будет иметь очень простой вид: $0 = W''$. Полезная энергия W'' отводится, но внутрь через контрольную поверхность ничего не поступает: $W' = 0$. Первый закон термодинамики не соблюдается. Если учесть трение и электрические потери, отводимые в виде теплоты Q'' , то уравнение примет вид $0 = Q'' + W''$. Чтобы это равенство соблюдалось, W'' должно быть отрицательным. Другими словами, чтобы этот «двигатель» работал, его нужно крутить извне!

В электрохимическом ррт, показанном на рис. 2.11, использована та же идея — «сам себя обеспечиваю, а избыток отдаю», что и в электромеханическом ррт.

При начале работы система запускается от аккумулятора. Вода разлагается электрическим током на водород и кислород, которые подаются в газовую турбину. Здесь они реагируют (водород сгорает в кислороде), и горячие газы крутят турбину. Турбина приводит в действие электрогенератор, вырабатывающий электроэнергию, идущую

по трем адресам: к внешнему потребителю, на разложение воды и, наконец, на подзарядку аккумулятора, нужного как для запуска, так и в качестве буферной электрической емкости. Отработавший в турбине пар конденсируется в воду, которая возвращается в электролизер; цикл замыкается.

Здесь все хорошо и правильно, кроме одной, но решающей детали: в самом идеальном случае генератор сможет выработать лишь столько энергии, сколько потребляет электролизер, и ни на джоуль больше. В реальных условиях этой энергии не хватит, чтобы разложить всю воду. Поэтому запущенная установка, израсходовав энергию аккумулятора на получение при старте порций O_2 и H_2 , неизбежно остановится. Свести энергетический баланс здесь будет так же невозможно, как и в электромеханическом ррт.

Подводя итоги рассмотрению самых разных моделей ррт-1, можно сделать вывод, что все они в конечном счете основаны на принципе «произвожу нечто из ничего». Это «нечто» — работа, которую пытались получить изобретатели ррт-1, неизбежно оборачивалась ничем. Двигателю обязательно нужна была энергетическая «подпитка».

Изобретатели типа Орфиреуса в конце концов поняли это и прибегли к постороннему источнику энергии, чтобы их ррт-1 делали работу. У Орфиреуса использовался «биологический привод» (служанка или брат); его последователи не ограничились этим. Некоторые из них пошли дальше.

Вспомним здесь двух из них.

Чарльз Рэдгофер, американец, начал свою карьеру в Филадельфии, где показывал вечный двигатель, приводивший в движение точильный камень. За вход он брал с мужчин солидную плату — 5 долларов, зато женщин пускал бесплатно. Когда городской совет Филадельфии заинтересовался его деятельностью, он счел за благо перебраться в Нью-Йорк, где продолжил с 1813 г. демонстрацию своего двигателя.

Идея машины была не нова — те же грузы и то же колесо, в котором они перекатывались. Это был «обычный» гравитационный ррт-1 с наклонными перегородками и шарами. Рэдгофер исправно собирал доллары с доверчивой публики. Все шло хорошо, поскольку было трудно рассчитывать в то время на появление среди зрителей

в таком городе, как Нью-Йорк, человека, достаточно научно подготовленного для того, чтобы разоблачить изобретателя.

Но Рэдгоферу фатально не повезло. Надо же было так случиться, что его аттракцион посетил не кто иной, как Роберт Фултон, изобретатель и конструктор первого действующего парохода. Примечательно, что он не хотел идти смотреть машину Рэдгофера, и друзья затащили его туда почти силой.

Известно, что Фултон был не только одним из самых образованных и квалифицированных инженеров своего времени, но и очень решительным человеком. По неравномерности движения колеса он сразу понял, в чем дело. Не долго думая, он публично объявил Рэдгофера мошенником и сразу же приступил к делу — стал разбирать кожух сбоку колеса, чтобы найти, почему оно крутится. Изобретатель пытался протестовать, но Фултон сразу заявил, что заплатит за нанесенный ущерб. Тем самым он не только вызвал интерес и поддержку публики, но и подвел под свои действия некоторую, по американским понятиям вполне достаточную, юридическую базу. Рэдгофер уже не мог его остановить. Был найден скрытый ременный привод, проходивший сквозь стену и потолок на чердак. Когда толпа ворвалась в комнатку, находившуюся на чердаке, то увидела пожилого мужчину с длинной бородой, который жевал хлеб и вращал рукоятку. Вся «цепочка энергетических превращений», таким образом, была раскрыта, и бедный изобретатель тут же на месте был наказан зрителями.

Рэдгофер все же выглядит примитивным жуликом по сравнению с другим американцем — Джоном Кили, работавшим над rrm-1 позже — уже во второй половине XIX в. Здесь не только уровень техники намного выше, но и размах финансовой деятельности не идет ни в какое сравнение с жалкой лавочкой Рэдгофера. Кили поставил дело с истинно американской предприимчивостью¹.

Джон Кили (1837—1898 гг.) происходил тоже из Филадельфии. Он был плотником и до тридцатипятилетнего возраста никак не проявлял себя в области наук. Более того, данных о том, что он получил какое-либо образование, нет. Однако через год многим читателям газет ста-

¹ Подробно история Д. Кили изложена А. Орд-Хьюмом [2.5]. Здесь мы ограничимся только кратким описанием.

ло известно, что он открыл некую «эфирную силу», которую можно получить «расщеплением» обыкновенной воды. Надо только организовать производство соответствующих двигателей и тогда, используя небольшое количество воды, можно будет получать огромные количества энергии. На выставке, специально устроенной для этой цели в его родном городе Филадельфии, Кили демонстрировал свой вечный двигатель, работающий на этой «эфирной силе». Он быстро нашел среди крупных промышленных воротил людей, желающих вложить часть своих капиталов в разработку этой энергетической жилы, сулящей огромные прибыли. Была создана «Компания по производству моторов Кили» с капиталом в 5 млн. долларов. Доверие акционеров поддерживалось не только учеными речами, на которые Кили был большой мастер, рекламой в печати, но и новыми научно-техническими достижениями. Главным из них было создание агрегата под названием «Либерейтор» (освободитель), который расщеплял воду, «освобождая энергию». Кили утверждал, что его мотор, заправленный одной квартой (1,1 л) воды, мог провести пассажирский поезд поперек всего американского континента — от Филадельфии до Сан-Франциско, а если израсходовать больше — один галлон (3,79 л), то можно пройти от Нью-Йорка до того же Сан-Франциско на морском судне. Можно представить себе, какие прибыли сулила такая техника!

Так прошло пять лет (1875—1880 гг.), в течение которых фирма Кили процветала и ее акции охотно раскупались несмотря на то, что ни одного мотора выпущено не было. В немалой степени этому способствовало и то, что нашлись ученые (правда, не физики и не энергетики), которые активно его поддерживали¹.

Однако в конце концов противоречие между грандиозными обещаниями Кили и скромными результатами его деятельности привело к тому, что главные акционеры «Компании по производству моторов Кили» перестали его финансировать. В газетах стали появляться скептические статьи настоящих специалистов-физиков (доктора Крессона, Бархера и других), которые прямо

¹ Как мы увидим дальше, традиция поддерживать псевдонаучные новинки такого же рода учеными-специалистами из других областей сохранилась и до нашего времени.

обвиняли Кили в шарлатанстве. «Корабль» Кили явно вскоре должен был пойти на дно.

Однако случилось нечто совершенно неожиданное: Кили вдруг получил мощную финансовую и моральную поддержку, которая не только помогла ему «остаться на плаву», но и обрести новые силы. Французы в таких загадочных случаях говорят *cherchez la femme* — «ищите женщину». Такой женщиной оказалась миссис Мур, богатая вдова филаделфийского бумажного фабриканта. Она прочла в одном номере газеты две статьи. В первой рассказывалось о бедственном положении Кили, который, дойдя до полной нищеты, упорно работает над своим изобретением. В другой была описана история некоего изобретателя, не понятого современниками и погибшего в одиночестве; лишь после смерти его труд был оценен.

Совместное действие этих публикаций было настолько сильным, что вдова отыскала Кили, познакомилась с ним и... наступил новый период его творчества. Это было в 1882 г. Нужды в деньгах опять не было: состояние вдовы превышало 5 млн. долларов (та же цифра, что и активы «Компании по производству моторов Кили»).

Вдохновленный вдовой, Кили сделал новое открытие — «вибрационную силу в жидкости, находящейся между атомами безграничного эфира». Кроме того, он выиграл (правда, с большим трудом) процесс против акционеров «Компании по производству моторов Кили», требовавших компенсации.

Безгранично веря в талант, открытия и изобретения Кили, миссис Мур решила привлечь для поддержки его дела известных ученых и инженеров. Эта идея не вызывала особого восторга у Кили, но отказать полностью своей покровительнице он не мог.

Как всегда в подобных случаях, эксперты разделились на три группы. Большинство приглашенных, в том числе и такие знаменитости, как Т. Эдисон и Н. Тесла, отказались от участия в экспертизе, не желая тратить время на эти не внушавшие доверия дела. Несколько ученых мужей дали положительные отзывы о трудах Кили. Особенно отличился английский физик У. Леселесс-Скотт. Он имел возможность осмотреть все оборудование и даже ознакомиться с инструкцией по его обслуживанию. Профессор тщательно изучил предмет, после чего публично заявил: «Кили с неоспоримой убедитель-

ностью продемонстрировал наличие силы, дотоле неизвестной». Тем самым он продолжил славную традицию, начало которой положили высокоученые эксперты вроде Гравезанда и других, поддержавших в свое время Орфиуса.

Наконец, среди приглашенных для экспертизы специалистов нашлись и такие, которые соединяли с достаточно высокой научно-инженерной квалификацией некий спортивно-детективный дух. Они проявили интерес к раскрытию чудес, демонстрировавшихся Кили, и решили докопаться до истины. Это были инженер-электрик А. Скотт и президент Спринггарденского университета А. Берк.

Они выяснили, на чем были основаны удивительные эффекты, которые показывал Кили. В частности, он демонстрировал металлические шары и диски, которые, находясь в воде, по команде (и даже под музыку!) всплывали на поверхность, зависали под ней или тонули под действием таинственных сил. Скотт и Берк догадались, что все эти объекты представляли собой полые сосуды, которые меняли объем при изменении давления воздуха, подаваемого в них по тонким полым трубкам. Скотт даже незаметно обломил одну из них и убедился в правильности вывода, к которому он пришел вместе с Берком. Результаты были доложены миссис Мур. В 1896 г. она прекратила поддержку Кили. Все же она была доброй женщиной и оставила изобретателю пожизненную ежемесячную «стипендию» в размере 250 долларов.

Когда Кили в 1898 г. умер, его дом был осмотрен; в подвале была обнаружена целая компрессорная станция, схема которой была опубликована в «Нью-Йорк джорнэл».

Таким образом, Кили занимался надувательством не только в переносном, но и в самом прямом смысле. Созданные им пневматические устройства (в том числе ружье) свидетельствуют о несомненном инженерном таланте и техническом мастерстве. Невольно возникает мысль, что несмотря на отсутствие образования он был намного способнее и умнее обманутого им ученого профессора Леселесса-Скотта.

Кили прекрасно понимал, что, пройдя по пути финансовых афер, он не мог претендовать на место в истории

техники. Уже будучи стариком, он сказал одному из своих друзей, что на своей могиле хотел бы иметь эпитафию: «Кили, величайший мошенник XIX в.».

2.4. Вечный двигатель в художественной литературе

История взлетов и падений Бесслера—Орфиреуса и Д. Кили наглядно показывают, какой интересный материал для искусства, в частности для художественной литературы, представляют как люди, изобретающие ррт, содействующие или препятствующие им, так и происходящие вокруг них события.

К сожалению, этот сюжет не нашел достаточно широкого отражения в художественной литературе, хотя упоминания о ррт встречаются довольно часто.

Можно назвать лишь немного произведений, специально посвященных этой теме. В зарубежной литературе это небольшая фантастическая повесть немецкого писателя Пауля Шеербарта (1863—1915 гг.) «Перпетуум мобиле. История одного изобретения» [4.1], вышедшая в 1910 г.

В русской литературе прежде всего нужно назвать один из рассказов в повести М. Е. Салтыкова-Щедрина «Современная идиллия» [4.2], затем повесть писателя Е. М. Петропавловского «Perpetuum mobile» [4.3] и, наконец, рассказ В. Шукшина «Упорный» [4.4].

Каждое из перечисленных произведений интересно по-своему и дает многое для понимания создателей ррт, чего нет (и не может быть) в научной литературе.

Время действия в первых трех из перечисленных повестей и рассказов относится ко второй половине XIX и началу XX в.; действующие лица рассказа В. Шукшина — наши современники.

Герой романа Шеербарта—изобретатель, мечтающий создать механический ррт на основе использования гравитационных сил: «построить зубчатое колесо, движимое грузами». Идейная основа изобретения такова: «Притяжение земли вечно, и эту вечную работу притяжения можно посредством колес превратить в вечное движение».

С законом сохранения энергии герой рассказа справляется очень просто: «Какое мне дело до Роберта Майера?... Физики мне всегда были ненавистны».

Автор дает своему герою возможность решить задачу

и построить вечный двигатель, который действительно работает¹.

Переживания героя романа связаны не столько с научно-техническими, сколько с социальными проблемами. Изобретатель думает о том, как преобразится мир, располагающий неограниченными энергетическими возможностями. Тут и превращение Сахары в плодоносную область, срытие ненужных гор, гигантские строительные работы...

Несмотря на такие радужные перспективы дело кончается ничем. Последствия использования изобретения ррт оказались столь грандиозными, что автор (а вслед за ним, естественно, и его герой) просто испугался. Потрясения, которые может вызвать обилие энергии, остановили изобретателя, и созданная им машина не была использована; она была уничтожена, и все осталось в прежнем виде.

У Салтыкова-Щедрина, так же как и у Петропавловского, в отличие от Шеербарта в повестях об изобретателях ррт нет ничего фантастического. Более того, прототипы их героев — реально существовавшие люди. В «Современной идиллии» выведен под именем «мещанина Презентова» крестьянин-сибиряк Александр Щеглов, изобретатель-самоучка. У Петропавловского под именем изобретателя Пыхтина изображен крестьянин-пермяк Лаврентий Голдырев, лично ему знакомый.

Оба двигателя описаны в рассказах очень ярко и достаточно подробно². Очень живописно представлены и сами изобретатели. Здесь, не приводя длинных цитат, отметим только некоторые, интересные для истории ррт моменты.

Двигатель Щеглова представлял собой колесо «...со спицами. Обод его, довольно объемистый, сколочен был из тесин, внутри которых была пустота. В этой пустоте и помещался механизм, составлявший секрет изобретателя. Секрет, конечно, не особенно мудрый, вроде мешков с песком, которым предоставлялось взаимно друга друга уравнивать...».

¹ Именно поэтому мы назвали повесть Шеербарта фантастической, а не научно-фантастической.

² Читатель может познакомиться с рассказами и по книге Я. И. Перельмана «Занимательная физика», ч. 1, где приведены большие выдержки из них.

У Голдырева (Пыхтина) машина выглядела так: «Виднелись плохо отесанные деревянные столбы, перекладыны и целая система колес, маховых и зубчатых... В самом низу, под машиной, лежали какие-то чугунные шары; целая куча этих шаров лежала и в стороне...».

Нетрудно видеть, что в обоих случаях у изобретателей возникли по существу те же идеи, что и у западно-европейских и американских изобретателей механических ррт-1. Поразительное сходство мыслей можно обнаружить (несмотря на разницу в форме их выражения) и в анализе причин, по которым машины, после того как их раскрутили, неизбежно останавливались. Всегда объяснение сводится к какому-нибудь частному недостатку конструкции, сборки или качеству материала.

Презентов, например, на вопрос одного из посетителей: «Трения, может быть, в расчет не приняли?» — ответил: — «И трение в расчете было... Что трение? Не от трения это, а так... Иной раз словно порадуется, а потом вдруг... закапризничает, заупрямится и шабаш. Кабы колесо из настоящего материала было сделано, а то так, обрезки какие-то».

Интересно отметить еще одну черту сходства: оба изобретателя придают важное значение первому толчку, раскрутке машины. Когда двигатель очередной раз остановился, Презентов сказал: «Надо импет дать», — и снова толкнул машину. Невольно вспоминается теория «импетуса» Буридана, высказанная в XIV в.

Оба героя этих рассказов — несомненно талантливые люди, которые, если бы могли получить образование, принесли бы большую пользу. Но в условиях царской России это было невозможно.

Петропавловский (С. Карелин) писал об этом в очерке «Урал, представленный на Екатеринбургской выставке» («Русская мысль», 1887 г.): «Вы здесь не найдете ни одного грамотного ярлыка на кустарном экспонате, а если вздумаете поговорить с самим кустарем, то поразитесь его темнотой...

...Это в особенности надо сказать о тех случаях, когда кустарь начинает фантазировать, изобретая что-то новое. Тут он ходит в совершенных потемках; для него в этом случае ничто не составляет ломать голову над *perpetuum mobile*... разве он знает, что это нелепо? Он верит, что вечную машину можно придумать, если иметь хорошую «башку»...

...Тяжело смотреть, что в стране такой напряженной заводской и ремесленной деятельности нет ни одного ремесленного училища, ни одной технической школы, доступной для всех...».

Теперь перенесемся на 100 лет вперед, в наше время, когда учиться могут все. Несмотря на это и в наше время люди изобретают ррт-1.

О таком изобретателе и писал В. Шукшин. Но в отличие от мрачных и тяжелых событий прошлого века история, описанная им, носит не трагический, а скорее комический характер.

Герой Шукшина «упорный» изобретатель — совхозный шофер Дмитрий Квасов по прозвищу «Моня», прочитавший «...в какой-то книжке, что вечный двигатель — невозможен. По тем-то и тем-то причинам...».

«Прочитал, что многие и многие пытались все же изобрести такой двигатель... Посмотрел внимательно рисунки тех «вечных двигателей», какие — в разные времена — предлагались... И задумался.» Интересно описаны манера чтения и ход мыслей Мони Квасова: «Что трение там, законы механики — он все это пропустил, а сразу с головой ушел в изобретение такого вечного двигателя, которого еще не было. Он почему-то не поверил, что такой двигатель невозможен. Как-то так бывало с ним, что... от всяких трезвых мыслей он с пренебрежением отмахивался и думал свое: «Да ладно, будут тут мне...» И теперь он тоже подумал: «Да ну!... Что значит—невозможно?».

Дальше Шукшин показывает состояние, известное по собственному опыту каждому творческому человеку: «Моня перестал видеть и понимать все вокруг, весь отдался великой изобретательской задаче. Что бы он ни делал — ехал на машине, ужинал, смотрел телевизор — все мысли о двигателе. Он набросал уже около десятка вариантов двигателя, но сам же браковал их один за другим. Мысль работала судорожно. Моня вскакивал ночами, чертил какое-нибудь очередное колесо... В своих догадках он все время топтался вокруг колеса, сразу с колеса начал и продолжал искать новые и новые способы — как заставить колесо постоянно вертеться. И, наконец, способ был найден. Вот он: берется колесо,...»

Шукшин дает подробное описание двигателя Мони

Квасова. Сделано это блестяще «сквозь» характер самого изобретателя, очень серьезно, с подробностями (есть все: «груз, желоб под углом в 45 градусов», «жестко приваренный железный стерженек» и т. д.), но понять из него ничего нельзя. Кончается описание словами «Таким образом колесо само себя будет крутить».

Замечательно показано состояние изобретателя, успешно, наконец, решившего задачу.

«Моня придумал это ночью... Вскочил, начертил колесо, желоб, стерженек, грузик... И даже не испытал особой радости, только удивился: чего же они столько времени головы-то ломали!» И утром: «...Подсел к столу, посмотрел свой чертежик. Странно, что он не волновался и не радовался. Покой все пребывал в душе...».

Днем Моня пошел показать свой проект («сказать свое «фэ», как он выразился) молодому инженеру РТС Андрею Голубеву. Очень интересную беседу между ними здесь, к сожалению, привести нельзя — она займет много места. Обратим только внимание на то, как изобретатель реагировал на насмешливый скепсис («ехидство») инженера. «Моня обеспокоился. Не то, что он усомнился вдруг в своем двигателе, а то обеспокоило, до каких же, оказывается, глубин вошло в сознание людей, что вечный двигатель невозможен. Этак — и выдумаете его, а они будут твердить: невозможен.»

После того как инженер оценил его работу словом «бредятина» и отказался даже смотреть чертеж, а учитель физики доказал, что в устройстве будет «абсолютное равенство» сил, Моня «...сгреб чертежи и пошел вон. Он ушел в сарай и начал делать вечный двигатель.» И он его сделал. Несмотря на все попытки, произошло неизбежное — колесо, немного повертевшись, останавливалось. Моня потерпел поражение.

Очень интересен конец рассказа — как Моня все же взял реванш и посрамил и инженера, и всю его науку.

На следующее утро Моня пришел к дому инженера. — «Доброе утро! — сказал Моня, остановившись у порога. И смотрел на инженера мирно и весело.

— Здорово! — откликнулся инженер.

— А ведь крутится! — сказал Моня. — Колесо-то...

— Двигатель, что ли?

— Двигатель. Колесо-то крутится... Всю ночь крути-

лось... И сейчас крутится. Мне надоело смотреть, я пошел малость пройтись.

Инженер теперь ничего не понимал. Моня был несколько не пристыженный, а даже какой-то просветленный.» Инженер согласился посмотреть.

«— И всю ночь крутится? — не удержался и еще раз спросил инженер перед самым домом Мони. И посмотрел пристально на Моню. Моня преспокойно выдержал его взгляд и, вроде сам тоже изумляясь, сказал:

— Всю ночь! Часов с десяти вечера толкнул его и вот... сколько уже сейчас?

Инженер не посмотрел на часы, шел с Мoneй, крайне озадаченный, хоть старался не показать этого, щадя свое инженерное звание. Мone даже смешно стало, глядя на него, но он тоже не показал, что смешно.

— Приготовились! — сказал он, остановившись перед дверью сарая. Посмотрел на инженера и пнул дверь... И посторонился, чтобы тот прошел внутрь и увидел колесо. И сам тоже вошел в сарай — крайне интересно стало: как инженер обнаружит, что колесо не крутится.

— Ну-у, — сказал инженер. Я думал, ты хоть фокус какой-нибудь придумал. Не смешно, парень.

— Ну, извини, — сказал Моня, довольный.»

В этой сценке Шукшин очень тонко подметил ощущение инженера, столкнувшегося с непонятным явлением. Инженер, конечно, не сомневался в том, что закон сохранения энергии будет действовать. Вызывало опасения другое: сможет ли он быстро найти причину «фокуса», из-за которого колесо вертится?

Такое ощущение хорошо знакомо многим, даже очень квалифицированным экспертам.

Так изобретатель вечного двигателя Моня Квасов, несмотря на поражение в споре с инженером, «свел счет вничью». Рассказ кончается, несмотря на неудачу Мони, оптимистично.

Еще более интересные события с велосипедным колесом и вечным двигателем произошли не так давно на другом конце Европы в Англии. Об этом рассказывается в гл. 4.

Интересно, что велосипедное колесо почему-то играет очень заметную роль в последней стадии истории вечного двигателя первого рода. О том, что идея Мони Квасова живет, свидетельствует заметка в журнале «Изобретатель и рационализатор», 1984 г. № 7. Она опу-

бликована в разделе, специально посвященном ррт — «хроника перпетомобилизма». Приводим ее с небольшими сокращениями. «Вечный двигатель из велосипедного колеса. В августе 1980 г. вез я на велосипеде траву для своих кроликов, попал под дождь... Скользко, мешок на багажнике тянет в сторону — потерял управление, свалился в кювет и сильно погнул переднее колесо. Пришлось приобрести новый обод и спицы, натягивать их, выводить «восьмерку» (велосипедисты знают, что это такое). Ремонт шел к концу, но тут жена попросила помочь по хозяйству. Вернувшись через полчаса к своему колесу, я оторопел: оно равномерно вращалось со скоростью около 20—25 оборотов в минуту. Посторонних в сарае не было, раскрутить некому. Позвал в свидетели соседа. «Чудо» длилось несколько часов, затем я остановил колесо. Потоки воздуха его крутят или сказывается какая-то несимметрия недотянутых спиц? Перенес велосипед в дом, поставил посреди комнаты в том же ремонтном положении вверх тормашками — колесо снова завращалось, сперва медленно, затем все быстрее — до тех же 20—25 оборотов в минуту — и крутилось так около часу, пока домашние не прогнали меня с колесом обратно в сарай. Там оно вращалось всю ночь напролет. Утром я окончательно дотянул спицы, отрегулировал обод. Велосипед как новенький, кролики не в обиде, но «чудеса» прекратились: отрегулированное колесо самопроизвольно поворачивалось не более чем на полоборота — под действием веса ниппеля. Нет, велосипед еще не раскрыл всех своих возможностей..

И. Шевцов

г. Богучар, Воронежская обл.»

2.5. Рассуждение о законах и о том, можно ли их нарушать

История ррт показывает, что изобретателям вечного двигателя приходилось и приходится встречаться с самыми разнообразными трудностями. Тут и недостаток средств и материалов, и недоверие окружающих, и сложности конструирования, изготовления и испытания... Однако все это можно в конце концов преодолеть. Остается одно, самое трудное препятствие, которое ни одному из изобретателей ррт преодолеть не удалось, — это *законы природы* и вытекающие из них *законы науки*. Мы уже видели, что для тех, кто создавал ррт-1, таким непреодолимым препятствием стал закон сохранения энергии — первый закон термодинамики. Дальше мы покажем, что для тех, кто пытался и пытается создать ррт-2,

дополнительную, но столь же непреодолимую преграду ставит второй закон термодинамики.

Тем не менее попытки преодолеть это основное препятствие не прекращаются. До середины XIX в. (а в некоторых случаях и позже) для этого было вполне понятное объяснение — просто эти законы не были еще известны и точно сформулированы. Но почему работа над ррт продолжается и сейчас, несмотря на то что оба закона термодинамики — и первый, и второй — четко сформулированы, доказаны-передоказаны, описаны во множестве книг, вошли в учебники? Большинство изобретателей хорошо знает о них. В чем же дело?

Чтобы иметь в дальнейшем прочную основу для защиты истины, нужно предварительно внести некоторую ясность в понятие «закон», проведя краткое рассуждение на эту тему. Итак, о законах.

Если посмотреть в справочниках и словарях, то мы найдем два смысла термина «закон». Первый: «необходимая, существенная связь, отношение между явлениями и предметами»; второй: «обязательное общественное установление (закон государственный, уголовный, религиозный и т. д.)».

Нас, естественно, будет в дальнейшем интересовать закон в первом смысле, однако предварительно нужно сказать несколько слов и о законе как «обязательном общественном постановлении».

В таких законах нужно отметить две черты. Первая из них заключается в том, что они могут быть разными применительно к одному и тому же случаю в разных странах и регионах в зависимости от социального строя, традиций и т. д. Могут они с течением времени и меняться, и пересматриваться.

Вторая черта законов, устанавливаемых обществом, состоит в том, что любой из них в принципе *может быть нарушен*; то, что за этим должно последовать наказание, не меняет дела.

Законы, отражающие «необходимые, существенные связи между явлениями», напротив, не меняются в зависимости от места, времени и общественного строя; нарушить их невозможно *в принципе*.

Необходимая, существенная связь между предметами и явлениями присуща самой природе и никак не зависит от воли людей. Она *необходима*, а не случайна и при

наличии определенных условий *неизбежно* проявит себя тоже определенным образом. Это проявление *одинаково везде и всегда, если существуют те же условия*.

Одна из самых опасных, но часто встречающихся ошибок в трактовке законов состоит в том, что свойства общественных законов произвольно переносятся на объективные законы природы. Некоторые люди никак не могут понять до конца, что законы природы в отличие от законов, установленных обществом, *нельзя ни изменить, ни нарушить*.

Как же так? Ведь история науки ясно говорит, что по мере ее развития законы меняются. Ведь были всякие «флогистоны», «теплороды» и «эфир», которые теперь исчезли! Считалось, что элементы не могут превращаться один в другой, а их теперь превращают. Если бы сто лет назад кто-нибудь предложил извлекать энергию из атомов, его бы осмеяли, а сейчас работают атомные электростанции. Геометрия Евклида сменилась геометрией Лобачевского и Римана, а механика Ньютона уже многое не может объяснить; понадобилась теория относительности Эйнштейна! Почему же и другие законы, которые стоят на пути осуществления ррт-1 или ррт-2, тоже не могут оказаться устаревшими и неверными? То, что было верно сегодня, может стать неверным завтра!

Чтобы разобраться в том, насколько правильны эти и подобные им суждения, нужно сделать еще один шаг в разборе понятия «закон» и определить, что такое *закон науки*. В отличие от законов природы они существуют не сами по себе, а представляют собой *отражение* объективных связей внешнего мира в сознании человека. В этом смысле они *вторичны* по отношению к законам, действующим в природе.

В результате исследовательской деятельности человека они обнаруживаются, открываются и затем формулируются на соответствующем языке — словами или формулами.

Известный закон Бойля—Мариотта, например, отражает объективно существующую связь между объемом v данного количества газа и давлением p , под которым он находится. Закон можно выразить словами: «объем данного количества газа (или удельный объем v) обратно пропорционален давлению p ». Этот же закон можно выразить и математической формулой: $pv = \text{const.}$

Однако для того, чтобы судить о долговечности, «устойчивости» научного закона, нужно определить, насколько он может соответствовать объективному закону природы, правильно его отражать. Ведь природа необычайно сложна и многообразна в своей структуре, в связях своих объектов и их проявлениях. Несомненно, что ни один научный закон, какими гениями ни были бы люди, открывшие его, *не отражает полностью* объективные связи и отношения, существующие в природе. Он может отразить их лишь неполно, с определенной степенью приближения. По мере развития науки ее законы охватывают все более широкие области, уточняются, приближаются к законам природы, становятся адекватными им.

В обобщенном виде характер связи между законами природы и законами науки был четко выражен А. Эйнштейном: «Наши представления о физической реальности никогда не могут быть окончательными, и мы всегда должны быть готовы менять эти представления». П. Л. Капица, любивший парадоксы, говорил даже так: «Интересны не столько сами законы, сколько отклонения от них».

Значит ли это, что законы науки «смертны» и, прожив определенный срок, заменяются из-за отклонений на другие представления, более адекватные законам природы? Если это так, то изобретатели ррт правы, рассчитывая на вполне возможное изменение законов науки, не разрешающих *пока* действие вечных двигателей.

Нет, это не так, хотя и Эйнштейн, и Капица, как и многие другие, абсолютно правы. Как же совместить эти две, казалось бы, диаметрально противоположные точки зрения? Представления меняются, отклонения изучаются, а законы остаются незыблемыми?

Дело в том, что законы науки (в частности, физики) не отменяются, а *дополняются и развиваются*, а это совсем другое. Поясним это положение несколькими примерами.

Возьмем тот же закон Бойля — Мариотта, о котором шла речь выше. Как показали эксперименты, он оказывается верным лишь приближенно. При больших давлениях и низких температурах зависимость между p и v приобретает более сложный характер, выражающийся более сложными уравнениями (уравнением Ван-дер-Ваальса и другими — так называемыми уравнениями со-

стояния). Но в тех достаточно широких пределах, где свойства газа несущественно отклоняются от идеального, закон Бойля—Мариотта работает с достаточной точностью. Более того, он всегда в этой области будет правильным, какие бы невероятные открытия ни произошли.

То же самое происходит и с другими законами. Например, закон всемирного тяготения Ньютона был дополнен следствиями, вытекавшими из теории относительности, которые позволили объяснить новые факты, наблюдаемые астрономами.

При наличии мощных гравитационных полей или при скоростях, близких к скорости света, ньютоновская механика уже не работает. Но у нас на Земле (и даже при расчетах движения спутников Земли) ньютоновская механика остается в силе и будет всегда работать безупречно. «Отменить» ее никто не сможет.

Закон сохранения энергии был тоже расширен на основе теории относительности после открытия эквивалентности массы и энергии. (Его выражает известное уравнение $e=mc^2$, где e — энергия, m — масса, а c — скорость света в пустоте.) Поэтому при расчете, например, ядерных процессов это уравнение *надо* учитывать. Но в других отраслях техники, где скорости далеки от c , все уравнения балансов массы и энергии можно спокойно рассчитывать, совершенно не принимая во внимание это уравнение. Так же дело обстоит и в других случаях: новые законы оказываются более полными, глубокими и *включают* прежние как частный случай, но *не отменяют их*.

В этой связи стоит вспомнить об одной дневниковой записи Д. И. Менделеева (10.VI.1905 г.): «...По-видимому, периодическому закону будущее не грозит разрушением, а только надстройкой и развитие обещает...».

Н. Бор сформулировал общее положение (1923 г.), отражающее эту закономерность развития науки: *принцип соответствия*, который гласит, что всякий более общий закон включает в себя старый закон как частный случай; он (старый) получается из нового при переходе к другим значениям определяющих его величин.

Применительно к закону Бойля—Мариотта это не выходящие за определенные пределы значения давления p и температуры T ; применительно к механике — это значения скоростей частиц или тел и т. д.

Следовательно, как бы ни развивалась дальше наука,

ее «старые» законы никуда не исчезнут; «в пределах своей компетенции» они будут справедливы всегда¹.

Но как же тогда быть с теориями «флогистона», «теплорода», «эфира» и т. д.? Они-то несомненно отменены и исчезли!

Здесь тоже нужно разобраться, чтобы не впасть в ошибку.

Теория флогистона была развита Г. Э. Сталем (1660—1734 гг.). Ее основой была мысль о том, что в состав всех горючих веществ входит одна общая составная часть («флогистон»), которая исчезает в процессе горения. Теория естественно вытекала из наблюдений хорошо всем известного процесса горения. Действительно, когда горит кусок дерева или угля, видно, что из всех его пор выходят языки пламени и газы уходят вверх; остатки превращаются в золу. Что может быть естественнее предположения, что некая огненная часть ушла, а зола осталась? Значит, дерево или уголь (или металл) — это соединение флогистона и золы (или оксида металла). Считалось также, что человеческий организм живет потому, что выделяет через легкие флогистон!

Теперь нам все это кажется смешным и алогичным. Но нельзя забывать, что в свое время теория флогистона помогла «объяснить», свести в единую концепцию и скоординировать большое количество известных в то время фактов.

Однако она, как и многие другие теоретические обобщения того времени, была чисто качественной. Никому не приходило в голову взвесить металл и его оксид и убедиться, что металл весит *меньше*, а не *больше* оксида, как следовало из флогистонной теории. Очень немногие химики и физики делали количественные опыты, да и то часто смешивали вес с удельным весом (плотностью), со-

¹ В отрицании неизбежности законов природы (а, следовательно, и законов науки) изобретатели «незаконных» устройств смыкаются, как ни странно, со средневековыми схоластами, которые считали такие законы божественным установлением. Такая точка зрения жила довольно долго. Тот самый физик Гравезанд, о котором мы упоминали в связи с историей Орфиреуса, писал в своем курсе физики (1747):

«Закон природы есть правило и закон, о которых Богу было угодно, чтобы известные движения всегда, т. е. во всех случаях, происходили бы по ним».

Отсюда следует, что если богу угодно, можно, чтобы было и «не так», а иначе. Не этим ли объясняется, что Орфиреусу удалось запутать Гравезанда?

вершенно серьезно считая фунт свинца тяжелее фунта пуха. Но как только в химию вошли вес и мера (в чем немалая заслуга «славного Роберта Бойля», как его называл Ломоносов, (и самого Ломоносова)), теория флогистона стала разваливаться.

Таким образом, эта и другие подобные теории не могли завершиться созданием каких-либо физических законов. *Их исчезновение к отмене какого-либо закона не привело.* Следовательно, история флогистона «не работает» как доказательство того, что «был закон, а потом оказался неверным».

Теперь о «теплороде». Его введение позволяло уже количественно установить законы калориметрии. Теория теплорода тоже исчезла. Но все связанные с ней законы калориметрии исправно действуют до сих пор¹ (и будут незыблемы и впредь) несмотря на то, что теории теплорода давно нет.

Аналогичная ситуация и с гипотетической всепроникающей средой — «эфиром». Все количественные законы, отражающие объективные, существующие в природе связи, только дополнялись. Следовательно, и здесь нет поводов для утверждения, что законы науки, в частности физики, могут отменяться.

Все сказанное выше показывает, что доводы типа «раньше считалось, что элементы нельзя превратить один в другой, а теперь оказывается, что можно», «раньше не предполагали, что может существовать атомная энергия, а теперь она используется» и т. д., из которых по аналогии выводится тезис: «Сейчас считают, что вечного двигателя не может быть, а потом окажется, что он возможен», не годятся. Законов науки, запрещавших эти явления (в отличие от ppm), никогда не было; их появление никаких законов не нарушило.

Чтобы закончить рассуждение о законах, необходимо сказать несколько слов об одной важной их разновидности — *статистических законах*. Именно к ним относится второй закон термодинамики, запрещающий $ppm-2$. Однако лучше это сделать не здесь, а в следующей главе, специально посвященной второму закону. К ней мы и перейдем.

¹ Более того, как мы увидим дальше, понятие «теплород» в его рациональной части тоже осталось в современной науке под названием «энтропия».



Глава третья

ИДЕЯ ррт-2 И ВТОРОЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ

У кого не уяснены принципы во всей логической полноте и последовательности, у того не только в голове сумбур, но и в делах чепуха.

Н. Г. Чернышевский

3.1. Основная идея ррт-2. Уточнение понятий

Утверждение закона сохранения энергии — первого закона термодинамики — сделало попытки создать ррт-1' абсолютно безнадежным занятием. И хотя они все еще продолжаются, «генеральное направление» мыслей создателей ррт изменилось. Новые варианты вечных двигателей рождаются уже в полном согласии с первым началом термодинамики; сколько энергии поступает в такой двигатель, ровно столько же и выходит. Эти двигатели даже называют иначе, чтобы избежать термина «вечный двигатель».

Тем не менее, несмотря на согласие с первым законом и маскирующие названия, эти двигатели остаются типичными ррт и сохраняют их основной признак — абсолютную невозможность осуществления.

Дело в том, что соблюдение какого-либо одного, даже очень важного закона вовсе не гарантирует возможность того или иного явления. Каждое из них определяется не-

сколькими законами. Поэтому оно может происходить только в том случае, если не нарушает *ни одного* из тех законов, которые к нему относятся.

В частности, для любых тепловых машин соблюдение первого начала термодинамики необходимо, но недостаточно. Существует еще и *второе начало* термодинамики, соблюдение требований которого столь же обязательно. Новые вечные двигатели, о которых пойдет речь ниже, относятся именно к тепловым машинам; они могли бы работать, только нарушая ограничения, налагаемые вторым началом термодинамики. Поэтому такой двигатель и был назван «вечный двигатель второго рода» (ppm-2). Впервые этот термин ввел известный физико-химик В. Оствальд в 1892 г. [1.14] по аналогии со старым классическим ppm (после этого ставшим ppm-1).

Оствальд не имел в виду какие-либо конкретные изобретения, а рассматривал невозможность реализации такого двигателя в принципе, с общих теоретических позиций.

Кто придумал первый ppm-2, установить трудно, во всяком случае, они появились не ранее последней четверти XIX в. В принципах ppm-2 нет такого разнообразия, как в принципах ppm-1. Основная идея ppm-2 едина для всех самых разнообразных его проектов. Изложим ее для начала языком самих изобретателей, хотя, как мы увидим далее, используемая ими терминология не очень точна¹.

Предоставим слово ведущему идеологу этого направления проф. В. К. Ощепкову [3.1]. Он ставит задачу таким образом: «...отыскать такие процессы, которые позволили бы осуществить прямое и непосредственное преобразование тепловой энергии окружающего пространства в энергию электрическую. В этом я вижу величайшую проблему современности». И далее: «...открытие способов искусственного сосредоточения, концентрации рассеянной энергии с целью придания ей вновь активных форм будет таким открытием в истории развития материальной культуры человечества, что по практическим последствиям его можно сравнить разве только с открытием первобытным человеком способов искусственного добывания огня».

¹ Это, конечно, не случайность. Путаная терминология (об этом уже говорилось в предыдущей главе) большей частью соответствует путанице в идеях; точная терминология, напротив, выявляет, «высвечивает» ошибки.

Если отвлечься от оценки вдохновляющих перспектив рассматриваемой идеи (вспомним пушкинского Бертольда: «*perpetuum mobile!*.. Я не вижу границ творчеству человеческому...»), а вникнуть в ее существо, то она сводится к тому, что рассеянная «тепловая энергия» окружающего пространства «извлекается», концентрируется и превращается в электрическую энергию, могущую производить работу. Нарушения первого закона термодинамики здесь нет. Сколько энергии забирается из «окружающего пространства», столько и превращается в электроэнергию.

Такая идея, действительно, чрезвычайно заманчива. «Концентрированная» энергия использовалась бы для нужд человечества, «рассеивалась» бы при этом в окружающей среде, а затем ее можно было бы снова «концентрировать» и пускать в дело. В энергетике человечества осуществился бы вечный круговорот энергии, который позволил бы «сразу убить двух зайцев» — снять как проблему поиска источников энергии, так и проблему теплового, химического и радиационного загрязнения окружающей среды.

Чтобы проанализировать все стороны этой грандиозной идеи научно, нужно прежде всего уточнить используемую ее авторами терминологию, перевести ее на современный научный язык. Иначе может произойти то самое «смещение языков», которое было у строителей вавилонской башни, и докопаться до истины будет невозможно¹.

Рассмотрим два ключевых термина сторонников *ppm-2*: «тепловая энергия окружающего пространства» и «концентрация и рассеяние энергии».

Начнем с первого. Прежде всего отметим, что «окружающее пространство» само по себе энергии не содержит и пытаться извлекать ее оттуда — дело бесполезное. Энергия содержится только в материальной среде (веществе или поле), заполняющей это пространство. Поэтому правильнее было бы говорить «окружающая среда», а не «пространство». Но и такая формулировка (иногда и ее используют) тоже не годится. Термин «окружающая среда» имеет разное содержание в зависимости от того, как его использовать. Здесь могут быть два случая.

¹ Недаром, ссылаясь на Декарта, А. С. Пушкин писал: «Определите значение слов, и вы избавите свет от половины его заблуждений» [1.17].

В первом случае под окружающей средой понимают все то, что находится вне границ системы (в данном случае двигателя). Это означает, что в окружающую среду входят по крайней мере атмосфера, гидросфера и литосфера земли, в которых существуют разности давлений, температур и химического состава. Следовательно, она включает и запасы топлива, гидроэнергетические ресурсы и т. д. Другими словами, в окружающей среде, определяемой таким образом, нет равновесия: она *неравновесна*.

Используя неравновесность в окружающей среде, человек всегда получал необходимую ему энергию как в форме теплоты, так и в форме работы. Энергия ветра, текущей воды, а затем и топлива — все это результат неравновесности окружающей среды. Даже существование человека основано на различии состава пищи и других веществ окружающей среды. Если бы эта среда была равновесной, т. е. вся имела бы один и тот же усредненный и равномерно распределенный химический состав, одну и ту же температуру, одно давление, один уровень воды, одинаковый везде электрический заряд и т. д., то все кругом было бы мертво и неподвижно. Именно *неравновесность*, наличие разности потенциалов во внешней среде и определяют возможность существования всей энергетики.

При такой трактовке термина «окружающая среда» извлечение из нее энергии и превращение ее в работу или электроэнергию давно известно. Ничего нового в таких процессах нет: так всегда и делалось.

Во втором случае под окружающей средой понимают только *равновесную часть* всего окружения системы. Основанием для введения такого более узкого, локального понятия служит то, что в окружении системы (например, двигателя) всегда имеется в практически неограниченном количестве некая среда, имеющая одни и те же температуру, давление и химический состав. Примером такой среды может служить, например, вода у поверхности океанов, морей, других больших водоемов или атмосферный воздух у поверхности земли. Существующие в них некоторые небольшие разности потенциалов в круг рассмотрения не входят.

Такая *равновесная* окружающая среда, как показывает многовековой опыт человечества, не может служить источником энергии, поскольку никаких разностей потен-

циалов, неравновесностей, которые можно было бы использовать, в ней нет. Она ведет себя, как та «мертвая вода» без разницы уровней, о которой писал Леонардо да Винчи.

Наконец, о первой части выражения «тепловая энергия окружающего пространства». Поскольку теплота, как мы видели, есть энергия только в процессе перехода, говорить о «тепловой энергии», да еще «содержащейся» в окружающей среде, некорректно (хотя это иногда и делается). Энергия теплового движения частиц составляет *часть внутренней энергии* тела, причем выделить ее «в чистом виде» практически невозможно. Поэтому в науке пользуются термином «внутренняя энергия».

Разберем второе понятие «концентрация» и соответственно «рассеяние» энергии.

Концентрация (от лат. *con* — «к» и *centrum* — «центр») — это понятие, связанное с сосредоточением чего-либо в определенном месте (объеме, поверхности). Применительно к энергии это соответствует ее количеству, приходящемуся на единицу объема или поверхности (Дж/см^3 или Дж/см^2). Если это количество растет, говорят о концентрировании энергии, если падает — о ее рассеянии.

Сторонники ppm-2 используют этот термин в смысле, не имеющем отношения к его действительному содержанию. Они называют «концентрированной» энергией электрическую энергию и работу, а «рассеянной» — внутреннюю энергию тел и теплоту. Однако разница между ними не в концентрации (она в каждом случае может быть и высокой, и низкой), а в степени упорядоченности, организованности движения частиц (об этом мы говорили в гл. 2). Как мы увидим далее, именно эта упорядоченность и определяет в основном качественную сторону энергии, ее работоспособность.

Подмена понятия качества, работоспособности энергии ее «концентрацией», а деградации, обесценивания — «рассеянием» вносит дополнительную путаницу, поскольку «концентрация» и «рассеяние» энергии не определяют в принципе возможности получения работы (т. е. создания двигателя)¹.

¹ Разумеется, чем выше концентрация, плотность энергии, тем при прочих равных условиях легче ее использовать (нужны меньшие затраты, площади и т. д.). Но в принципе возможность получения работы этим не определяется.

Теперь, после уточнения всех терминов, мы можем вернуться к принципиальным основам ррт-2. Становится очевидным, что его идея основана на получении работы (или, что то же самое, электроэнергии, могущей преобразовываться в работу) из *равновесной окружающей среды* путем использования той части ее *внутренней энергии*, которая связана с хаотическим тепловым движением молекул. Возникающую при такой постановке задачу хорошо сформулировал в стихотворной форме один из последователей В. К. Ощепкова — М. П. Кривых: «Тут способ нужен очень смелый, чтоб равновесное тепло непринужденно и умело на концентрацию текло».

В. К. Ощепков назвал такой процесс ученым термином «энергетическая инверсия» (инверсия — от лат. *inversio* — «перестановка», «переворачивание»). Другими словами, это — обратное превращение части внутренней энергии равновесной окружающей среды в электроэнергию или работу.

Именно такой процесс запрещен вторым началом термодинамики. Поэтому, чтобы доказать возможность создания ррт-2, нужно неизбежно опрокинуть или обойти «стоящий на дороге» второй закон термодинамики.

М. П. Кривых пишет и об этом достаточно четко: «Отсюда весь второй закон помехой лишь становится, его отвергнуть нужно вон, коль сам он не сторонится».

Сторонники ррт-2 применяют для этого целый комплекс доводов — от общефилософских рассуждений со ссылками на классиков до экспериментальных данных из различных областей науки. Все доводы, как правило, носят описательно-умозрительный характер и даются без четкого научного обоснования. Однако их красивое внешнее оформление в сочетании с убежденностью и энтузиазмом (а иногда и не очень точным изложением фактов) в некоторых случаях может показаться убедительным. Помогает тут и благородная цель — экономия ресурсов и спасение окружающей среды от загрязнения.

Поэтому прежде чем переходить к разбору различных ррт-2, нужно еще уделить и некоторое внимание разбору второго закона термодинамики, хотя это потребует от читателя, не занимающегося специально термодинамикой, определенной сосредоточенности.

Дело не только в том, что второй закон термодинамики, на первый взгляд не более трудный для понимания, чем первый, на самом деле далеко не так прост, как ка-

жется. О нем написано очень много, мягко говоря, неклассифицированных статей и даже учебников, которые внесли, как писал академик А. В. Шубников, «невероятное количество ошибок». Именно на почве, удобренной этими ошибками, время от времени вырастают самые разнообразные псевдоученые «сочинения» биологические, технические, экономические и другие. Некоторыми из них нам придется заняться при разборе второго закона.

3.2. Несимметричность взаимных превращений теплоты и работы. Принцип Карно

Второй закон термодинамики, так же как и первый, формировался в течение длительного периода трудами многих ученых и инженеров. Без его использования дальнейшее развитие теплотехники, химической технологии и многих других направлений техники и науки было невозможным.

Установление общности и количественной эквивалентности различных форм движения, а затем точное формулирование на этой основе первого закона термодинамики было необходимо, но недостаточно. Нужно было установить *условия*, определяющие возможности перехода одних форм энергии в другие и прежде всего теплоты в работу. Практика показывала, что представление о всеобщей превратимости, эквивалентности (т. е. равноценности) различных видов энергии нуждается в уточнении даже применительно к таким ее формам, как теплота и работа. Действительно, почему переход *работы в теплоту* совершается очень просто, не вызывая никаких затруднений? Еще на заре цивилизации человек добывал огонь трением, производя безо всякой науки именно такое преобразование. Однако превратить *теплоту в работу* удалось (если не считать античных паровых игрушек вроде «эолопила» Герона) с большим трудом только во второй половине XVIII в., когда были созданы паровые машины. И дело было здесь не в технической сложности этих машин (хотя это тоже сыграло свою роль), а в *принципиальной* трудности такого превращения, неясности условий, необходимых для него.

Впервые правильно поставил и решил эту задачу С. Карно, о котором мы уже писали в связи с первой формулировкой закона сохранения энергии. Со знаменитой книги Карно «О движущей силе огня...» начинается

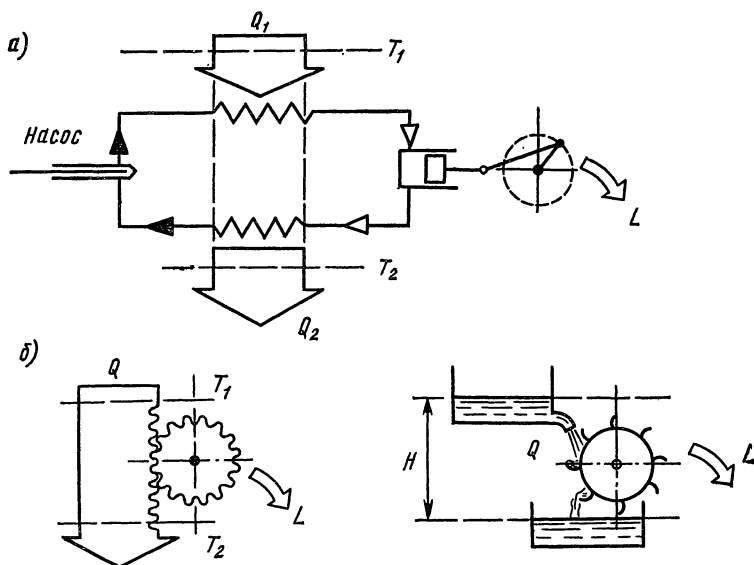


Рис. 3.1. Схема действия паровой машины (двигателя) с позиций теории теплорода:

а — «падение теплорода» с температуры T_1 до температуры T_2 ; б — механическая и гидравлическая аналогии

не только история термодинамики, но и вся современная георетическая теплоэнергетика¹.

По теории теплорода работа паровой машины выглядела очень просто. Теплород от дымовых газов, полученных при сжигании топлива, переходил к воде при высокой температуре, превращая ее в пар. Пар расширялся в цилиндре, производя работу. Затем пар направлялся в конденсатор, где при низкой температуре отдавал теплород охлаждающей воде.

Схема такой машины показана на рис. 3.1, а; поток теплорода Q (ширина полосы соответствует его количеству) «падает» с температуры T_1 на более низкую температуру $T_2 < T_1$. При этом производится работа L . Нетрудно видеть, что такое объяснение работы тепловой машины возникло по аналогии с гидравлической машиной (например, водяной мельницей); только роль воды играет «тепло-

¹ С. Карно не дожид до признания своих заслуг, и его книга прошла незамеченной. Вторую жизнь дал ей французский ученый и инженер Б. Клапейрон (1799—1864 гг.), издавший книгу Карно в 1834 г. со своими комментариями и дополнениями.

род», а напора, обусловленного высотой падения воды $\Delta h = h_1 - h_2$ — разность температур $\Delta T = T_1 - T_2$ (рис. 3.1, б). Количество воды G , как и количество теплорода Q , не меняется — сколько входит (Q_1), столько и выходит (Q_2). На первых порах такая теория была вполне приемлемой, тем более что из нее следовал правильный и очень важный вывод: тепловая машина может работать только при наличии разности температур. Если $\Delta T = 0$, то теплота будет «мертвой», как «мертвая вода» Леонардо да Винчи при $\Delta h = 0$.

У современного читателя, однако, может возникнуть естественный вопрос. Пусть инженеры того времени и не знали закона сохранения энергии, но ведь он все равно действовал! А это означает, что количество отдаваемого вниз при T_2 теплорода (т. е. теплоты) должно было быть существенно меньше, чем то, которое поступило наверху при T_1 , на количество произведенной работы, т. е. $Q_2 = Q_1 - L$.

Как же не заметили этого? Ответ очень прост. Самые лучшие паровые машины того времени имели очень малую эффективность: они превращали в работу не более 3—5 % получаемой теплоты. А это означает, что Q_2 отличалось от Q_1 так, как 95 отличается от 100; но точность тепловых измерений в то время была намного меньше 5 %. Поэтому разницу между Q_1 и Q_2 просто не могли заметить (тем более что никому не приходило в голову, что ее нужно искать).

С. Карно поставил перед собой задачу определить количественно «движущую силу огня», т. е., говоря современным языком, то максимальное количество работы, которое может дать единица количества теплоты.

Несмотря на то что С. Карно исходил в этой работе еще из теории теплорода, а закон сохранения движущей силы (т. е. энергии)¹ он сформулировал позже, между 1824 и 1832 гг., он блестяще решил задачу.

Позднейшим исследователям оставалось лишь придать математическую форму положениям Карно и развить их применительно к новым научным фактам, изложив их с учетом первого закона. Только через четверть века термодинамика пошла дальше, но основные идеи Карно остались незыблемыми. Такая поразительная устойчивость основных положений С. Карно (свойственная вообще великим научным открытиям) связана с тем, что он подошел к задаче с максимально общих позиций, исключив все частности, не имеющие принципиального значения. Он рассматривал не какую-то определенную паровую машину, даже не паровую машину вообще,

¹ Об этом говорилось в гл. 2.

а абстрактный, идеальный *тепловой двигатель*, результаты действия которого не зависят от его конструкции. Для этого он ввел специальный цикл, впоследствии названный его именем.

Из многочисленных следствий работы С. Карно для нашей цели — анализа ррт-2 — наиболее важно положение о том, что для непрерывной работы теплового двигателя необходим источник теплоты с более высокой температурой и теплоприемник с более низкой — так называемый *принцип Карно*. Математическое выражение *принципа Карно*, определяющее условия перехода теплоты Q в работу L при заданных температурных условиях, было выведено Р. Клаузиусом в виде предельно простой, широко известной формулы

$$L = Q \frac{T_1 - T_2}{T_1}. \quad (3.1)$$

Здесь, как и на рис. 3.1, высокая температура T_1 в кельвинах соответствует подводу теплоты Q к двигателю, а более низкая T_2 — та, при которой теплота отдается. Из формулы (3.1) прямо следуют многие важные следствия. Для нас имеют значение два вывода.

Первый вывод состоит в том, что получаемая *работа всегда меньше подводимой к двигателю теплоты Q* . Действительно, коэффициент Карно $(T_1 - T_2)/T_1$ (или $1 - T_2/T_1$) всегда меньше единицы. Другими словами, в работу может быть превращена только *часть* получаемой теплоты; другая часть, равная $Q - L$, неизбежно должна быть отдана какому-либо теплоприемнику¹ при температуре T_2 . Чем выше температура T_1 и ниже T_2 , тем большая доля теплоты Q может быть превращена в работу. Но всю теплоту Q в работу преобразовать нельзя (для этого T_1 должна была бы быть бесконечно большой или T_2 бесконечно малой).

Так, например, если $T_1 = 1200$ К, а $T_2 = 300$ К, то из 100 кДж теплоты может быть получено $\frac{1200 - 300}{1200} 100 = 75$ кДж работы. Остальные 25 кДж могут быть отведены только в виде теплоты $Q_2 < Q_1$ при температуре $T_2 = 300$ К.

¹ Здесь и в дальнейшем «теплоприемником» будет называться объект (например, атмосферный воздух), к которому отводится теплота от двигателя, а «теплоотдатчиком» — тот, от которого двигатель получает теплоту.

Таким образом, из принципа Карно следует, что *превратить теплоту в работу полностью нельзя*. Следовательно, в природе существует асимметрия во взаимной превратимости теплоты и работы: работа в теплоту может превратиться *полностью*, но теплота в работу — только *частично*. Другая, непревратимая часть теплоты неизбежно отводится из двигателя к теплоприемнику (но при более низкой температуре).

Второй вывод из принципа Карно состоит в том, что получение работы из теплоты возможно только в том случае, когда между теплоотдатчиком и теплоприемником есть *разность температур* (т.е. $T_1 > T_2$). Действительно, из формулы (3.1) следует, что чем меньше разность $T_1 - T_2$, тем меньшая доля теплоты Q может быть превращена в работу. Если же $T_1 = T_2$, т.е. если двигатель вступает в тепловой контакт с телами, имеющими одну и ту же температуру, то никакой работы он произвести не может ($T_1 - T_2 = 0$, и, следовательно, $L = 0$ при любом Q).

Никакими ухищрениями обойти оба эти следствия из принципа Карно нельзя.

Второй вывод из принципа Карно убивает наповал идею о двигателе, работающем за счет теплоты, получаемой из равновесной окружающей среды (ppm-2).

Как бы ни была велика связанная с хаотическим тепловым движением молекул внутренняя энергия тела, содержащаяся в окружающей среде¹, она неработоспособна, ибо в этом случае в нашем распоряжении есть только одна температура — окружающей среды $T_{o.c.}$

Таким образом, само по себе наличие энергии еще не говорит о том, что может быть получена работа: энергия может быть и *неработоспособной*. Поэтому определение энергии, которое еще встречается в некоторых книгах и даже учебниках, как «величины, характеризующей способности тела (или системы) производить работу», в общем случае неверно. Оно досталось по наследству от XVII—XVIII вв., когда представление об энергии (по тогдашней терминологии — «силе») было связано только с механической работой. Принцип Карно ясно показывает, что такое определение (во всяком случае, примени-

¹ Ее часто называют «теплотой окружающей среды», но это неверно, как мы уже показали в гл. 2, ибо теплота «содержаться» в окружающей среде (как и в любом другом теле) не может.

тельно к внутренней энергии тела и к теплоте, отводимой от него) неверно. Вокруг нас в воздухе, воде, почве содержится гигантское количество внутренней энергии хаотического молекулярного движения, но, увы, она вопреки надеждам изобретателей ррт-2 для получения работы абсолютно бесполезна. Это утверждает принцип Карно, вытекающий из второго закона термодинамики.

Из всего изложенного неизбежно следует, что единственный способ обоснования возможности «извлекать тепловую энергию из окружающего пространства» и получать из нее работу состоит в низвержении второго закона термодинамики. Вокруг этой крепости — второго закона — и разворачивают все баталии изобретатели и теоретики ррт-2.

Чтобы разобраться во всем этом и показать безнадежность попыток опровергнуть второй закон, нужно рассмотреть некоторые его положения, не ограничиваясь принципом Карно. Особое внимание следует уделить вопросу об *энтропии* — величине, занимающей центральное место в концепции второго закона. На ее долю выпадает максимальное количество атак, кривотолков и даже нехороших слов. Один из ее противников назвал ее даже «ржавым замком», который запирает ворота на пути дальнейшего движения науки.

3.3. Немного об энтропии

Начнем с того, что вернемся к понятию теплорода (у Карно французское слово *calorique* — «калорик») и представлению о том, как он создает работу (рис. 3.1).

Мы уже говорили о том, что такое понимание связано с теорией о некоем веществе, которое протекает сверху вниз (от высокой температуры к низкой), производя работу; при этом его количество не меняется. С установлением механической теории тепловых явлений это представление, естественно, отпало.

Однако оказалось (как это часто бывает), что в представлении о том, что сквозь двигатель проходит поток «чего-то», не меняющего при его работе свое значение, есть некое рациональное зерно.

Действительно, вникнем немного глубже в уравнение, отражающее принцип Карно, установив из него связь количеств теплоты Q_1 и Q_2 и температур T_1 и T_2 . Для этого преобразуем его. Очевидно (по закону сохранения

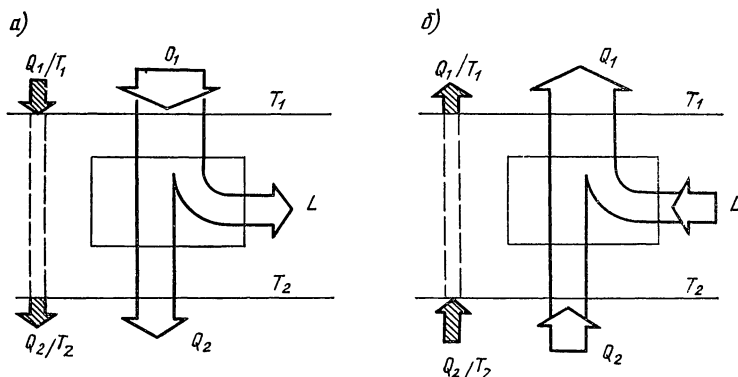


Рис. 3.2. Полосовые графики потоков энергии и энтропии:

а — тепловой двигатель; б — тепловой насос

энергии — первому закону термодинамики), что $Q_2 = Q_1 - L$; тогда основное уравнение Карно можно переписать, заменив работу L на ее значение, так:

$$Q_2 = Q_1 - Q_1 \frac{T_1 - T_2}{T_1}, \quad (3.2)$$

или, после упрощений:

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}. \quad (3.3)$$

Выходит, что отношения количеств теплоты к соответствующим температурам (так сказать, «приведенная» теплота) и на входе теплового потока, и на выходе равны. Значит, действительно, есть тепловая величина, отличающаяся от «просто» теплоты, сохраняющая для двигателя постоянное значение в процессах ее подвода и отвода!¹.

Замечательное свойство величины Q/T сохраняется и в другом, тоже достаточно важном случае.

Мы уже говорили о том, что двигатель, введенный Карно, — идеальный, т. е. работает без потерь. Это озна-

¹ Примечательно, что сам С. Карно в определенной степени это чувствовал: везде, где он говорил о теплоте (в смысле величины Q), использовалось слово *chaleur* (тепло), а где о теплороде — другое, уже упоминавшееся нами слово *calorique* — теплород. То, что это не случайность, видно из того, что такая терминология ни разу не нарушается.

чает, что работа, получаемая от него, максимальна при данных Q_1 и температурах T_1 и T_2 , т. е. полностью соответствует величине L в формуле (3.1). Если использовать полученную работу, то цикл может быть пущен и в обратную сторону. Понятие о такой обращенной тепловой машине тоже введено С. Карно в его знаменитой книге. При таком «обращении» идеального цикла все количественные соотношения между величинами, определяющими его работу, останутся прежними, только вместо переноса «теплорода» с высокой температуры на низкую будет происходить обратный процесс — перенос его с низкого уровня температуры на высокий. Для этого потребуется ровно столько же работы, сколько ее было получено, и все вернется в исходное состояние. Другими словами, такой цикл обладает *свойством обратимости*. На рис. 3.2 показаны оба случая с потоками энергии. Отношения Q/T в обоих случаях остаются одинаковыми и на входе теплоты, и на ее выходе.

Таким образом, тепловой двигатель превратится в «тепловой насос», перекачивающий «теплород» с низкой температуры на высокую с затратой работы. Поток приведенной теплоты подобно потоку «теплорода» и здесь пройдет неизменным через машину, но не «сверху вниз», как в двигателе, а «снизу вверх», как в насосе. Если бы заснять действие машины на кинопленку, то ее (и машину, и пленку) можно было бы крутить в любом направлении: картина была бы верной во всех случаях.

Это замечательное свойство величины Q/T оставаться неизменной при всех идеальных (и, следовательно, обратимых) взаимных превращениях теплоты и работы не могло не обратить на себя внимания.

Р. Клаузиус (1822—1888 гг.) был первым, кто придал величине Q/T самостоятельное значение и ввел ее в науку. Он назвал ее *энтропией*¹. С тех пор (1865 г.) энтропия (ее по стандарту обозначают буквой S) начала свой славный и вместе с тем тернистый путь в науке. Славный потому, что она «работала» и продолжает «работать», помогая решать множество важнейших теоретических и практических проблем (и не только термодинамических). Тернистый потому, что трудно найти другое научное понятие, вокруг которого кипели бы такие страсти

¹ Это греческое словосочетание, созвучное слову «энергия», означает «превращение».

и которое вызвало бы столько кривотолков, ошибок и нападков. Достается ей и от идеологов, и от изобретателей ррт-2.

В чем тут дело, станет окончательно ясным, если рассмотреть некоторые свойства энтропии.

Начнем с того, что энтропия имеет еще одно важное свойство, роднящее ее с «теплородом». Она может не только подводиться к телу вместе с теплотой (или отводиться от него), но и, в отличие от теплоты, накапливаться в теле, «содержаться» в нем. При работе двигателя Карно или теплового насоса энтропия, как мы видели, «протекает» через них (рис. 3.2). Сколько ее входит, столько и выходит. Но при нагреве вещества путем подвода к нему теплоты энтропия поступает, но не выходит: она «накапливается» в веществе. Теплота исчезает, превращаясь во внутреннюю энергию, а энтропия увеличивается. Напротив, при отводе теплоты энтропия тела убывает. Таким образом, энтропия может как содержаться в телах, так и посредством теплоты передаваться от одного тела к другому.

Соотношением $S=Q/T$ можно пользоваться тогда, когда все количество теплоты Q отдается при одной и той же температуре T . На практике температура T в процессе подвода теплоты большей частью меняется, так как тело нагревается (а при отводе охлаждается). Для каждой малой порции теплоты δQ температура будет уже другой; поэтому энтропию подсчитывают для каждой порции теплоты отдельно в виде $\delta S=\delta Q/T$ и потом суммируют порции энтропии δS . В целом количество энтропии ΔS будет равно сумме малых изменений величины δS ; $\Delta S=\sum \frac{\delta Q}{T}$, а при переходе к бесконечно малым

$$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dQ}{T} . \quad (3.4)$$

Из соотношения $\delta S=\delta Q/T$ следует, что поток теплоты можно представить как произведение температуры T , при которой она передается, на поток энтропии:

$$\delta Q = T\delta S. \quad (3.5)$$

Эта формула имеет глубокий физический смысл. Обратим внимание на то, что при передаче энергии в форме механической работы ее количество, как и по формуле (3.5), тоже определяется произведением двух аналогичных величин.

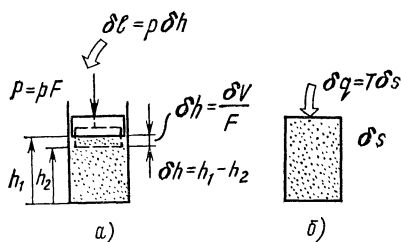


Рис. 3.3. Передача энергии в форме работы δl и теплоты δq

отношению изменения объема δV к площади поршня F). Так как по мере сжатия газа сила P должна расти, работу надо считать по малым отрезкам δh , на которых ее можно принимать постоянной. Тогда работа будет составлять произведение двух величин:

$$\delta l = p \delta V. \quad (3.6)$$

Нетрудно видеть, что во втором случае аналогично первому для некоторого элементарного количества теплоты δQ , при передаче которого T неизменна,

$$\delta Q = T \delta S. \quad (3.7)$$

Таким образом, передача энергии в двух формах — теплоты и работы (несмотря на их принципиальную разницу — неорганизованную форму в первом случае и организованную во втором) может быть выражена аналогично. Количество энергии в обоих случаях (3.6) и (3.7) выражается произведением двух величин.

Первая из них (давление p для работы и температура T для теплоты) — это *силы* (потенциалы), которые вызывают данную форму передачи энергии. Вторая — это так называемые *координаты*, изменение которых показывает наличие данной формы передачи энергии. Если координата (V или S) не изменилась (т. е. δV или δS равны нулю), то δL и δQ тоже будут равны нулю и никакой передачи энергии не произойдет.

Первые величины называют еще *факторами интенсивности*, а вторые — *экстенсивности*. Следовательно, энтропия — *фактор экстенсивности при передаче энергии в форме теплоты*. Интенсивные факторы не связаны с массой тела, которому передается энергия,

Возьмем два примера — по одному для каждого случая (рис. 3.3): работу сжатия газа в цилиндре (а) и нагрев газа в теплоизолированном сосуде (б). В первом случае работа L равна произведению силы P (равной произведению давления p на площадь поршня F) на путь δh (равный

экстенсивные факторы, напротив, зависят от нее: и энтропия S , и объем V при прочих равных условиях тем больше, чем больше масса газа. Соответственно они измеряются в единицах, отнесенных к единице массы.

Понятие об интенсивных и экстенсивных факторах имеет очень широкий смысл, далеко выходящий за пределы термодинамики. Интенсификация любого процесса (даже в народнохозяйственном плане) достигается не за счет увеличения экстенсивного фактора, а только посредством интенсивного фактора. В случае передачи энергии в форме теплоты таким фактором служит *температура*.

Может возникнуть естественный вопрос: если изменение энтропии, равное нулю, показывает отсутствие передачи энергии в форме теплоты, то как быть с тепловой машиной Карно? Ведь к ней теплота и подводится, и отводится, а энтропия постоянна?

Это противоречие кажущееся: *внешние* потоки энтропии постоянны, но *внутри* машины циркулирующее рабочее тело постоянно и нагревается, и охлаждается. При его нагревании двигатель получает теплоту и энтропия рабочего тела растет; при охлаждении и отводе теплоты энтропия уменьшается. В идеальном процессе эти величины равны, и в целом энтропия непрерывно отдается теплоприемнику в том же количестве, что и поступает от источника теплоты. Поэтому круговой процесс — цикл — может повторяться сколь угодно долго.

Закономерность, характерную для идеальных процессов, — существование величины S , которая в сумме не меняется во всех процессах, связанных с переносом энергии, — можно назвать *принципом существования и постоянства энтропии*.

Если бы свойства энтропии ограничивались только постоянством в идеальных обратимых процессах, то споров вокруг нее было бы значительно меньше. Однако энтропия имеет еще одно важное свойство, именно оно уже более 100 лет вызывает острые споры.

Начало им положил тот же Р. Клаузиус. Он развил идеи С. Карно на новом уровне, основанном на механической теории теплоты и установил еще одно важное свойство энтропии. Опираясь на него, Клаузиус делает один далеко идущий вывод, из-за которого и возникла дискуссия, продолжавшаяся больше века.

О чем же идет речь?

С. Карно ввел и рассматривал *идеальные* обратимые

процессы, в которых переход теплоты от тела с высокой температурой T_1 — теплоотдатчика — к телу с низкой температурой T_2 — теплоприемнику — сопровождается *получением* работы; напротив, переход теплоты от теплоотдатчика с низкой температурой T_2 к теплоприемнику с более высокой температурой T_1 происходит с *затратой* работы.

Однако существуют и другие, *необратимые процессы* переноса теплоты, могущие *сами по себе* идти только в одну сторону. Именно на них и обратил внимание Клаузиус. Действительно, что будет, если источник теплоты — теплоотдатчик с более высокой температурой T_1 — привести в тепловой контакт (например, соединить металлическим стержнем) с теплоприемником, температура T_2 которого ниже, без тепловой машины? Тогда возникнет тепловой поток от тела с температурой T_1 к телу с температурой T_2 ; работы при этом, естественно, никакой не производится, и всю теплоту, отдаваемую теплоотдатчиком, получит теплоприемник.

Таким образом, процесс в этом случае будет односторонним, необратимым, поскольку в обратную сторону он идти не может. (Горячая печка может греть холодный чайник, но холодный чайник греть горячую печку не может.) Как будет вести себя здесь энтропия? Теплоотдатчик отдает энтропию $S_1 = Q_1/T_1$; теплоприемник получает энтропию $S_2 = Q_1/T_2$ (теплота, получаемая теплоприемником $Q_2 = Q_1$, так как она на работу не расходуется). Поскольку $T_2 < T_1$, то $S_2 > S_1$. *Энтропия возрастает!*

Тот же эффект может получиться и при работе тепловой машины, но не *идеальной*, как у Карно, а *реальной*, действие которой сопровождается потерями.

Для *реального двигателя* это означает, что при тех же температурах T_1 и T_2 (рис. 3.4) и количестве теплоты Q_1 работа будет уже не L , а $L' < L$. Следовательно, по закону сохранения энергии теплоприемник получит уже большее количество теплоты $Q'_2 > Q_2$, так как в работу ее перешло меньше: $Q_2 = Q_1 - L$, $Q'_2 = Q_1 - L'$; но $L' < L$, следовательно, $Q'_2 < Q_2$. Отсюда следует, что полученная теплоприемником энтропия $S'_2 = Q'_2/T_2 > S_2$.

Опять энтропия возросла!

Для *реального теплового насоса* при тех же температурах T_1 и T_2 и том же количестве теплоты Q_2 затрата работы L' будет больше, чем в идеальном случае: $L' >$

$> L$. Поэтому количество теплоты Q_1' будет также больше, чем Q_1 , так как $Q_1' = Q_2 + L''$. Следовательно, энтропия, получаемая теплоприемником, при T_1 будет больше, чем при работе идеального теплового насоса:

$$S_1' = \frac{Q_1'}{T} > S_1 = \frac{Q_1}{T_1}.$$

И здесь энтропия возрастает! Анализ и других реальных необратимых процессов преобразования энергии неукоснительно показывает — *энтропия в них возрастает*.

Р. Клаузиус обобщил эту закономерность на любые необратимые энергетические процессы, введя *принцип возрастания энтропии*: во всех реальных процессах преобразования энергии в изолированных системах¹ суммарная энтропия всех участвующих в них тел возрастает. Это возрастание энтропии при прочих равных условиях тем больше, чем сильнее процесс (или процессы) в рассматриваемой системе отличается от идеальных, обратимых. В тепловом двигателе, например, как мы видели, ухудшение его действия (т. е. уменьшение получаемой из того же количества теплоты Q_1 работы L при тех же граничных температурах T_1 и T_2) обязательно сопровождается увеличением энтропии. В тепловом насосе увеличение необходимых затрат работы приводит к тому же результату — росту энтропии. Следовательно, энтропия может выполнять еще одну «должность» — быть характеристикой необратимости процессов, показывать отклонение их от идеальных. Чем больше рост энтропии, тем это отклонение больше.

Таким образом, второй закон термодинамики состоит из констатации двух положений — *существования и постоянства энтропии в обратимых процессах* (Карно) и *возрастания энтропии в необратимых процессах* (Клаузиус).

Уменьшение энтропии в изолированных системах второй закон запрещает: оно в принципе невозможно. Примеров таких воображаемых невозможных процессов можно привести много: это самопроизвольный переход

¹ Совершенно естественно, что баланс энтропии нужно подсчитывать (как для обратимых, так и необратимых процессов) в изолированных системах. Иначе внешний приток (или отток) теплоты, а следовательно, и энтропии смажет всю картину.

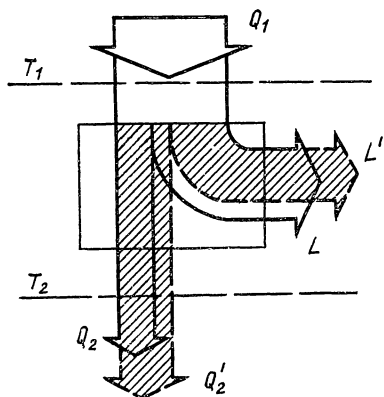


Рис. 3.4. Полосовые графики потоков энергии в тепловом двигателе при обратимом и необратимом протекании процессов

теплоты от холодного тела с температурой T_2 к более теплому с температурой $T_1 > T_2$, например закипание чайника с водой, поставленного на лед (или замерзание в жару воды в водопроводной трубе). Нетрудно видеть (рис. 3.5), что энтропия при этом уменьшалась бы, поскольку энтропия S воды в чайнике возрастала бы на Q/T_1 , а энтропия S льда уменьшалась на Q/T_2 . Двигатель, работающий на «концентрации тепловой энергии, от-

водимой из окружающего пространства» (т. е. производящий работу или электроэнергию из внутренней энергии равновесной окружающей среды)¹, относился бы к этой же группе нереализуемых систем. Действительно, получая некоторое количество теплоты $Q_{o.c}$ от среды при ее температуре $T_{o.c}$ (а с ней неизбежно и соответствующую энтропию $S = Q_{o.c}/T_{o.c}$), он выдавал бы некоторую работу, в которой энтропии нет. К чему это привело бы?

Если бы вся теплота $Q_{o.c}$ превратилась в работу, то энтропия исчезла бы совсем. Если же в работу L превратилась бы только часть теплоты $Q_{o.c}$, а остальную ее часть Q_2 двигатель отдал бы обратно, то все равно отданная энтропия была бы меньше, чем полученная, так как $Q_2 < Q_1$ и $S_2 = Q_2/T_{o.c} < Q_{o.c}/T_{o.c}$.

Чтобы завершить знакомство с энтропией, остается затронуть еще один аспект этой замечательной величины — ее статистическую трактовку. Она была дана двумя великими физиками — Л. Больцманом (1844 — 1906 гг.) и М. Планком (1858 — 1947 гг.).

¹ Такой воображаемый ррт-2 иногда называют монотермическим двигателем, так как он должен работать от одного теплоотдатчика с одной температурой $T_{o.c}$ без теплоприемника с более низкой температурой. Отсюда и монотермический — однопольный («моно» — один).

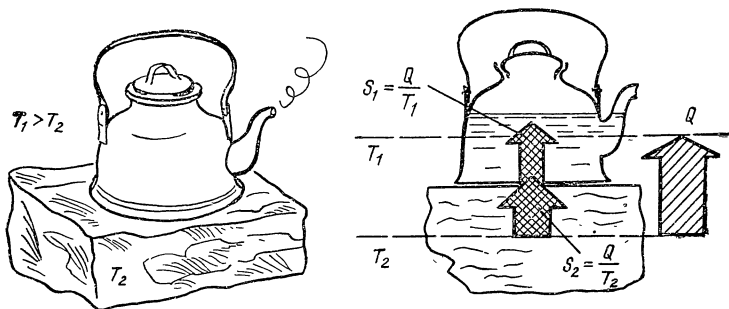


Рис. 3.5. Чайник, кипящий вопреки второму закону термодинамики, но в согласии с первым законом

Они подошли к понятию энтропии с другой стороны, так сказать, «изнутри», от молекулярного строения материи. Больцман исследовал законы поведения всего множества молекул, составляющих взаимодействующие части системы, и установил, что существует непосредственная связь энтропии с тем состоянием, в котором эти молекулы находятся.

Каждая молекула обладает в каждый определенный момент определенной энергией, связанной с ее движением и взаимодействием с другими молекулами. Общая внутренняя энергия вещества представляет собой сумму энергий этих частиц. Поскольку молекулы постоянно находятся в хаотическом движении и взаимодействуют между собой, между ними происходит энергетический обмен, приводящий к тому, что энергия все время перераспределяется между ними. Поэтому каждый следующий момент соответствует уже другому микросостоянию системы с другим распределением энергии между молекулами.

Таким образом, *микросостояние* системы — это такое ее состояние в данный момент, при котором для каждой молекулы определены положение в пространстве и скорость. Это, если так можно выразиться, мгновенный снимок системы.

Изучить в такой ситуации хаоса и беспорядка, существующей в каждом микросостоянии, поведение каждой молекулы, чтобы предсказать ее поведение в дальнейшем, практически невозможно. Но это и не нужно: достаточно знать возможные варианты *общего* поведения системы, т. е. *число всех ее возможных микросостояний*.

Число w таких микросостояний может быть очень велико, огромно, но оно все же не бесконечно, так как число молекул конечно, как и число энергетических уровней, на которых они могут находиться.

Но каково же будет состояние системы, определяемое общими характеристиками (плотность, энергия и т. д.), т. е. ее *макросостояние* в данных условиях? Какое из многочисленных *микросостояний* она «выберет»? Оказывается, зная число и особенности различных возможных микросостояний, можно установить ее наиболее вероятное макросостояние. Этот закон будет *статистическим*, что, однако, ничуть не снижает его силы и надежности.

Чтобы показать, на чем он основан, используем наглядный пример, приведенный чл.-корр. АН СССР Л. М. Биберманом.

Пусть на плоском подносе расположены несколько одинаковых монет. Каждая из них может лежать только в одном из двух положений — гербом вверх («орел») или вниз («решка»). Поскольку оба положения совершенно равновероятны, каждая монета может лечь вверх орлом или решкой; заранее предсказать это невозможно.

Движением подноса можно одновременно подбросить все монеты. Допустим, что вначале они все лежали в строгом порядке — орлом вверх. Поставим вначале вопрос так: можно ли путем последовательных подбрасываний монет на подносе (при которых все они, естественно, будут переворачиваться по-разному) вернуться к исходному положению? В принципе, разумеется, можно. Но сколько нужно для этого подбрасываний? Попробуем определить их число, например, для 10 монет. В этом случае возможны разные варианты («микросостояния»): все десять монет гербом вверх ($10\uparrow$), девять вверх — одна вниз ($9\uparrow, 1\downarrow$), восемь вверх — две вниз ($8\uparrow, 2\downarrow$) и т. д. до одиннадцатого — все вниз ($10\downarrow$). Этот последний вариант ($10\downarrow$) тоже соответствует полному порядку, только обратному первому ($10\uparrow$).

Все эти варианты на первый взгляд равноправны, равновероятны, но это только на первый взгляд. На самом деле они резко различаются тем, что частота их появления будет неодинакова. Действительно, первый вариант можно реализовать только одним способом, а второй — уже десятью (первая монета орел, остальные — решка; вторая — орел, остальные — решка; третья — орел, остальные — решка и т. д.). Следовательно, второй вариант

будет возникать в 10 раз чаще первого. Третий вариант ($8\uparrow, 2\downarrow$) можно реализовать еще намного бóльшим количеством способов. Действительно, двумя монетами, повернутыми вниз, могут быть первая и вторая, первая и третья (и т. д.), вторая и третья, вторая и четвертая и т. д. Легко убедиться, что таких способов будет уже 45. Четвертый вариант реализуется уже 120 способами.

Если свести все данные вместе, то получим такую таблицу:

Расположение монет (макросостояния)	$10\uparrow$ $0\downarrow$	$9\uparrow$ $1\downarrow$	$8\uparrow$ $2\downarrow$	$7\uparrow$ $3\downarrow$	$6\uparrow$ $4\downarrow$	$5\uparrow$ $5\downarrow$	$4\uparrow$ $6\downarrow$	$3\uparrow$ $7\downarrow$	$2\uparrow$ $8\downarrow$	$1\uparrow$ $9\downarrow$	$0\uparrow$ $10\downarrow$
Число способов реализации (микросостояний)	1	10	45	120	210	252	210	120	45	10	1

Всего, следовательно, в сумме возможны $\Sigma w = 1024$ микросостояния. Из них состояния «полного порядка» ($0\downarrow, 10\uparrow$ и $10\downarrow, 0\uparrow$) встречаются только по 1 разу. Напротив, наиболее далекие от порядка микросостояния ($5\downarrow, 5\uparrow$), ($4\downarrow, 6\uparrow$), ($6\downarrow, 4\uparrow$) встречаются наиболее часто; чаще всего ($5\downarrow, 5\uparrow$) — 252 раза.

Таким образом, для получения первоначального порядка нужно встряхнуть поднос не менее 1024 раз! Напротив, перемешать все поровну можно за каких-то ($1024/252$) четыре встряхивания. Микросостояние полного перемешивания в 252 раза вероятнее, чем состояние полной упорядоченности. Путь от порядка к беспорядку очень короток, но чтобы пройти путь от беспорядка к порядку, нужно поработать намного больше! Здесь мы встречаемся с понятием *термодинамической вероятности* w , которая определяется числом тех микросостояний, которыми может быть реализовано данное макросостояние. Понятие термодинамической вероятности отличается от понятия *математической вероятности* случайного события, которая определяется отношением числа появлений данного события к общему числу испытаний. В данном случае математическая вероятность определялась бы для каждого случая величиной $w/\Sigma w$.

В описанном эксперименте мы взяли всего 10 монет. А если их будет больше?

Ниже даны суммарные округленные цифры Σw микросостояний для числа монет n до 100:

n	10	20	30	50	70	100
Σw	10^3	10^6	10^9	10^{15}	10^{21}	10^{30}

Это означает, что для возвращения к упорядоченному расположению монет при их числе, например 100, нужно время, большее времени существования солнечной системы ¹ ($7-8 \cdot 10^9$ лет).

Но ведь молекул газа в самом малом объеме несоизмеримо больше, чем 100 (при давлении 0,1 МПа и температуре 273 К — около $3 \cdot 10^9$ в 1 см^3). Поэтому термодинамическая вероятность w того, что молекулы равномерно распределятся в любом свободном объеме беспорядочно с мгновенными скоростями, направленными хаотично, чрезвычайно велика; этому соответствует гигантское количество возможных микросостояний Σw . Напротив, по сравнению с этим вероятность установле-

ния микросостояний, в которых будет определен порядок, совершенно ничтожна. Практически она равна нулю.

Рассмотрим три таких упорядоченных состояния.

1. В одной половине сосуда собралось вдвое больше молекул, чем в другой. Соответственно давление p_1 в одной половине будет в 2 раза больше, чем p_2 в другой — ($p_2 = 2p_1$). Эта ситуация схематично показана на рис. 3.6, а.

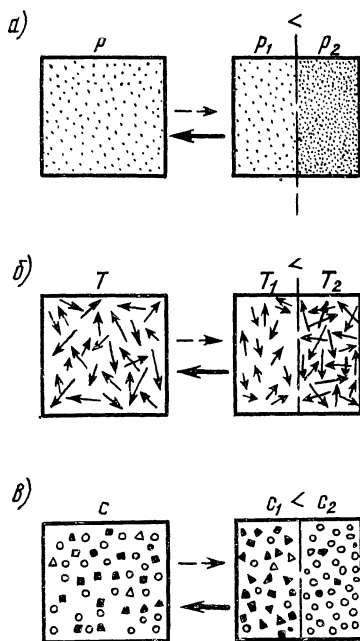


Рис. 3.6. Примеры взаимных переходов упорядоченных и неупорядоченных состояний:

а — разность давлений ($p_2 > p_1$); б — разность температур ($T_2 > T_1$); в — разность концентраций ($c_2 > c_1$)

¹ Если встряхивать поднос 1 раз в секунду.

2. В одной половине сосуда собрались те молекулы, у которых средняя скорость теплового движения больше, а в другой — те, у которых она меньше некоторого заданного значения. (Известно, что в газе имеются молекулы с разными скоростями; его температура определяется их средним значением.) Тогда газ в одной половине сосуда будет горячим (с температурой T_1), а в другой — холодным (с температурой $T_2 < T_1$). Такая ситуация изображена на рис. 3.6, б; в принципе она аналогична случаю с чайником, показанному на рис. 3.5.

3. В сосуде, где находится смесь двух газов (например, воздух, состоящий из кислорода и азота), молекулы одного газа (кислорода) соберутся преимущественно в одной части сосуда, а второго газа (азота) — в другой: В сосуде возникнет разность концентраций c_1 и c_2 (рис. 3.6, в).

И теория, и опыт показывают, что такая ситуация — самопроизвольное упорядочение — возникновение разностей давлений p , температур T или концентраций c — столь маловероятна, что ее возникновение было бы чудом. Напротив, если такую разность создать искусственно, путем внешнего воздействия (с затратой соответствующей работы), она тут же начнет самопроизвольно выравниваться.

Действительно, если разделить сосуд перегородкой и заполнить его отсеки кислородом и азотом, то при удалении перегородки газы равномерно перемешаются. То же будет при разных давлениях или температурах — они выравниваются, и в конце концов установится некоторое среднее значение.

Теперь мы можем вернуться к свойствам энтропии — ее статистической трактовке. В результате работ Л. Больцмана и затем М. Планка была установлена известная зависимость

$$S = k \ln w^*. \quad (3.8)$$

Энтропия пропорциональна логарифму термодинамической вероятности (т. е. числу w микросостояний, которыми данное макросостояние может быть реализовано). Коэффициент k — постоянная Больцмана — имеет определенный физический смысл: он равен отношению универсальной газовой постоянной R_u к числу Авогадро N_A .

* Эта формула высечена на пьедестале надгробного памятника Л. Больцману в Вене.

Применительно к примерам, рассмотренным выше, формула (3.8) показывает, что чем больше число ω (например, все монеты лежат в беспорядке или газ равномерно распределен в сосуде и т. д.), т. е. чем больше вероятность данного состояния, тем больше и энтропия S . Если, напротив, $\omega \rightarrow 1$, т. е. все единственным образом упорядочено (например, все монеты лежат одинаково), то $S=0$ (поскольку $\ln 1=0$).

Таким образом, поскольку все физические системы самопроизвольно стремятся к состоянию большей вероятности, к равновесию, то энтропия любой изолированной системы, свободно меняющей свое состояние, *может только увеличиваться*. Если система уже находится в равновесии или обратимо изменяет состояние, то энтропия будет *постоянной*. Самопроизвольно она уменьшаться не может.

Все три процесса, показанные на рис. 3.6, могут идти только влево (рост энтропии S). Вправо (штриховая стрелка) они идти не могут, так как энтропия при этом уменьшилась бы, что невозможно.

Таким образом, и статистическая трактовка энтропии приводит тоже к положениям второго закона термодинамики: в изолированных системах энтропия может либо оставаться неизменной (в идеальных, обратимых процессах, где уровень неорганизованности остается неизменным), либо возрастать (в реальных процессах, где неупорядоченность, неорганизованность возрастают).

В формулировке М. Планка эта мысль выражена предельно четко: «В природе для каждой системы тел существует величина, которая при всех изменениях, которые затрагивают *только эту систему*, или остается постоянной (обратимые процессы), или увеличивается (необратимые процессы). Это *энтропия* системы».

Эта формулировка второго закона термодинамики очень близка по стилю и четкости к формулировке первого закона, которую дал Фейнман (мы ее приводили на с. 86) и смысл которой аналогичен утверждению: «Существует величина, которая при всех изменениях, которые затрагивают только эту систему, остается постоянной. Это энергия системы».

Соответственно существование ррт-1 противоречит постоянству энергии, существование ррт-2 точно так же противоречит постоянству или возрастанию энтропии.

В отличие от первого закона, относящегося к так называемым

«динамическим», второй закон носит, как мы видели, *статистический* характер. В «рассуждении» о законах, которым заканчивалась предыдущая глава, мы обещали вернуться к статистическим законам позже. Сейчас это можно сделать.

Динамические законы описывают состояние и поведение индивидуальных объектов (тел, систем). Внутреннее их строение для динамических законов не имеет значения. Если известно, что система *A* передала системе *B* какое-то количество энергии ω (в условиях, когда они обе изолированы), то мы точно знаем, что энергия системы *A* уменьшилась точно на ω , а системы *B* ровно на столько же увеличилась совершенно независимо от того, что в них при этом происходило.

Статистические законы описывают состояние и поведение совокупности (множества) объектов, рассматривая ее как нечто целое.

При таком подходе физическое тело (например, газ) рассматривается как множество молекул, поведение каждой из которых определяется случайностью. Мы не можем точно сказать, как ведет себя каждая молекула в отдельности (как, например, каждая монета в рассмотренном выше примере). Однако «общее поведение» молекул (так же как и число монет, находящихся в определенном положении) мы найти с определенной степенью вероятности можем. Эта вероятность, как вы видели, тем больше, чем больше число отдельных молекул определяет давление, температуру и энтропию газа или жидкости.

Вероятность предсказания таких общих величин, определяемых статистическими законами, как мы видели даже на простых примерах, практически равна единице, а отклонения от нее — нулю¹.

После появления первых статистических законов они сначала считались «второстепенными», «неполноценными». Сейчас статистические законы заняли в науке, в частности в физике, равноправное (если не преобладающее) положение по отношению к динамическим. Они столь же надежно предсказывают поведение систем (ес-

¹ Иногда возникает вопрос о том, как в природе осуществляется переход к более вероятным состояниям. В примере с монетами и подносом для этого потребовалась некая «внешняя сила» — нужно было кому-то трясти поднос. А в природе? Дело в том, что природа сама всегда «трясет поднос», поскольку неподвижности, равновесия в ней нет. Другое дело, что иногда (и даже часто) эта «тряска» не настолько сильна, чтобы быстро «растормозить» некоторые неравновесности.

Человек в своих интересах может этот процесс ускорить. Например, сжигая топливо для получения электроэнергии, мы используем химическую неравновесность между топливом и кислородом воздуха. Подробнее об этом будет сказано дальше.

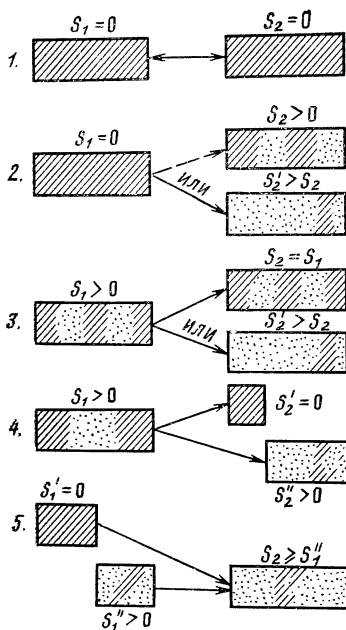


Рис. 3.7. Возможные переходы систем из одного состояния в другое. Переход слева направо возможен во всех случаях, справа налево — только в первом (процесс обратим)

тественно, если количество частиц, входящих в множество, достаточно велико), как и динамические.

Поэтому второй закон термодинамики, имеющий статистическую природу, столь же надежен и «непробиваем», как и первый.

Попытки обосновать ррт-2, ссылаясь на «неполноценность» второго закона из-за его статистической природы, абсолютно безнадежны.

Пользуясь понятием энтропии, мы можем четко определить, какие процессы в принципе допускаются вторым законом термодинамики и какие он не разрешает. Очевидно, что к первым относятся все те, где энтропия S неизменна или возрастает, а ко вторым — те, где она уменьшается.

Удобнее всего показать это графически (рис. 3.7). Слева условно в виде прямоугольников изображены исходные состояния (до проведения процесса), справа — конечные (после его завершения). Размеры каждого прямоугольника, показывающего состояние системы, соответствуют ее энергии; по закону сохранения энергии их площадь в конечном состоянии равна начальной. Чем меньше энтропия S системы, тем более эта система упорядочена. Линиями со стрелками на рисунке показано возможное направление протекания процессов; переход в обратном направлении невозможен.

Первый процесс — переход из одного полностью организованного состояния (1), соответствующего нулевой

энтропии (обозначено штриховкой), в столь же упорядоченное состояние (2). Характерными примерами устройств с такими процессами могут служить механический редуктор, электрический трансформатор или двигатель. В предельном случае каждый из них может полностью преобразовать механическую работу или электроэнергию в работу или электроэнергию с другими, нужными характеристиками. Если же в системе будут потери (трение, тепловыделения от электронагрева), то переход системы в новое состояние будет сопровождаться некоторым возникновением энтропии (случай 2). Чем больше потери, тем больше будет ее значение ($S_2' > S_2 > S_1 = 0$).

Может быть и так, что система в исходном состоянии характеризуется некоторой энтропией S_1 , отличной от нуля (случай 3). Она может перейти как в состояние с такой же энтропией $S_2 = S_1$, сохранив исходный уровень неупорядоченности (идеальный процесс), так и в любое состояние с большей энтропией $S_2' > S_2$ (реальный процесс).

Может быть и так (случай 4), что из одной системы образуются две (или из одного потока энергии два). Тогда полученная сумма энтропий должна либо быть равной исходной (идеальный процесс, $S_2' + S_2'' = S_1$), либо превышать ее (реальный процесс, $S_2' + S_2'' > S_1$). В этом последнем случае возможна, в частности, и ситуация, при которой один из конечных результатов процесса (часть системы или поток энергии) будет характеризоваться меньшей энтропией, чем исходное состояние. Но такое «облагораживание» (уменьшение беспорядка) в одной части неизбежно компенсируется равным или еще большим ростом энтропии в другой части. Здесь одна часть «выбивается в упорядоченные» за счет другой части, но в конечном результате общая энтропия опять вырастет.

Наконец, пятый случай. Здесь вначале либо имеются две системы с разной энтропией, либо подводятся два потока энергии: один в упорядоченной форме ($S = 0$, работа), а другой — в неупорядоченной ($S_1' > 0$, теплота). В результате получается система (или поток энергии)

с общей энтропией S_2 , большей (в реальном процессе) или равной (в идеальном) энтропии $S_1''^*$.

Нетрудно видеть, что все технические устройства, созданные человеком, преобразуют энергию по одной из описанных схем (или их сочетаниям). О первой и второй мы уже говорили. Третья соответствует многочисленному классу процессов, в которых перерабатываются потоки разного уровня неупорядоченности без существенного участия безэнтропийных, упорядоченных потоков энергии (работы, электроэнергии). К ним относятся многие химико-технологические процессы и другие, в которых участвуют в основном потоки вещества и теплоты.

Примером четвертого случая может служить тепловая электростанция, вырабатывающая электроэнергию ($S=0$) и отдающая непревращенную теплоту с большей энтропией в окружающую среду.

Наконец, пятому случаю соответствует тепловой насос. К системе подводится работа ($S=0$) и теплота из окружающей среды $S_1 > 0$, а отводится теплота при более высокой температуре с энтропией $S_2 > S_1$.

Все случаи преобразования энергии, в которых превращение по схемам 2—5 шло бы не слева направо, а справа налево, относятся к нереализуемым: они невозможны, поскольку энтропия уменьшается. Все вечные двигатели второго рода, которые мы будем рассматривать в дальнейшем, сводятся в конечном счете к одной из этих невозможностей.

Все сказанное в этой главе о принципе Карно, порядке и беспорядке, об энтропии и ее статистической трактовке показывает, что второй закон термодинамики, запрещающий ррт-2, нельзя опрокинуть доводом о том, что он «не всеобщий, поскольку статистический». Всюду, где действуют физические законы статистической природы (а все возможные, вернее, невозможные варианты ррт-2, как и вся техника, действуют именно в этих условиях), второй закон незыблем. Житейское правило (особенно хорошо известное женщинам), что беспорядок из порядка всегда возникает сам по себе, а наведение порядка всегда требует затраты работы, здесь оправдывается в полной мере.

* Очевидно, что в четвертом и пятом случаях справа (и соответственно слева) могут быть не две системы или два потока, а больше. При этом условии, что суммарная энтропия справа должна быть равной или большей энтропии слева, естественно, сохраняется.

Однако в запасе у идеологов ррт-2 есть еще три «мощных» довода против второго закона. Один из них связан с философско-космологическими проблемами — это опровержение теории «тепловой смерти Вселенной». Опровергая эту теорию, сторонники ррт-2 пытаются низвергнуть и второй закон. Другой довод — это существование жизни, которая, по их мнению, тоже опровергает второй закон.

Третий довод далеко не такой глобальный, как первые два: он относится к области техники. Сторонники ррт-2 считают, что уже существует техническое устройство, действие которого наглядно опровергает второй закон термодинамики. Это, как ни странно, — тепловой насос, о котором мы уже упоминали.

Поэтому нельзя перейти к разбору конкретных образцов ррт-2 без того, чтобы не коснуться как первых двух, казалось бы, далеких от энергетики вопросов, так и третьего, прямо к ней относящегося, — о тепловом насосе.



Глава четвертая «ТЕПЛОВАЯ СМЕРТЬ ВСЕЛЕННОЙ», БИОЛОГИЯ, ТЕПЛОВОЙ НАСОС

Даже небольшая кучка людей
может создать большую путаницу.

Б. Франклин

4.1. «Тепловая смерть Вселенной» и $ppm-2$

Первая часть второго закона термодинамики — положение о существовании энтропии и ее *неизменности* в обратимых процессах — не вызывает теперь ни у кого сомнений.

Иная ситуация сложилась с другой частью этого закона — положением о неизбежном *возрастании* энтропии в реальных, необратимых процессах. Дискуссии по поводу принципа возрастания энтропии и границах его применимости началась с того самого момента, когда Клаузиус его сформулировал. Дело в том, что он не ограничил область применения закона возрастания энтропии изолированными системами конечных размеров, а распространил его действие ни много, ни мало на всю Вселенную! Это неизбежно приводило к очень далеко идущим выводам.

Клаузиус писал об этом так: «Работа, могущая быть произведенной силами природы и содержащаяся в существующих движениях небесных тел, будет постепенно все

больше и больше превращаться в теплоту¹. Теплота, переходя постоянно от более теплого к более холодному телу и стремясь этим выравнять существующие различия в температуре, будет постепенно получать все более и более равномерное распределение и наступит также известное равновесие между наличной в эфире лучистой теплотой и теплотой, находящейся в телах. И, наконец, в отношении своего молекулярного расположения тела приблизятся к некоторому состоянию, в котором, что



Рис. 41. Рудольф Клаузиус

касается господствующей температуры, совокупное рассеяние будет возможно наибольшим». И далее: «Мы должны, следовательно, вывести заключение, что во всех явлениях природы совокупная величина энтропии всегда может лишь возрасть, а не уменьшаться, и мы получаем поэтому как краткое выражение всегда и всюду совершающегося процесса превращения следующее положение: *энтропия Вселенной стремится к некоторому максимуму*.

Чем больше Вселенная приближается к этому предельному состоянию, в котором энтропия достигает своего максимума, тем больше исчезают поводы к дальнейшим изменениям, а если бы это состояние было, наконец, вполне достигнуто, то не происходило бы больше никаких дальнейших изменений, и Вселенная находилась бы в некотором мертвом состоянии инерции.

Настоящее состояние Вселенной пока что еще очень далеко от этого предельного состояния, и приближение к нему совершается столь медленно, что все те промежутки времени, которые мы называем историческими, представляют собою совершенно краткие отрезки по сравнению с теми чрезвычайно огромными периодами,

¹ Напомним, что в то время не было строгих определений работы и теплоты, поэтому «работа», о которой писал Клаузиус, — это механическая энергия, а «теплота» — внутренняя энергия тел.

в которых нуждается Вселенная, чтобы получились сравнительно ничтожные превращения. Все же остается важным результатом тот вывод, что найден закон природы, который позволяет уверенно заключить, что во Вселенной не все является круговоротом, а что она все дальше и дальше меняет свое состояние в определенном направлении и стремится таким образом к некоторому предельному состоянию».

В поддержку этого положения Клаузиуса высказался, хотя и в более осторожной форме, В. Томсон (Кельвин). В дальнейшем теория «тепловой смерти» отстаивалась учеными, стоявшими на идеалистических философских позициях. Наиболее четко их точку зрения выразил известный английский астрофизик Д. Джинс (1877—1946 гг.). Будучи хорошим популяризатором, он нашел выразительный, поистине пугающий образ Вселенной в виде машины, доживающей свой век: «Машина Вселенной постоянно ломается, трескается и разрушается; реконструкция ее невозможна. Второй закон термодинамики заставляет Вселенную двигаться все время в одном направлении по дороге, которая приводит к смерти и уничтожению».

Наиболее активно за теорию «тепловой смерти» ухватились церковники, поскольку она «работала» непосредственно на них. Папа Пий XII, один из самых реакционных пастырей католической церкви, друг и защитник Гитлера, изрек по этому поводу: «Закон энтропии, открытый Рудольфом Клаузиусом, дал нам уверенность в том, ...что в замкнутой материальной системе... в конце концов процессы в макроскопическом масштабе когда-то прекратятся. Эта печальная необходимость свидетельствует о существовании Необходимого Существа».

На совершенно противоположную позицию встали философы и физики материалистического направления.

Первым, кто ясно предвидел, к чему ведет теория «тепловой смерти» и какое применение ей найдут служители церкви, был Ф. Энгельс. В его «Диалектике природы» этому вопросу посвящено несколько заметок, относящихся к 1873—1875 гг. Приведем одну из них, в которой наиболее четко и в совершенно современных терминах выражены взгляды Энгельса на теорию «тепловой смерти»:

«...Как бы ни толковать второе положение Клаузиуса, но согласно ему энергия теряется, если не количест-

венно, то качественно. Энтропия не может уничтожаться естественным путем, но зато может создаваться. Мировые часы сначала должны быть заведены, затем начинается их движение, пока часы не придут в равновесие, из которого их может вывести только чудо. Потраченная на завод энергия исчезла, по крайней мере в качественном отношении, и может быть восстановлена только путем толчка извне. Следовательно, толчок извне был необходим также и вначале, следовательно, количество имеющегося во Вселенной движения или энергии не всегда одинаково, следовательно, энергию можно создать искусственно, следовательно, она создаваема; следовательно, она уничтожаема. *Ad absurdum!*» [1.4].

Здесь Энгельс пользуется «доказательством от противного»; продолжая логически развивать мысль Клаузиуса, он приводит ее к абсурду, тем самым показывая ее неверность. Абсурд заключается в том, что мир *был создан некоей внешней силой* («Необходимым Существом», как выразился папа Пий XII) и *в конце концов снова исчезнет*.¹

Такая, в принципе совпадающая с библейской, гипотеза «о начале и конце света» для философа-материалиста, естественно, совершенно неприемлема.

Современная наука полностью подтверждает позицию Энгельса, несмотря на то что все известные факты неизменно соответствуют положению о возрастании энтропии. Это относится и к земным условиям, и к космосу. В известной нам части Вселенной (границы которой все время расширяются) не обнаружено никаких явлений, противоречащих принципу возрастания энтропии. Как в земных масштабах, так и в обозримом космосе уменьшение ее в одном месте всегда сопровождается *еще большим* возрастанием в другом, так что суммарная энтропия неизбежно увеличивается.

Как же снимается противоречие между неприемлемой концепцией «тепловой смерти» Вселенной и тем фактом, что в известной нам ее части энтропия все же растет?

Лучше всего об ошибке Клаузиуса, обобщившего принцип возрастания энтропии на всю Вселенную (из-за чего

¹ Характерно, что и в других древних религиях создание мира связано с «антиэнтропийной» деятельностью богов (например, Мардука у вавилонян или Ашшура у ассирийцев), наводящих порядок в хаосе и превращающих его в четко упорядоченные небо и землю.



Рис. 4.2. Людвиг Больцман

и «загорелся сыр-бор»), написал М. Планк: «Едва ли вообще есть смысл говорить об энергии или энтропии мира, ибо такие величины не поддаются точному определению».

Что же касается конкретных теорий, связанных с причинами, исключаящими распространение «на всю Вселенную» принципа возрастания энтропии, то в этом направлении работали и работают многие ученые, начиная с Л. Больцмана. Этот

вопрос выходит за рамки нашей задачи; с ним можно ознакомиться не только по специальной литературе [1.24—1.25], но и научно-фантастической [2.18].

Из всего того, о чем говорилось выше, вывод может быть однозначным: где бы ни проходила граница применимости положения о возрастании энтропии, а следовательно, и второго закона в целом, она проходит *достаточно далеко от условий, существующих в известной нам части Вселенной*. Для тех, кто занимается земной и даже космической энергетикой, второе начало термодинамики незыблемо.

Правильность второго закона вовсе не определяет неизбежность «тепловой смерти» Вселенной. Точно так же отрицание «тепловой смерти» вовсе не ведет к отрицанию второго закона термодинамики — это разные вещи. Второй закон действует «в пределах своей компетенции» неотвратно; эти пределы, как мы видим, достаточно широки.

Здесь действует тот самый принцип соответствия Н. Бора, о котором мы упоминали в «Рассуждении о законах». Более широкие законы релятивистской термодинамики, опровергающие тепловую смерть Вселенной, которые сейчас создаются, никогда не отменяют ее второго закона, а будут включать его как частный случай, сохраняющий силу в определенных для него пределах (так же, как классическая механика входит как часть в механику релятивистскую).

Сторонники ррт-2, защищающие возможность использования в энергетике «концентрации энергии» на основе уменьшения энтропии, никак не могут смириться с тем, что отрицание «тепловой смерти» и отрицание закона возрастания энтропии — вещи разные. Они упорно твердят о том, что раз теория тепловой смерти неверна, то неверен и второй закон, «из которого она следует». Тот факт, что она из второго закона *никак не следует* и такой «логический ход» (экстраполяция закона за пределы его применимости) недопустим, игнорируется.

Из всего предыдущего ясно, что опрокинуть второй закон термодинамики перенесением дискуссии на масштабы Вселенной нельзя. Тем более невозможно доказать таким путем (несмотря на широкое использование цитат из классиков науки) существование «антиэнтропийных» процессов, т. е. идущих с уменьшением энтропии, пригодных для реализации ррт-2*.

Шаткость «космической» базы антиэнтропийных теорий заставляет защитников ррт-2 искать для них более надежный фундамент (не отказываясь и от прежнего). Некоторая путаница в биологической термодинамике создала для этого благоприятную почву.

4.2. Живая природа и второй закон термодинамики

Вторым, на первый взгляд, убедительным доводом, предназначенным для ниспровержения всеобщей применимости второго закона, служит утверждение, что существование жизни на земле противоречит ему. О том, что жизнь — «антиэнтропийный процесс», ведущий к «концентрации», «облагораживанию» энергии, пишут не только защитники ррт-2. Они не сами это придумали, а просто ссылаются на то, что написали некоторые философы, см. например [3.11]; находятся даже и биологи [3.12, 3.26], проповедующие такие теории, не говоря уже о специалистах из других областей науки, тоже попутно затрагивающих эту интересную тему. Как всегда в таких

* Известно, что в ситуациях, когда в ходе дискуссии нет серьезных доводов или фактов, некоторые люди прибегают к ссылкам на авторитеты; особенно часто используются классики. Этот средневековый прием доказательства «argumentum ipse dixit» («сам сказал») используется идеологами ррт-2 очень широко [3.1—3.2], причем соответствующие цитаты приводятся без серьезного их анализа, без учета времени и условий, при которых отрывок был написан.

случаях, авторы приводят большое количество соответствующих цитат из трудов классиков науки, где так или иначе говорится об энтропии и жизни. Действительно, если жизнь антиэнтропийна, то нет никаких принципиальных запретов на создание $rpm-2$ на основе взятых из биологии принципов.

Вот что пишет по этому поводу в предисловии к книге П. К. Ощепкова [3.1] проф. П. Остроумов: «...Да и среди непосредственно окружающего нас мира мы наблюдаем явления, в которых хаос уступает порядку, где также, хотя и временно, наблюдаются как бы отступления от законов статистики, а теория вероятностей требует углубления и расширения. Это — явления в живой природе. Здесь второй закон в его примитивной форме применим далеко не всегда. Невольно возникает мысль: нельзя ли искусственно создать механизм, упорядочивающий статистическое тепловое движение частиц, воспроизводящий функции живого организма хотя бы лишь с энергетической стороны».

Если опустить весьма неопределенные, но «ученые» слова, не имеющие конкретного содержания, вроде «временного отступления от законов статистики», «примитивной формы второго закона» и «углубления и расширения теории вероятностей», то остается достаточно четкий тезис: живая природа демонстрирует нам антиэнтропийные процессы, противоречащие второму закону; познаем их и сделаем на их основе $rpm-2$!

Если это так, то нужно внять призывам Остроумова и Ощепкова и развернуть усилия энергетиков в этом многообещающем направлении; если же это не так и живая природа подчиняется второму закону, то следование их призывам бессмысленно и ведет в тупик.

Итак, что же происходит с энтропией в живой природе? Чтобы разобраться в этом, нет никакой необходимости вести специальные исследования: вопрос давно решен и нужно только познакомиться с соответствующей литературой. Наиболее четко существо дела изложено в небольшой, но очень весомой классической книжке известного физика А. Шредингера «Что такое жизнь с точки зрения физика» [1.8]. В 1984 г. вышла в значительной степени посвященная этой же теме научно-популярная работа чл.-корр. АН СССР К. К. Ребане [1.10]. Мы подойдем к изложению вопроса не столько с физических, сколько с более конкретных инженерно-термодинамиче-

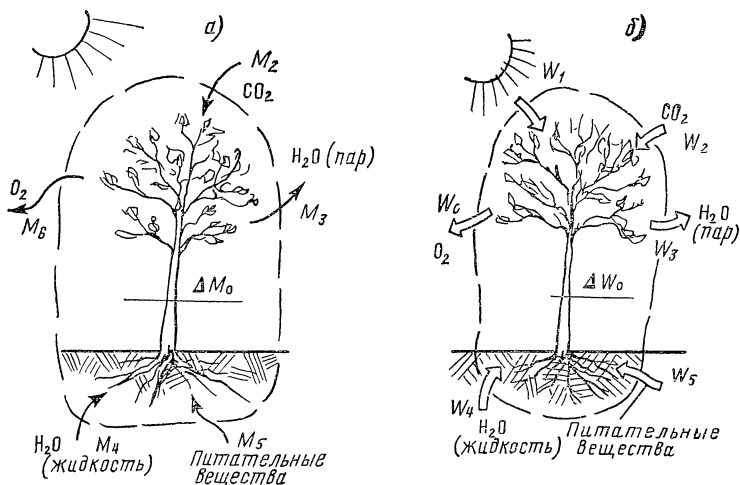


Рис. 4.3. Схемы материального (а) и энергетического (б) балансов растения

ских позиций, имея в виду конечную цель, связанную с ppm-2.

Составим для этого прежде всего в общем виде энергетический баланс, характерный для растений, а затем такой же для животных. Такой баланс можно представить достаточно надежно, если не углубляться в существо сложнейших биологических процессов, а ограничиться входящими и выходящими потоками энергии.

На рис. 4.3 представлена схема материального (потоки вещества) и энергетического балансов растения, основанных на законах сохранения массы и энергии. Чтобы составить такие балансы, окружим растение так называемой замкнутой контрольной поверхностью (штриховая линия), чтобы учесть все входящие и выходящие потоки. Если хотя бы один из них ускользнет от учета (или, наоборот, будет учтен тот, который через контрольную поверхность не проходит), баланс станет неверным. Тогда никаких мало-мальски стоящих выводов из него делать нельзя. Мы постараемся не допустить такой ошибки.

Материальный баланс будет иметь вид

$$M_2 + M_4 + M_5 - (M_3 + M_6) = \Delta M_0.$$

Это уравнение показывает: все, что получает растение $(M_2 + M_4 + M_5)$ за определенный отрезок времени, за вычетом того, что оно отдает $(M_3 + M_6)$, идет на приращение ΔM_0 его массы, связанное с ростом. Аналогичное уравнение получится и для энергии:

$$W_1 + W_2 + W_4 + W_5 - (W_3 + W_6) = \Delta W_0.$$

Здесь ΔW_0 — прирост внутренней энергии растения, определяемый увеличением его массы при росте.

Чтобы установить, нарушает эта система второй закон термодинамики или нет, нужно проверить, что происходит с энтропией в процессе жизнедеятельности растения: увеличивается она или уменьшается?

Очевидно, что живая ткань растения более высоко структурно организована, чем поступающие из воздуха питательные вещества. Поэтому при образовании такой ткани (с массой ΔM_0) ее энтропия будет несомненно меньше, чем суммарная энтропия исходных веществ (CO_2 , H_2O и питательных веществ почвы). В этом смысле образование и накопление живой ткани растения и поддержание ее существования будет несомненно антиэнтропийным процессом. Но никак нельзя забывать, что одновременно неизбежно меняется энтропия потоков вещества и энергии, проходящих через контрольную поверхность. Здесь получается обратная картина (рис. 4.3): суммарная энтропия выходящих потоков (3 и 6) неизбежно оказывается *много большей*, чем входящих (1, 2, 4 и 5). Это объясняется тем, что энтропия поглощаемого солнечного излучения¹ сравнительно невелика, так же как и поступающих из почвы минеральных солей; энтропии газов — кислорода и CO_2 — близки по значениям. Зато энтропия водяного пара, отдаваемого листьями, относительно велика (примерно в 3 раза больше, чем у воды). В результате энтропия потоков, проходящих через контрольную поверхность, *возрастает намного больше, чем снижается энтропия веществ, превращающихся в органическую ткань*.

¹ Поток излучения, как и всякий поток энергии, тоже характеризуется определенной степенью беспорядка (разные частоты и другие характеристики колебаний частей спектра). Только монохроматическое когерентное излучение (например, лазера) полностью упорядочено и (как и работа) характеризуется нулевой энтропией.

Если первую величину — прирост энтропии — обозначить через $\Delta S'$, а вторую (уменьшение энтропии) — через $\Delta S''$, то оказывается, что всегда $\Delta S' \gg \Delta S''$.

Следовательно, в *целом* энтропия неизбежно возрастает на величину

$$\Delta S = \Delta S' - \Delta S'' \gg 0.$$

Другими словами, растения только потому могут расти антиэнтропийно, что «сбрасывают» избыток энтропии в окружающую среду; при этом прирост энтропии в ней *намного больше*, чем снижение ее в самом растении. Поэтому все рассуждения об «антиэнтропийной роли растительной жизни», о «нарушении второго закона термодинамики» совершенно неверны. Они основаны на неполном учете всех величин, определяющих общее изменение энтропии, подмене точного анализа и расчета общими рассуждениями.

Если взять другую часть органического мира — животных, то здесь наблюдается та же картина. Животные, питаясь растениями (или другими животными), а также поглощая воду и кислород воздуха, выделяют CO_2 , теплоту и продукты, получаемые в результате переваривания пищи. Энтропия всего того, что выделяется, *намного больше* энтропии того, что поглощается. В результате уменьшение энтропии, происходящее как при образовании новых органических тканей и отмирании старых, так и при поддержании их жизни, оказывается *намного меньше*, чем общий прирост энтропии. Животные тоже «сбрасывают» излишнюю энтропию в окружающую среду, развивая или поддерживая таким путем свою внутреннюю высокоорганизованную малоэнтропийную структуру. В целом энтропия опять неизбежно растет. Очень наглядно проиллюстрировал это положение Э. Шредингер, о котором мы уже упоминали. Он писал так: «Энтропия кошки уменьшается за счет того, что возрастает энтропия системы «кошка+мышь»; т. е. то, что получается из мыши после того, как кошка ее съест и переварит, имеет значительно *большую* энтропию, чем мышь».

Таким образом, и с другой, биологической стороны опровергнуть второй закон тоже не удастся. Остается еще одна, последняя возможность — создать техническое устройство (или найти готовое), которое действовало бы вопреки второму закону термодинамики. Лучше всего, конечно, было бы, если бы такая система была двигате-

лем и производила работу; но это в конце концов необязательно. Для доказательства достаточно только указать любую систему такого рода, поскольку возможность ее существования однозначно определяет и возможность создания действующего ррт-2. В последнем параграфе этой главы мы рассмотрим одно такое устройство — тепловой насос, принцип действия которого уже обсуждался на стр. 125. По мнению многих сторонников «энергетической инверсии», он своей работой наилучшим образом опровергает второй закон термодинамики.

Прежде чем приступить к разбору теплового насоса, полезно проделать небольшую работу по ознакомлению с одним термодинамическим методом, который позволяет просто и наглядно определять, может ли работать любое предложенное устройство с точки зрения второго закона термодинамики, и если может, то какова его термодинамическая эффективность. Это не только очень удобно для анализа теплового насоса, но и позволит дополнительно рассмотреть роль второго начала термодинамики в биологии.

4.3. Эксергетический баланс и КПД

Энтропия — основная величина, определяющая возможность (или невозможность) протекания процессов в любых системах преобразования вещества и энергии с позиций второго закона термодинамики. Суммарная энтропия неизменна или растет — процесс возможен; уменьшается — невозможен. В рассмотренных выше случаях мы успешно пользовались именно этим фундаментальным свойством энтропии для того, чтобы определить, что *может быть в энергетических превращениях и чего быть не может*.

Однако не только этим свойством определяются возможности практического использования энтропии. Она может помочь в решении другой, не менее важной задачи — определить качество энергетических превращений (а следовательно, и любых устройств, в которых они производятся).

Когда говорят об энергосберегающей технологии, об уменьшении потерь энергии, то речь по существу идет не об энергии в *количественном смысле*. Нужно четко понимать, что в *количественном отношении энергию сберегать не нужно*, об этом автоматически заботится первый

закон термодинамики — закон сохранения энергии. Любое техническое устройство (да и вообще все на свете, что живет и движется) действует всегда так, что энергия сохраняется: сколько ее входит, столько неизбежно и выходит; она никогда не теряется. Поэтому сбережение энергии — это по существу *сбережение ее качества*. Именно об этой качественной стороне энергии писал Энгельс в «Диалектике природы». Любая технология и технические устройства, в которых она осуществляется, тем совершеннее, чем меньше будет возрастет энтропия в результате их функционирования, т. е. чем меньше будет «портиться» энергия.

Поясним это на простом примере — тепловой электростанции. В ней протекает целая цепочка энергетических превращений. Сначала химическая энергия топлива и окислителя (кислорода воздуха) превращается во внутреннюю энергию раскаленных продуктов сгорания; затем эта энергия в форме теплоты передается воде и превращается во внутреннюю энергию пара. В свою очередь энергия пара в турбине превращается в механическую, а та — уже в электрическую. Часть внутренней энергии пара отводится из конденсатора охлаждающей водой и выбрасывается в окружающую среду. В целом вся эта последовательность укладывается в вариант 4 схемы энергетических превращений на рис. 3.7. Часть энергии (от 35 до 40 %) преобразуется в полностью упорядоченную, безэнтропийную электроэнергию, зато другая, большая ее часть, низкокачественная, с повышенной энтропией, сбрасывается в окружающую среду. Совершенно очевидно, что чем больше возрастание энтропии на каждом этапе энергетических превращений (т. е. чем хуже они организованы), тем больше будет и суммарный рост энтропии. А это неизбежно приведет к уменьшению безэнтропийной доли энергии на выходе (т. е. электроэнергии) и увеличению доли сбрасываемой высокоэнтропийной теплоты. В электроэнергию перейдет не 35—40 % исходной химической энергии, а меньше — 30, 25 % и т. д. То же самое будет и в любой другой технической системе, что бы она ни производила — теплоту, холод, каучук или металл...

Чем менее совершенны технологические процессы и соответствующее им оборудование, тем больше рост энтропии и тем меньше целевых продуктов будет получено при той же затрате энергии.

Таким образом, экономия энергоресурсов всегда сводится в конечном счете к сохранению *качества* энергии, к борьбе против роста энтропии.

Однако при всех достоинствах энтропии (и как критерия возможности осуществления процессов, и как меры, характеризующей качество энергетических превращений в них) ее непосредственно использовать для этих целей нельзя. Это объясняется тем, что энтропия и ее изменения не показывают *непосредственно* количества энергии как того, которым мы в каждом случае можем располагать и которое можем полезно использовать, так и того, которое теряется бесполезно. Конечно, можно их найти, зная энтропию, но каждый раз для этого нужен специальный расчет с привлечением дополнительной информации.

Чтобы иметь эти количества сразу и одновременно определять, нарушается второй закон или нет, было изобретено специальное термодинамическое понятие — *эксергия* [1.18—1.19]¹. В чем ее смысл?

Мы уже видели, что любая упорядоченная энергия (с энтропией $S=0$ (рис. 3.7) может быть всегда полностью переведена в любой другой вид энергии; напротив, если энергия в той или иной степени неупорядочена ($S>0$), то на ее способность к превращениям второй закон налагает определенное ограничение. Чем больше эта энтропия, тем энергия менее качественна и тем меньше высококачественной (безэнтропийной) энергии (например, работы или электроэнергии) она в данных условиях может дать. Это означает, что безэнтропийная энергия может служить как бы эталоном, общей мерой качества, работоспособности любого вида энергии. Она и была названа эксергией. В такой (общей мере) эксергии, конечно, «спрятана» внутри энтропия как некая базовая величина; это необходимо, но недостаточно. Кроме нее в эксергию неизбежно должны входить и другие величины, характеризующие как энергию, так и ту окружающую среду, в которой энергия используется.

Действительно, представим себе, например, что мы располагаем 100 единицами (кДж) теплоты Q при раз-

¹ Оно (правда, под другим названием) появилось не намного позже самого второго закона термодинамики — в 80-х годах прошлого века, но нашло широкое применение только в наше время. Термин «эксергия» (т. е. внешняя, способная проявиться в деле энергия) предложил югославский ученый З. Рант в 1956 г.

ных температурах $T=500, 1000$ и 1500 К. Отнеся Q к T , мы будем знать энтропию, но ответа на вопрос, какую работу можно получить, располагая этой теплотой (т. е. какова его эксергия), мы не получим. Для этого нужно найти ее работоспособность, эксергию, т. е. максимальную работу, которую она может дать.

Эта величина — эксергия теплоты E_q — определяется по той самой формуле Карно—Клаузиуса, о которой мы уже говорили в предыдущей главе $\left(L = Q \frac{T_1 - T_2}{T_1}\right)$. Кроме температуры T_1 в формулу входит и температура теплоприемника T_2 , которая в нашей задаче соответствует температуре окружающей среды $T_{o.c}^*$. Примем ее равной 300 К ($+27^\circ\text{C}$).

Тогда работоспособность (эксергия) 100 кДж теплоты составит: для первого случая $E_{q1} = 100 \frac{500 - 300}{500} = 40$ кДж, для второго — $E_{q2} = 100 \frac{1000 - 300}{1000} = 70$ кДж и для третьего $E_{q3} = 80$ кДж.

Очевидно, что при других $T_{o.c}$ значения эксергии будут тоже другими, поэтому учитывать ее нужно обязательно.

Характерно, что сторонники «энергетической инверсии», т. е. извлечения теплоты из окружающей среды, превращения ее в работу и создания на такой основе ррт-2, не признают очевидного факта зависимости работоспособности теплоты от температуры. Это и естественно. Согласие с существованием такой зависимости неизбежно приводит к краху всей концепции ррт-2, поскольку «теплота окружающей среды» при $T_1 = T_{o.c}$ никакой работы дать не может. Тем не менее В. К. Ощепков пишет: «Калории есть калории, независимо от того, при какой температуре они измерены» и далее, чтобы не оставить никаких сомнений в смысле этого утверждения: «В природе нет и не может быть энергии более ценной и менее ценной — энергия всегда есть энергия» [3.1].

Естественно, что никаких научных доказательств этого, мягко говоря, странного тезиса не приводится. Игнорируется не только все, что сделано в термодинамике за последние 150 лет, прошедшие со времен Карно, но и все, что мы наблюдаем в природе и используем в технике.

¹ Если мы отдадим теплоту при другой температуре, она еще будет иметь некоторую работоспособность; чтобы извлечь всю работу, нужно отдать теплоту совершенно неработоспособную, т. е. характеризующуюся температурой среды.

Аналогично тому, как это делается для потока теплоты, можно определить и эксергию любого вида внутренней энергии, связанной с каким-либо телом. В определении эксергии в зависимости от того, с какой энергией мы имеем дело, могут участвовать не только температура, но и другие величины, например давление.

Если мы располагаем, например, баллоном, содержащим газ под определенным давлением, пусть 10 МПа, то в земной атмосфере с давлением $p_2=0,1$ МПа он будет иметь работоспособность, которую можно реализовать, заставив его, скажем, вращать турбину, в которой газ расширится до 0,1 МПа.

Но если поместить такой баллон, например, в венецианскую атмосферу при $p_2=10$ МПа, или в глубину моря, где такое же давление, то работоспособность (эксергия газа) в нем будет равна нулю (давления p_1 и p_2 равны — газ в баллоне энергетически «мертв»).

Работоспособность — эксергия вещества — энергосносителя может определяться не только различием с окружающей средой в температуре и давлении. Не менее важна и разница в химическом составе. Если она есть, — существует и эксергия, которая может быть превращена в работу или другую безэнтропийную энергию с помощью соответствующего устройства. Это можно пояснить тоже «космическим» примером. Природный газ (в основном метан) имеет высокую работоспособность в среде воздуха или еще большую в среде кислорода. Но если поместить его в метановую атмосферу (где-нибудь на Юпитере), его работоспособность исчезнет — эксергия станет равной нулю. Напротив, воздух в этих же условиях будет прекрасным «топливом» с большой работоспособностью.

Нетрудно видеть, что все приведенные примеры аналогичны тем, которые приводились ранее (рис. 3.6) при разборе понятия энтропии. Эксергия (возможность получить работу) имеется, если существуют разности потенциалов интенсивных величин — температур, давлений или химических составов. Если их нет — система энергетически мертва — энтропия имеет максимальное значение.

Разница между последними примерами и показанными на рис. 3.6 состоит в том, что роль одной из половин сосуда играет окружающая среда, что в большей мере соответствует реальным техническим задачам.

Оценка энергетических ресурсов с помощью эксергии широко используется и в теории — во многих разделах термодинамики и в инженерной практике. Эксергия служит общей, единой мерой любых видов энергии (потока теплоты, вещества, излучения), определяя точной количественной мерой ее качество. Она дает возможность сформулировать второй закон термодинамики в менее общей, но зато более практически удобной форме, чем энтропия. Эта формулировка гласит: *В любых реальных процессах, протекающих в условиях взаимодействия с равновесной окружающей средой, эксергия либо остается неизменной (в идеальных процессах), либо уменьшается (в реальных).* Это означает, что любой процесс, в котором общая эксергия на выходе E'' равна или меньше входящей E' , возможен; напротив, если $E'' > E'$, то невозможен и представляет собой некий вариант ррт-2.

Если отнести E'' к E' , то получим так называемый эксергетический КПД $\eta_e = E''/E'$. Очевидно, что η_e в идеальном случае равен единице, т. е. 100 %, а в реальном $\eta_e < 100$ %. Если же η_e получается больше 100 %, то мы неизбежно имеем дело с каким-либо вариантом ррт-2. Здесь просматривается четкая связь с фундаментальным энтропийным определением второго закона. Первый случай — идеальный процесс соответствует постоянству энтропии, второй — ее росту. Но пользоваться эксергетическим критерием более удобно: он непосредственно включает энергетические величины и в этом отношении аналогичен первому закону термодинамики. (Напомним, что неперенное условие выполнения первого закона — равенство энергий: $\Sigma W' = \Sigma W''$; для второго закона $\Sigma E'' \leq \Sigma E'$.)

Вооружившись эксергетическими уравнениями, можно без излишних сложностей проанализировать любой нужный нам процесс или систему. Если системы еще нет, мы исследуем ее проект на предмет возможности ее осуществления; если она существует, то можно проверить, каков ее КПД.

Эксергия дает также возможность сформулировать удобное определение ррт-2, симметричное определению ррт-1. Если ррт-1 — это машина, делающая энергию из «ничего» ($\Sigma W'' > \Sigma W'$; разность $\Delta W = \Sigma W'' - \Sigma W'$ берется «ниоткуда»), то ррт-2 — это машина, делающая эксергию из того же «материала» ($\Sigma E'' > \Sigma E'$; разность $\Delta E = \Sigma E'' - \Sigma E'$ берется тоже «ниоткуда»).

Эксергия дает возможность более удобно, чем с помощью энтропии, охарактеризовать энергетические превращения в биологических объектах. Действительно, характеризуя энергетику растений и животных, мы по образцу [1.8, 1.10] говорили о том, что, поглощая потоки вещества и энергии с малой энтропией, они выдают их с большей энтропией, т. е. «сбрасывают» энтропию в окружающую среду. Тем самым доказывалось, что они функционируют в полном согласии со вторым законом. Но как сказать одним словом (причем строго научно) не о том, что они «сбрасывают», а о том, чем они питаются (в энергетическом смысле)?

Физики, привыкшие к «понятной, родной энтропии» (по выражению одного физико-химика), не смогли с ней расстаться и подошли к задаче чисто математически. Э. Шредингер ввел понятие «негэнтропии» (негативная) энтропия, энтропия с обратным знаком). Получается, что, следовательно, они «питаются» отрицательной энтропией — «негэнтропией». За Шредингером термин «негэнтропия» пустили в ход и другие физики, а за ними и некоторые биологи. С формально-математической стороны здесь все в порядке; любая величина может быть представлена как положительной, так и отрицательной. Однако за термином «негэнтропия» не стоит никакая физическая реальность: значение энтропии, меньшее нуля, соответствует некоторому несуществующему состоянию «сверхорганизованности».

Очевидно, что эксергия более строго, чем негэнтропия, характеризует упорядоченную качественную энергию, за счет которой организм живет.

«Питание» организма эксергией имеет четкий физический смысл. То, что организм использует, определяется непосредственно разностью получаемой и отводимой эксергии. При таком подходе все становится на место без каких-либо оговорок.

В частности, становятся четко просматриваемыми энергетические связи в «экологической пирамиде». Растения, поглощая эксергию с солнечным светом и веществами из почвы и воздуха, не только живут сами, но и дают эксергию животным. Стоящий на вершине экологической пирамиды человек получает эксергию со «всех этажей» пирамиды — от растений, животных и неравновесной окружающей среды. Каждый «этаж» имеет и свои отходы, эксергия которых используется на нижестоящих этажах.

Любопытно, что Л. Больцман, который больше, чем кто-либо, занимался энтропией, описывая такую экологическую пирамиду, пользовался не энтропией, а «энергией, которую можно использовать», т. е. по существу эксергией. Он писал [1.23]: «Всеобщая борьба за существование живых существ — это не борьба за составные элементы, — составные элементы всех организмов имеются налицо в избытке в воздухе, воде и в недрах земли, и не за энергию, ибо

она в изобилии содержится во всяком теле, к сожалению, в форме непревращаемой теплоты¹. Но это борьба за энергию, которую можно использовать при переходе с горячего Солнца к холодной Земле. Чтобы возможно полнее использовать этот переход, растения выпускают огромную поверхность своих листьев и заставляют солнечную энергию, прежде чем она упадет до уровня температуры земной поверхности, выполнять химические синтезы... Продукты этой химической кухни служат предметом борьбы в мире животных».

Во времена Больцмана экологический кризис еще не возникал в такой форме, как теперь; поэтому он пишет о составных элементах, что они «имеются в избытке».

Пользуясь понятием эксергии, мы в следующей главе сможем рассмотреть целый ряд предложений по созданию $ppm-2$. Здесь же мы проанализируем в качестве примера тепловой насос — известное техническое устройство, приводимое сторонниками энергетической инверсии как наглядный пример реальной «концентрации энергии». Этому простому и понятному устройству приписываются самые невероятные, чудесные свойства; опираясь на них, тепловой насос пытаются использовать как таран, чтобы пробить брешь во втором законе термодинамики и протащить через нее $ppm-2$ в энергетику.

4.4. Тепловой насос — чудо или не чудо?

Напомним принцип действия теплового насоса² (о нем уже шла речь в гл. 3). Независимо от типа и конструкции это устройство выполняет, как правило, одну функцию — отбирает теплоту $Q_{0,c}$ от окружающей среды при ее температуре $T_{0,c}$ и отдает теплоту при более высокой температуре T_r в отапливаемое помещение или для подогрева в каком-либо техническом устройстве. Такой процесс перехода теплоты сам по себе происходить не может — это запрещено вторым законом термодинамики. Поэтому для обеспечения работы тепловых насосов необходима определенная затрата эксергии. Чаще всего для привода теплового насоса используется электроэнергия.

Принципиальная схема наиболее простого (парокомпрессионного) теплового насоса показана на рис. 4.4.

¹ Т. е. внутренней энергии.

² Подробнее с тепловыми насосами можно познакомиться в специальной литературе [1.26, 1.27].

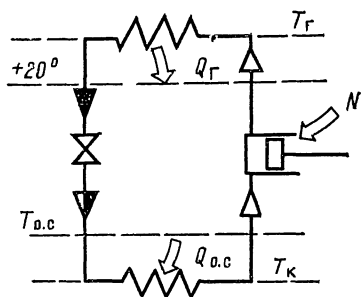


Рис. 4.4. Схема теплового насоса

Рабочее тело в парообразном состоянии сжимается компрессором (поэтому установка и называется парокompрессионной). Нагретый при сжатии пар охлаждается и переходит в жидкое состояние в конденсаторе; при этом от него при повышенной температуре $T_г$ отводится к потребителю (например, в нагреваемое помещение) теплота $Q_г$. Полученная жидкость рас-

ширяется в дросселе, и ее давление снижается. При этом часть жидкости испаряется и ее температура падает до $T_к$, несколько более низкой, чем температура окружающей среды $T_{о.с}$. В испарителе холодная жидкость, отнимая теплоту $Q_{о.с}$ у окружающей среды, полностью испаряется и снова поступает в компрессор; цикл замыкается.

Возьмем для примера конкретные показатели работы насоса, близкие к тем, которые встречаются на практике.

Чтобы отапливать помещение и поддерживать в нем температуру $+20^\circ\text{C}$, конденсирующееся рабочее тело должно иметь температуру $T_г$, скажем, 50°C (323 K). Пусть температура окружающей среды $T_{о.с}$ будет -10°C или 263 K (зимние условия). Для того чтобы рабочее тело могло кипеть в испарителе, отнимая теплоту от среды, оно должно быть несколько холоднее ее. Примем температуру кипения $T_к = -20^\circ\text{C}$ (253 K).

Примем также, что отдаваемая в помещение тепловая мощность $Q_г$ составляет 5 кВт, а подводимая к компрессору $N = 2$ кВт. Тогда по энергетическому балансу тепловая мощность $Q_{о.с}$, отбираемая от окружающей среды, составит $5 - 2 = 3$ кВт. Пользуясь этими данными, можно легко рассчитать все энергетические характеристики теплового насоса. Чтобы закончить рассмотрение баланса, характеризующего систему с позиций первого начала термодинамики, определим отношение полученной теплоты $Q_г$ к затраченной электрической работе. Эта величина, называемая *тепловым или отопительным коэффициентом*, здесь имеет значение $\mu = 5/2 = 2,5$. Сле-

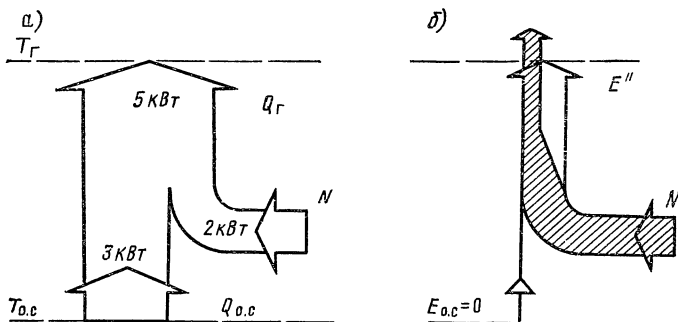


Рис. 4.5. Полосовые графики энергетического (а) и эксергетического (б) балансов теплового насоса

довательно, на 1 кВт электрической мощности, подводимой к компрессору, в помещение отдается 2,5 кВт тепловой мощности. Тот факт, что $\mu > 1$, вызывает восторг у сторонников «энергетической инверсии». Называя μ коэффициентом полезного действия (вместо теплового коэффициента), они утверждают, что он (КПД) превышает 100 %, так как «концентрирует энергию», взятую из окружающей среды. Диаграмма на рис. 4.5 наглядно показывает этот энергетический баланс в виде полосового графика, где ширина каждой полосы пропорциональна соответствующему потоку энергии.

Теперь займемся анализом этого же теплового насоса с позиций второго закона термодинамики. Начнем с энтропии. В этом простом примере ее легко подсчитать. Действительно, отдаваемая энтропия

$$S'' = Q_Г / T_Г = 5 / 323 = 0,015 \text{ кВт/К},$$

а подводимая

$$S' = Q_{о.с} / T_{о.с} = 3 / 253 = 0,012 \text{ кВт/К}.$$

Больше никакая энтропия к тепловому насосу не подводится, так как высокоорганизованная электроэнергия безэнтропийна. Значит, со вторым законом здесь все в порядке: отводимая энтропия S'' больше подводимой S' . Необратимые, реальные процессы в тепловом насосу приводят, естественно, к ее возрастанию на $\Delta S = 0,003 \text{ кВт/К}$. Значит, *действие теплового насоса нико-*

им образом не противоречит второму закону термодинамики: энтропия растет. А как же с КПД и «концентрацией» энергии?

Займемся этим и рассмотрим работу теплового насоса посредством составления и анализа его эксергетического баланса. В такой баланс, так же как и в энергетический, должны входить три члена, соответствующих энергетическим потокам. Однако один из них будет равен нулю, поскольку эксергия потока теплоты $Q_{0,c}$, отбираемой из окружающей среды при $T_{0,c}$, равна нулю (по формуле Карно). Следовательно, в систему эксергия поступает только с электроэнергией; подсчитать ее легко, поскольку высокоорганизованная электрическая энергия полностью работоспособна. Значит, поступающая эксергия $E' = 2$ кВт.

Отводимая эксергия представляет собой эксергию отводимой теплоты Q_r ; она равна $E'' = 5 \frac{323 - 263}{323} = 0,929$ кВт. Остальная эксергия $E' - E'' = 2 - 0,929 = 1,071$ кВт потеряна вследствие необратимости. Эксергетический КПД теплового насоса составит

$$\eta_e = \frac{0,929}{2} = 0,46, \text{ или } 46 \, \%.$$

Соответствующая эксергетическая диаграмма показана на рис. 4.5, б. Из нее видно, что эксергетический баланс дает наиболее полную информацию об энергетических превращениях в системе. Он показывает, сколько полезной, работоспособной энергии затрачено, сколько получено и сколько потеряно вследствие необратимости, вызванной термодинамическим несовершенством процесса. КПД показывает (в отличие от теплового коэффициента) степень приближения процесса к идеальному: только 46 % подведенной эксергии «пошли в дело». Остальные 54 % потеряны. Несмотря на то что КПД существенно меньше 100 %, такой нагрев более эффективен, чем непосредственное электрическое или печное отопление; отсюда и стремление к использованию теплоты от теплоэлектроцентралей (ТЭЦ) и теплонасосных установок (ТНУ).

Посмотрим, «сколько стоит» в энергетическом смысле теплота при получении ее разными путями. Приведем такой расчет для тех же условий ($T_{0,c} = -10^\circ\text{C}$, температура отопительного прибора $T_r = 50^\circ\text{C}$) применительно

к электропечи. При затрате электроэнергии (т. е. эксергии) 1 кВт она даст, естественно, 1 кВт теплоты, $Q=1$. Отсюда эксергия теплоты будет $1 \frac{323-263}{323} = 0,186$ кВт.

Следовательно, КПД электропечи $\eta_e = 18,6$ %. Такой же примерно КПД будет иметь и обыкновенная печь, так как эксергия топлива (например, угля) практически равна теплоте, которая в идеальном процессе горения может быть из него получена. Таким образом, из 1 кВт теплоты, так же как и в электропечи, будет получено 0,186 кВт эксергии теплоты. КПД отопления с ТЭЦ составляет около 40—45 %, т. е. примерно такой же, как и у ТНУ.

Подсчитаем в заключение, сколько теплоты Q для отопления при этих условиях ($T_r = 50^\circ\text{C}$) сможет дать 1 кВт электроэнергии в идеальном тепловом насосе. При $\eta_e = 1$ (т. е. 100 %) эксергия полученной теплоты будет равна 1 кВт. Получим

$$1 - Q = \frac{323 - 263}{323}, \text{ отсюда } Q = \frac{1}{0,186} = 5,38 \text{ кВт.}$$

Вот сколько теплоты может дать идеальный тепловой насос!

Рассмотрение теплового насоса, проведенное выше, показывает, что это очень хорошее и полезное на своем месте устройство. Однако нет никаких оснований считать, что он обладает чудесными свойствами. Тепловой насос приносит пользу, но, как всякая реальная установка, увеличивает энтропию, превращая более упорядоченную, организованную электроэнергию и менее организованную теплоту $Q_{o.c}$ в еще менее организованный тепловой поток с большей энтропией. Никакой «концентрации» (если понимать ее как повышение качества энергии) поэтому он не производит. Тепловой коэффициент μ у него всегда больше единицы, но никакого чуда в этом нет, μ — это не КПД. Легко показать, что μ может иметь намного большие значения, чем 2 или 3, рассмотрев его изменение при разных внешних условиях.

Возьмем для примера тепловой насос с высоким, но вполне достижимым КПД $\eta_e = 0,5$ и подсчитаем его тепловой коэффициент при разных значениях верхней температуры T_2 и при $T_{o.c} = 293$ К (20°C). Примем значения T_2 равными 25, 50, 100, 150, 200 и 250°C (по шкале

Кельвина соответственно 298, 323, 373, 423, 473 и 523 К). Тогда при затрате мощности $N=1$ кВт мы получим на верхнем уровне при выбранном КПД эксергию теплоты $E_q=0,5$ кВт. Отсюда можно определить Q_r , пользуясь известным соотношением

$$L = E_q = Q_r \frac{T_r - T_{o.c}}{T_r}, \text{ откуда } Q_r = E_q \frac{T_r}{T_r - T_{o.c}} = \\ = 0,5 \frac{T_r}{T_r - 293}.$$

Тепловой коэффициент $\mu = Q_r/N$.

Расчеты μ дают:

$T_r, ^\circ\text{C} \dots$	250	200	150	100	50	25
$\frac{T-T_{o.c}}{T} \dots$	0,44	0,38	0,31	0,21	0,09	0,0017
$\mu \dots \dots$	1,14 (2,28)	1,31 (2,62)	1,61 (3,22)	2,38 (4,76)	5,55 (11,1)	294 (588)

Отсюда видно, что значения μ даже для реальной машины (не говоря уже об этих значениях для идеальной машины, указанных в скобках) могут достигать в соответствующих температурных интервалах 200—300 (или, если считать, как делают некоторые, в процентах, 20 000—30 000 %). Действительно чудо! Есть от чего прийти в восторг. Затратил 1 кВт, а получил 290!

Однако прежде чем бить в литавры, посмотрим, какая это теплота. Она характеризуется температурой всего на 5 °С выше окружающей среды. Ее коэффициент работоспособности меньше 0,002; это означает, что если такой теплоты мы имеем на «тепловой рубль», то его настоящая стоимость в валюте полностью организованной энергии — в работе — меньше 0,2 коп. По мере «улучшения» теплоты, повышения ее температуры T_r ее качество растет, а значение μ сильно падает.

Таким образом, большие числа μ свидетельствуют не о чудесном извлечении «тепловой энергии» из окружающей среды, а лишь о том, что получаемая теплота очень низкого качества.

Тем не менее ажиотаж вокруг теплового насоса, основанный на больших значениях коэффициента преобразования, не проходит. Примером может служить статья Г. Лихошерстных «В поисках энергии» [3.10], ко-

торый, опираясь на «необычные свойства» тепловых насосов, дающих КПД, «в десятки и сотни раз превосходящие единицу», выдвинул оригинальную энергетическую идею. Он считает необходимым провести работы не только по «теоретическим исследованиям проблемы», но и «конечно же, по разработке экономичных способов превращения выдаваемой ими теплоты в электрическую энергию». Другими словами, он предлагает превращать в электроэнергию ту самую низкокачественную теплоту, о которой мы говорили выше.

Посмотрим, к чему привела бы реализация этого предложения.

На тепловых электростанциях получают электроэнергию с КПД примерно 40 %. Далее эта электроэнергия должна в тепловом насосе преобразоваться в теплоту. Возьмем для насоса высокий КПД — 0,5*. Затем используем эту теплоту для получения электроэнергии. Примем КПД такого преобразования тоже достаточно высоким — 0,4 (40 %).

В результате конечная электроэнергия по способу Лихошерстных будет получаться с КПД $0,4 \cdot 0,5 \cdot 0,4 = 0,08$, или 8 %, т. е. в 5 раз худшим, чем просто на электростанции!

Вот к чему приводит тезис «теплота есть теплота независимо от температуры».

В журнале «Изобретатель и рационализатор» была помещена в разделе «перпетомобиль» карикатура, показанная на рис. 4.6. Если сравнить только что описанную идею со схемой, изображенной на ней художником, то бросается в глаза их удивительное сходство; нужно только заменить электроплитку на тепловой насос. Едва ли автор рисунка мог подумать, что найдутся люди, всерьез предлагающие такую идею.

На примере теплового насоса можно видеть, к чему приводит непонимание второго закона термодинамики. Он, конечно, мешает «свободному творчеству», и у изобретателей ррт-2 нет более пламенного желания, чем добиться его исчезновения. Поскольку это не удалось, остается мечтать. Именно так поступил канд. техн. наук Н. Заев, опубликовав статью под названием «Энергети-

* Коэффициенты преобразования при этом будут достаточно большими в соответствии с таблицей, но это, как мы видели, не меняет дела.

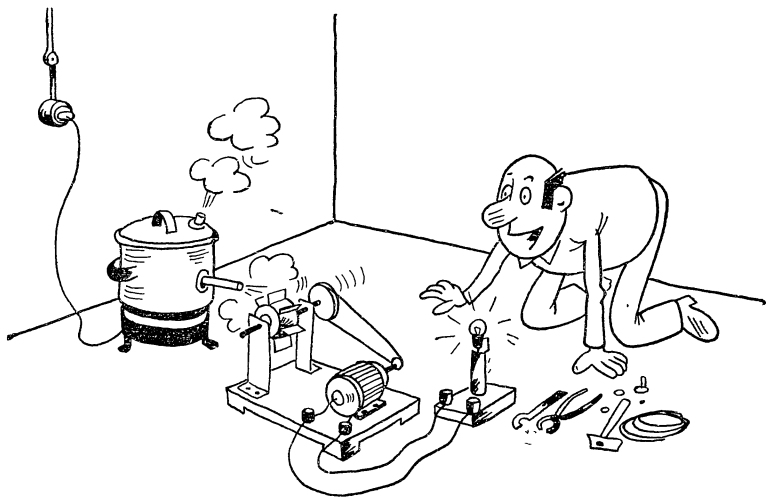


Рис. 4.6. «Высокоэффективная система» получения электроэнергии, аналогичная схеме с тепловым насосом

ческие искушения» [3.5] и обрисовав перспективы энергетики «за барьером XX века». Прежде чем перейти в следующей главе к рассмотрению современных ррт-2, стоит процитировать отрывки из этой статьи, представляющей некоторый «антитермодинамический манифест»: «Только у букинистов можно купить обветшавшие тома нашей термодинамики. Она осталась не у дел. По мере развития термодинамики настоящей прежние курсы сначала перестали читать, а потом и издавать. Настоящая термодинамика элементарно объясняет то, что в прежние времена обосновывали нагромождением начал, теорем, формул... Нет больше энтропий, энтальпий, эксергий и тому подобных загадочно звучащих терминов...».

Этот набор негативных лозунгов сводится по существу к призыву свободы от науки: даешь такую термодинамику, которая «элементарно объясняет» все, что надо, без всяких там «начал, теорем, формул».

Но поскольку новой «элементарно объясняющей» термодинамики пока нет, а старая существует не только у букинистов, мы перейдем к рассмотрению истории и современных проектов ррт-2 на основе существующей термодинамики.

Однако перед этим было бы полезно уделить некоторое внимание выяснению вопроса, который неизбежно возникает при рассмотрении последнего этапа истории ррт, — почему все же изобретают ррт-2? Мы перебрали в гл. 3 и 4 все доводы сторонников «энергоинверсии» — и философские, и космологические, и биологические, и технические... Весь материал, приведенный в этих главах, однозначно показывает, что нет ни единого довода или факта, который всерьез может быть принят как доказательство возможности существования ррт-2. И тем не менее упорные попытки обосновать и создать ррт-2 продолжают. Выдвигаются, как мы увидим дальше, и новые теоретические концепции с мудреными названиями вроде «структуры Прометея» или даже «структуры Хоттабыча», создаются новые проекты... При мало-мальски серьезном анализе оказывается, что все они основаны на тех же ошибках, о которых уже подробно говорилось. В чем же дело?

4.5. Почему все же изобретают ррт?

До сих пор мы занимались в основном научно-технической стороной истории вечного двигателя, касаясь лишь попутно личных особенностей людей, связанных с ним. Но человеческая сторона дела тоже заслуживает внимания. Более того, занимаясь историей ррт, мы, если хотим понять этот феномен по-настоящему, не можем не попытаться разобраться и в ней. Итак, почему же изобретали и изобретают ррт? Очевидно, что основная побудительная причина во все времена одна — это желание решить энергетические проблемы легким и простым путем. Изобретатели на первых двух этапах истории ррт, как мы уже видели, не могли знать, или не знали законов науки, исключавших возможность создания ррт. Они и называли свой идеал «вечным двигателем». Поэтому ответ на вопрос, поставленный в заголовке этого раздела, совершенно ясен: изобретали тогда потому, что не видели и не знали никаких принципиальных запретов, делающих их цель недостижимой.

Про изобретателей ррт-2 этого не скажешь. Большая, подавляющая часть этих изобретателей и теоретиков — не самоучки, а дипломированные специалисты; значительная их часть — кандидаты или даже доктора наук. И у нас, и за рубежом они составляют очень не-

большую часть людей, связанных с энергетической техникой. Но все же они существуют, действуют, тратя напрасно свои силы и время и отвлекая от полезного дела многих людей. Они не могут не знать о законах науки, о том, что написано в учебниках, во многих книгах и статьях. Тем не менее поток предложений, изобретений и теорий, относящихся к ppm-2 , не иссякает. Более того, с помощью недостаточно компетентных научных работников, поддерживающих такого рода «прогрессивные идеи», и неразборчивых журналистов, распространяющих псевдонаучные сенсации через печать, они воздействуют на массового читателя.

Последним примером может служить статья в газете «Московская правда» [3.27], где с использованием всех способов воздействия на чувства и умы читателей вновь проповедуется прогрессивность идеи вечного двигателя второго рода. Все это создает некий фон бездоказательного, легкого жонглирования общими наукообразными идеями и предложениями, внешне заманчивыми, но очень далекими от настоящей науки и передовой техники. Читатель-непрофессионал принимает все это всерьез, поскольку интерес ко всему новому и прогрессивному — характерная черта нашего времени. В особенности большой интерес в последнее время проявляется именно к вопросам энергетики; важность выполнения энергетической программы [1.31] очевидна не только специалистам.

Таким образом, первая часть вопроса о том, почему и сейчас изобретают ppm-2 и этим занимаются многие, в том числе молодежь, ясна: стремление найти новые, радикальные пути решения энергетических проблем. Но остается открытой другая часть вопроса — почему изобретатели не видят, что избранный ими путь неизбежно ведет в тупик, что их идеи в принципе нереализуемы?

Автору приходилось многократно участвовать в экспертизе самых разнообразных предложений и изобретений, относящихся к ppm-2 , и встречаться с их авторами. Переубедить никого из них, несмотря на длительные и многократные обсуждения, не удалось. Только один изобретатель в конце концов изменил позицию¹. Все ос-

¹ Это был инженер-металлург (не энергетик), который не пожелал протудировать все рекомендованные ему книги и даже провел необходимый эксперимент (на все это ушел почти год). После этого он пришел и мужественно признал, что был неправ.

тальные остались при убеждении, что эксперты — это косные, замшелые консерваторы, «пробить» которых можно, только показав им действующую модель, «да и то неизвестно, подействует ли она», как сказал мне в сердцах один изобретатель, многозначительно постукав пальцем по лбу. Но такая модель ни разу так и не появилась.

Причину такой «устойчивости» у совершенно разных по специальности, уровню образования и возрасту людей установить очень трудно. Ее нахождение в значительной степени связано с тонкими психологическими вопросами, решать которые могут лишь специалисты. Мы же должны ограничиться только научно-технической и информационной стороной дела. Здесь задача несколько облегчается тем, что история науки и техники (в том числе и история ррт), а также материалы, публикуемые в журналах «Изобретатель и рационализатор», «Техника и наука» и других, дают обширный материал, помогающий внести некоторую ясность в этот вопрос. Ряд очень глубоких мыслей по интересующему нас поводу имеется в замечательной работе А. И. Герцена «Дилетантизм в науке» [1.21].

Опираясь на всю эту информацию, можно в определенной степени разобраться, почему образованные люди вопреки науке изобретают и пропагандируют ррт-2.

Отметим прежде всего главное — тот факт, что все без исключения изобретатели ррт-2 — не профессионалы, а дилетанты. Это утверждение, на первый взгляд, может показаться странным, если учесть, что большинство из них, как мы уже отмечали, — технически образованные люди. Тем не менее это факт.

Вспомним, что такое дилетант. Слово «дилетант» произошло от итальянского *diletante*. Как гласит словарь, это — «человек, занимающийся каким-либо искусством или наукой без достаточной подготовки, необходимой для основательного знания предмета; поверхностно знакомый с данной областью знаний». Определение совершенно правильное, но недостаточное, неполное: оно характеризует только *знания* дилетанта. А. И. Герцен подошел к вопросу шире, рассматривая дилетантизм как общественное явление. Он писал: «Дилетантизм — любовь к науке, сопряженная с совершенным отсутствием понимания ее»; «...это платоническая, романтическая

страсть к науке, такая любовь к ней, от которой детей не бывает».

Герцен отметил, таким образом, еще две стороны дилетантизма: во-первых, отсутствие *понимания* науки дилетантами и, во-вторых, *бесплодность* их занятий наукой.

Если «примерить» все перечисленные характеристики дилетантов к изобретателям и теоретикам *ppm-2*, то сразу бросается в глаза удивительное совпадение. Действительно, *основательного знания*, а тем более *глубокого понимания, усвоения* базовой науки — термодинамики, без которой нельзя творчески заниматься созданием новых систем преобразования энергии, у них нет. Даже краткий обзор «теоретической базы» *ppm-2*, сделанный в гл. 3 и предыдущих параграфах гл. 4, ясно показывает ту путаницу в основных понятиях термодинамики (не говоря уже о втором законе и его приложениях), которая царит в их головах.

Что касается «детей», т. е. двигателей, работающих посредством «энергетической инверсии», то их действительно в полном соответствии с предсказанием А. И. Герцена не было и нет. Есть только многочисленные идеи и проекты (подробный разбор некоторых из них помещен в следующей главе). Здесь же мы продолжим наше «рассуждение» о современном дилетантизме, порождающем не только проекты *ppm-2*, но и другие, не менее химерические изобретения.

Столь жесткое негативное отношение к дилетантам может вызвать несмотря на поддержку такого авторитета, как А. И. Герцен, возражения. Существует довольно распространенное мнение, что многие так называемые дилетанты сделали серьезный вклад в развитие науки, техники и искусства. Более того, очень широкое хождение имеет точка зрения, что талантливый дилетант, «не погрязший в профессиональной рутине и традициях», пользуясь фантазией и интуицией, легче может выйти на новую дорогу и создать нечто выдающееся.

Во многих трудах по истории разных направлений человеческого творчества приводятся многочисленные примеры крупных открытий и изобретений, сделанных дилетантами, или созданных ими выдающихся художественных произведений. Тут и часовщик Пельтье, открывший термоэлектрическое охлаждение, монах И. Мендель — основоположник генетики, пивовар Джоуль, о роли которого в становлении первого закона тер-

модинамики мы уже говорили в предыдущих главах, аптекарь А. Левенгук — изобретатель микроскопа и основоположник микробиологии, священник Р. Стирлинг¹, который еще в начале XIX в. изобрел и изготовил газовый тепловой двигатель, достоинства которого были оценены только 150 лет спустя, школьный учитель К. Э. Циолковский, о заслугах которого нет необходимости писать... В эту же кампанию попадет и сам С. Карно — саперный капитан.

Если обратиться к области искусства, то тоже можно найти аналогичные ссылки. Среди композиторов упоминают таких людей, как гвардейский офицер А. А. Алябьев и химик А. П. Бородин... Можно найти аналогичные примеры в литературе, скульптуре и живописи.

Считать, что все такие люди могут быть отнесены к талантливым или даже гениальным дилетантам, — большая ошибка. Она основана на поверхностном, действительно дилетантском подходе к фактам их биографии.

Прежде всего неправильна сама исходная постановка — начинать от звания, должности, диплома или места службы.

Если так рассуждать, то к литературным дилетантам спокойно можно отнести врача А. П. Чехова, кавалерийского поручика М. Ю. Лермонтова или артиллерийского поручика Л. Н. Толстого. Но главное, разумеется, в другом. Каждый из перечисленных великих деятелей науки, техники или искусства был профессионалом самого высокого класса, изучившим ту область, в которой работал, так, что полностью владел всем современным ему уровнем знаний, умений и даже навыков (а часто и опережал его). Любой «гениальный дилетант» при более глубоком изучении всегда оказывается настоящим профессионалом. Настоящий профессионал, если вернуться к области техники, не только свободно владеет всем научным багажом, относящимся к области, к которой он работает. Он должен уметь критически подойти к любым идеям и результатам (в том числе и своим) и, наконец, вести дискуссию «на равных» со своими коллегами. Конечно, не все профессионалы, даже высокого класса, обязательно изобретатели, но все серьезные изо-

¹ С именем Стирлинга мы встретимся в следующей главе.

бретатели обязательно профессионалы¹ высокого класса (разумеется, не в анкетном, а в действительном смысле этого слова). Если этого нет, никакие фантазия и интуиция не помогут «выдавать» крупные изобретения. Фантазия, по словам В. И. Ленина, «качество необычайной ценности», может плодотворно работать лишь тогда, когда она опирается на знания и опыт, «подпитывается» и корректируется ими [1.2]. Без этого фантазия превращает человека в фантазера и заносит его туда, где, по выражению А. И. Герцена, «детей не бывает». Именно так и происходит с изобретателями ррт-2.

Остаются, однако, неясными еще два пункта.

1. Известно, что за ррт-2 иногда ратуют люди, которые имеют серьезные, даже выдающиеся научные или технические достижения. Можно ли назвать таких людей дилетантами?

2. Почему, если научные доводы против ррт-2 так весомы и неопровержимы, изобретатели и теоретики ррт-2 так устойчивы в своих убеждениях и не могут от них отказаться?

Ответ на первый вопрос связан с объективным обстоятельством — все возрастающей специализацией в научно-технической сфере деятельности. Поэтому профессионал высокого класса в одной области часто оказывается полновесным дилетантом в другой, даже и близкой. Попытки произвести переворот в другой, недостаточно знакомой области, опираясь на эрудицию и опыт, полученный в своей, и приводят к тем плачевным результатам, которые мы наблюдаем при попытках обосновать и создать ррт-2.

Еще со времен дедушки Крылова, когда специализация не была столь развита, известна печальная история пирожника и сапожника, пытавшихся братья за дела в другой профессиональной сфере.

Конечно, никому не возбраняется, успешно поработав в одной области, перейти в другую (особенно в тех случаях, когда они имеют зоны соприкосновения). Более того, в результате такого перехода могут быть получены существенные достижения. «Точки роста» на стыках

¹ Нужно, конечно, учитывать, что профессионалы тоже бывают разные. Бывают и очень узкие профессионалы, точнее, специалисты, весьма образованные в локальной области, но творчески из-за ограниченности кругозора почти бесполезные. Именно про таких говорил К. Маркс, что они страдают «профессиональным кретинизмом».

различных наук чаще всего создаются такими «двойными» специалистами. Взять хотя бы пример известного мостостроителя Е. О. Патона (1870—1953 гг.), который в 40 лет, будучи уже сложившимся профессионалом и одним из лидеров в области мостостроения, перешел в совершенно новую для него сферу — электросварку и создал школу, которая существует до сих пор и сохраняет ведущее положение в мире.

Однако такой переход может быть успешным только тогда, когда, входя в новую область, специалист изучит ее так, что сделается и в ней профессионалом. Тут не исключены и деловые конфликты с «местными» специалистами, и новые идеи.

Но бывает и иначе. Специалисту кажется, что он обойдется и в новой области своим собственным, уже ранее приобретенным багажом. Он сразу, «с ходу» (или познакомившись по верхам с предметом) видит, в чем ошибаются «туземцы», не замечаящие, что у них под носом лежат новые, переворачивающие все традиции решения. Так и рождаются «революционные» предложения вроде ррт-2 и соответствующие им теоретические положения, опирающиеся на фантазию и интуицию без серьезного научного обоснования; настоящая дискуссия с профессионалами превращается в спор с использованием общей «философии», а иногда и демагогии, цитат из классиков, навешиванием ярлыков «консерваторов» на оппонентов и т. д.

Так профессионал превращается в дилетанта со всеми неизбежно вытекающими из этого последствиями.

Особую разновидность таких дилетантов представляют более или менее именитые люди, пропагандирующие ррт-2 в легковесных статьях, предисловиях, записках, интервью и т. д. В отличие от тех, кто сам занимается ррт-2, они даже поверхностно не знают существа дела, а исходят из общих соображений, мягко говоря, далеких от науки, или стремления поддержать нечто новое. Неискушенный читатель, увидев перед фамилией такого автора ученую степень или звание, совершенно справедливо полагает, что «такой человек зря писать не будет». Но, увы, бывает и так, примеры мы уже видели.

Наконец, ответим на второй вопрос — почему изобретатели и теоретики ррт-2 не воспринимают, казалось бы, очевидные научные доводы и упорно держатся за свои концепции.

Не вникая глубоко в психологические корни этого феномена, можно лишь напомнить два относящихся к нему общеизвестных положения.

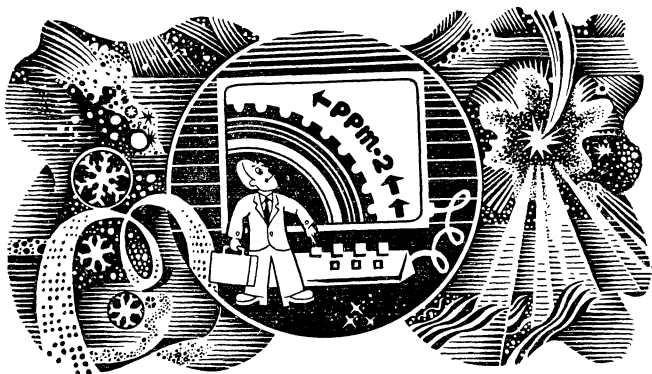
Первое состоит в том, что всякому человеку, сильно увлеченному какой-либо идеей, влюбленному в нее, всегда кажется правильным и хорошим все то, что за нее, и неправильным и плохим все то, что против нее. Это вполне понятная человеческая черта, без которой мир был бы, по-видимому, менее интересен.

А. С. Пушкин в «Евгении Онегине» выразил эту мысль в известной емкой классической формуле: «Тьмы низких истин нам дороже нас возвышающий обман».

Эта формула содержит в себе и второе положение, связанное с первым: человеку очень трудно отказаться от любимой идеи, в разработку которой вложено много труда, сил и времени. Иногда добавляются и соображения, связанные с другими людьми, втянутыми в общее дело: даны определенные обещания, развернуты планы. Как отказаться от этого и все перечеркнуть? Отсюда вполне понятное желание еще и еще раз сделать попытку найти для себя и других какие-то доводы в защиту любимой идеи. Всякий, кто имел дело с изобретателями, пошедшими в ошибочном направлении, встречался с этой вполне понятной человеческой чертой.

Но законы «равнодушной природы» неумолимы — они одинаковы и для честных энтузиастов, и для отпетых жуликов, для докторов наук и малограмотных умельцев. Все, что научному закону противоречит, осуществить нельзя. Поэтому при всем человеческом сочувствии к изобретателям ррт-2 нужно показывать их несостоятельность и открывать «тьму низких истин», в которой (такова диалектика) и есть настоящий свет.

Именно этим мы займемся в следующей главе.



Глава пятая

ВЕЧНЫЕ ДВИГАТЕЛИ ВТОРОГО РОДА

Я не собираюсь критиковать.
Я просто не могу понять, как может
человек написать такую чепуху?

Н. Б о р

5.1. Какие rrm-2 изобретают теперь?

Различных проектов rrm-2 предлагается очень много, и принципы их действия самые разнообразные: термомеханические, химические, гравитационные, электрические... Есть и такие, к которым трудно подобрать научный термин, чтобы объяснить принцип их действия.

Вместе с тем независимо от принципа действия все предложенные двигатели можно разделить на два больших класса.

Первый из них включает правильные, «идейно чистые» вечные двигатели второго рода, основанные на «энергетической инверсии», о которой уже говорилось. Естественно, что ни один из них не работает несмотря на все усилия их авторов. Эти «настоящие» rrm-2 большей частью основаны на простых термомеханических принципах. В зависимости от области, к которой тяготеет изобретатель, проекты таких rrm-2 опираются либо на теплотехнику, либо на холодильную технику. Однако многие изобретатели, разочаровавшись в возможностях и той, и другой, ищут «новые пути». Отсюда — появление

проектов электрических, химических и даже электрохимических $ppm-2$. Реализация любого из этих проектов и пуск соответствующего двигателя сразу сняли бы вопрос о возможности осуществления $ppm-2$ и перевернули бы всю термодинамику. Однако ни одного акта о внедрении такой системы нет.

Второй класс, напротив, включает те машины-двигатели, которые вполне могут работать, хотя на первый взгляд тоже представляют собой $ppm-2$. Это уже «не настоящие» $ppm-2$; их можно назвать *псевдо-ppm*. Принцип их действия находится в полном согласии с законами термодинамики. Однако делаются попытки выдать их за настоящие $ppm-2$ и таким образом доказать возможность их создания. Но при тщательном рассмотрении всегда оказывается, что никакой «инверсии» энергии в них нет.

«Настоящим» $ppm-2$ посвящены § 5.2 и 5.3.

В них показано, что те двигатели, которые действительно могут работать, — не «вечные» (не $ppm-2$), а те, которые действительно «вечные» ($ppm-2$), — не могут работать.

В § 5.4 описаны наиболее интересные псевдо- ppm .

5.2. Проекты термомеханических $ppm-2$

Трудно сейчас установить, когда именно был предложен первый проект вечного двигателя второго рода. Во всяком случае, достоверно известно, что это произошло более 100 лет назад.

Первым известным изобретателем в этой области был некий американский профессор Гэмджи, предложивший сконструированный им так называемый нуль-мотор, который должен был работать, извлекая теплоту, как мы бы теперь сказали, из равновесной окружающей среды. Было это в 1880 г.

Вторым, кто предложил двигатель, работающий на «теплоте окружающей среды», был тоже американец Ч. Триплер, человек более известный, чем Гэмджи, в связи с тем, что он сконструировал (правда, на основе уже известных разработок) действующую установку для сжижения воздуха. Публикация о двигателе Триплера появилась впервые в 1899 г.

Оба эти изобретения связаны одной и той же особенностью: происходящие в них процессы должны были

протекать при температуре ниже окружающей среды. Именно здесь, в специфической области низких температур, где «на холоде», казалось бы, все происходит иначе, чем в традиционной теплотехнике, оба изобретателя хотели решить энергетическую проблему по-новому. Нет сомнения, что именно такое «холодное» направление мыслей первых создателей проектов рртп-2 связано с сенсационными успехами техники низких температур, которые как раз пришлись на конец 70-х — 90-е годы прошлого века.

Самая низкая температура, которую до этого удалось получить М. Фарадею в 1840 г., составила -110°C , но в 1877 г. Л. Кайете и независимо от него Р. Пикте добились температуры -180°C , а в 90-х годах К. Ольшевскому удалось понизить рубеж рекордно низких температур до $-200\text{--}230^{\circ}\text{C}$. Наконец, Д. Дьюар в 1898 г. оживил водород при -253°C . Этот резкий прорыв в область небывало низких температур произвел очень сильное впечатление на современников.

Одновременно развивались и технические приложения низких температур. Ш. Телье (1867 г.), а затем К. Линде в 70-х годах были разработаны аммиачные холодильные машины, а в 1895 г. К. Линде и Р. Хэмпсон почти одновременно создали промышленные установки для сжижения воздуха.

Именно два последних достижения низкотемпературной техники того времени — аммиачная холодильная машина и установка сжижения воздуха — послужили соответственно прототипами проектов Гэмджи и Триплера. Прототипами их назвать можно только условно, поскольку идея была совсем новой: использовать холодильные машины в совершенно другом плане — как двигатели.

Авторская схема «нуль-мотора» приведена на рис. 5.1. В дальнейшем она была усовершенствована (добавлен еще один котел, введен струйный эжектор). Однако принципа работы «нуль-мотора» эти изменения не касались.

Как же, по мысли автора, должен был работать этот двигатель? Известно, что при температуре окружающей среды (например, $300\text{ K} = 27^{\circ}\text{C}$) аммиак кипит при давлении $1,0\text{ МПа}$ (10 ат)¹. Следовательно, в котле с жид-

¹ Кривая зависимости давления пара от температуры кипения аммиака показана на рис. 5.2.

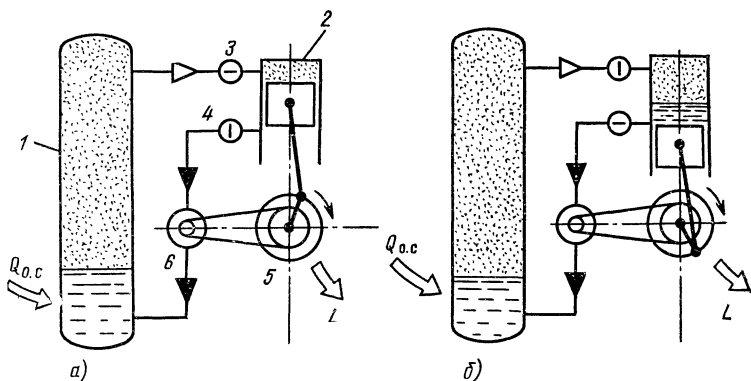


Рис. 5.1. Схема «нуль-мотора» Гэмджи:

a — впуск пара в расширительную машину; *б* — выпуск жидкости из расширительной машины; 1 — котел; 2 — расширительная машина (детандер); 3 — впускной клапан; 4 — выпускной клапан; 5 — шатунно-кривошипный механизм с маховиком; 6 — насос для жидкого аммиака

ким аммиаком, помещенным в эту среду, установится повышенное по сравнению с атмосферным давление пара. Можно направить этот пар в низкотемпературную поршневую машину (так называемый детандер). В этом случае он расширяется, например, до 0,1 МПа (1 ат), отдавая внешнюю работу, соответственно охлаждается до 250 К (-23°C) и частично при этом ожидается. Жидкий аммиак вместе с паром через выпускной клапан поступает в насос, который приводится в движение самой расширительной машиной, — детандером. В насосе давление аммиака снова поднимается до 1,0 МПа (10 ат). Холодная смесь жидкого аммиака и пара возвращается в котел. Здесь за счет теплоты $Q_{0,c}$, поступающей из более теплой атмосферы (напомним, что аммиак после расширения имеет температуру -23°C), он снова испаряется. Пар отводится в детандер, и цикл повторяется. Таким образом, двигатель работает отдавая потребителю работу L (равную работе, производимой детандером, за вычетом небольшой ее части, затраченной на привод насоса).

Никакого нарушения первого закона термодинамики — закона сохранения энергии — здесь нет: сколько ее подводится из окружающей среды $Q_{0,c}$, столько и отводится в виде работы ($L=Q_{0,c}$). Вроде бы все в порядке.

Но... Всегда это проклятое «но», как только дело касается ррт. Но двигатель почему-то не работал. В чем же дело?

Чтобы ответить на этот вопрос, составим энтропийный и эксергетический балансы «нуль-мотора». С энтропийным балансом дело обстоит хуже, чем с энергетическим: с теплотой вносится некоторая энтропия Q_{0c}/T_{0c} , а с работой энтропия не выносится, так как энтропия потока работы равна нулю. Следовательно, энтропия не только уменьшается, а даже исчезает. Это явное нарушение второго закона.

То же показывает эксергетический баланс. Эксергия поступающей теплоты равна нулю, она неработоспособна, так как имеет температуру окружающей среды T_{0c} . Получаемая работа равна эксергии, следовательно, эксергия отводится, но не подводится — она возникает «из ничего». КПД «нуль-мотора» равен бесконечности:

$$\eta_e = \frac{E''}{E'} = \frac{L}{0} \rightarrow \infty.$$

Таким образом, «нуль-мотор» — это типичный «монотермический двигатель» — ррт-2.

Представим себя на минуту в положении того механика, которому надо запустить уже собранный и заправленный аммиаком двигатель. Пока он неподвижен, и это совершенно естественно, так как он теплый и давление везде одинаково — 1,0 МПа (10 ат). Как сдвинуть все части машины с места? Попробуем самый простой способ — начнем раскручивать маховик и затем отпустим его, чтобы машина уже сама продолжила работу. Однако можно заранее предсказать, что машина не разгонит-

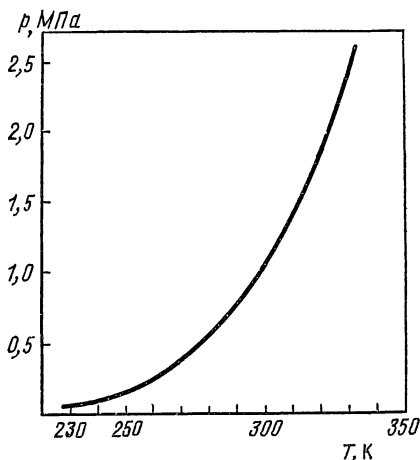


Рис. 5.2. Зависимость температуры кипения аммиака от давления

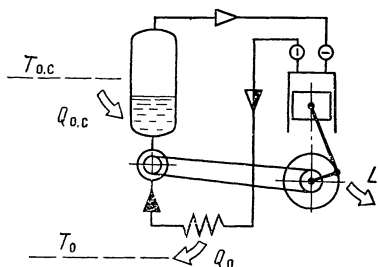


Рис. 5.3. «Усовершенствованный» двигатель Гэмджи с отбором теплоты Q_0 на нижнем температурном уровне

ся, а, напротив, постепенно остановится. Попытки привести ее в самостоятельное движение и любыми другими способами приведут к тому же результату.

Объясняется это очень просто. Чтобы расширительная машина (детандер) работала, нужно, чтобы давление *за ней* было *ниже*, чем *перед ней*. Гэмджи думал, что так и будет, поскольку насос от-

качает парожидкостную смесь из трубы между детандером и насосом. Однако, чтобы это произошло, нужно затратить работу на привод насоса, а где ее взять? Детандер дать ее не может, так как давления и до него, и после равны, а если его раскрутить извне (при запуске), он будет сам работать тоже как насос, перекачивая аммиак в трубу перед насосом. При этом аммиак в нем будет не охлаждаться, а даже нагреваться. Таким образом «нуль-мотор» сможет работать только в том случае, если его крутить внешним приводом, *затрачивая* работу L , а не получая ее. Соответствующее количество теплоты, в которую бесполезно «перемолотится» работа, будет *отдаваться* в окружающую среду.

Другими словами, «нуль-мотор» будет вместо работы *выдавать* энтропию, приближая, если верить Клаузиусу, конец света. Таким образом, название «нуль-мотор», придуманное Гэмджи, сыграло с ним дурную шутку: двигатель действительно в полном смысле слова оказался нуль-мотором, но не из-за нулевой потребности в топливе, а из-за нулевого результата — отсутствия полезно производимой работы.

Можно ли что-нибудь сделать, чтобы заставить «нуль-мотор» производить работу, а не «съедать» ее? Эта задача решается очень просто. Нужно перед насосом включить в схему еще один аппарат — конденсатор, как показано на рис. 5.3, и отводить от него теплоту Q при более низкой температуре $T_0 < T_{0,c}$. Тогда аммиак будет в нем сжижаться, и давление его соответственно снизится. Если, например, проводить конденсацию при

$T_0 = 250 \text{ К}$ (-23°С), то, как видно из кривой на рис. 5.2, давление в конденсаторе установится около $0,16 \text{ МПа}$ ($1,6 \text{ ат}$). Двигатель сразу оживет, так как на детандере появится перепад давлений; он начнет работать, расширяя аммиак с $1,0 \text{ МПа}$ (10 ат) до $0,16 \text{ МПа}$ ($1,6 \text{ ат}$). Часть произведенной работы пойдет на насос, а остальная — полезная работа — будет выдана потребителю. Это будет большая часть работы детандера, так как насос отберет только небольшую ее часть (он перекачивает жидкость, объем которой в десятки раз меньше, чем пара; соответственно меньше и нужная работа).

Такой двигатель заработал бы потому, что было бы выполнено требование второго закона — имелась бы разность температур ($T_{0.c} - T_0$). При $T_{0.c}$ подводилась бы теплота $Q_{0.c}$, а при T_0 отводилась бы теплота $Q_0 > Q_{0.c}$. Разность $Q_{0.c} - Q_0$ давала бы работу $L = Q_{0.c} - Q_0$ в полном соответствии не только с первым, но и со вторым законом термодинамики. «Монотермический» двигатель превратился бы в обычный, работающий между двумя температурными уровнями.

Возникает вопрос, почему же Гэмджи не додумался до такого решения? Это осталось неизвестным. Однако очевидно и другое. Даже если бы подобная идея пришла ему в голову, делу бы это не помогло. Действительно, если отводить теплоту Q_0 при низкой температуре T_0 , то двигатель заработает. Но куда эту теплоту девать дальше? Ведь для этого нужно иметь какой-то теплоприемник, который будет получать ее. А такой теплоприемник должен быть еще холоднее (например, при $T_0 = -23^\circ\text{С}$ он должен иметь температуру, скажем, -25°С). Иначе теплота Q_0 к нему просто не пойдет, так как в соответствии опять же со вторым законом термодинамики она может переходить только от тела с более высокой температурой к телу с более низкой, а никак не наоборот.

Чтобы создать такой теплоприемник при $T < T_0 < T_{0.c}$, обязательно нужна холодильная машина (тепловой насос), которая отводила бы теплоту Q_0 обратно на уровень окружающей среды $T_{0.c}$. А для этого нужно даже в идеале затратить ровно столько же работы, сколько дает идеальный двигатель в таком же интервале температур, т. е. все, что «заработано» на двигателе, тут же «съел» бы тепловой насос. В итоге — опять нулевой результат. В реальном же случае будет еще хуже. Двига-

тель даст *меньше* работы, чем идеальный ($L_{\text{действ}}^{\text{дв}} < L_{\text{ид}}^{\text{дв}}$), а тепловой насос потребует больше работы, чем идеальный ($L_{\text{действ}}^{\text{т.н}} > L_{\text{ид}}^{\text{т.н}}$). Поскольку $L_{\text{ид}}^{\text{дв}} = L_{\text{ид}}^{\text{т.н}}$, то $L_{\text{действ}}^{\text{т.н}} > > L_{\text{действ}}^{\text{дв}}$, т.е. эту систему, чтобы она двигалась, нужно крутить извне с затратой работы $L = L_{\text{действ}}^{\text{т.н}} - L_{\text{действ}}^{\text{дв}}$. Опять получился «нуль-мотор». Следовательно, искусственный второй уровень температур тоже не решает задачи, поскольку его создание требует в лучшем случае столько же работы, сколько при помощи двигателя можно получить. Настоящий двигатель можно создать только тогда, когда во внешней среде уже есть неравновесность любого вида — разность каких-либо движущих сил (например, ΔT , Δp и др.), которую можно преобразовать в работу. Располагая только одним уровнем температуры окружающей среды, никакую работу получить нельзя.

Легко видеть, что двигатель, показанный на рис. 53, по принципиальной схеме точно соответствует паровой машине. Только внешние условия работы у паровой машины другие: верхний температурный уровень у нее соответствует не температуре окружающей среды, а более высокой — горячих дымовых газов. Нижний уровень температур уже не искусственный T_0 , а окружающей среды $T_{0.с.}$. Здесь используется разность потенциалов, уже имеющаяся во внешней среде (по химическому составу: топливо — кислород воздуха). За счет этой разности путем сжигания и создается тепловой поток на уровне $T > T_{0.с.}$, который используется в настоящих двигателях.

Другой изобретатель низкотемпературного ррт-2, о котором мы уже упоминали — Триплер — пошел дальше Гэмджи. Во-первых, он пытался использовать именно ту идею, с помощью которой мы пробовали запустить нуль-мотор Гэмджи: с помощью другой машины, соединенной с первой, создать искусственный низкий температурный уровень. Во-вторых, он работал не с аммиаком, а с жидким воздухом (нижняя температура $T_0 = -190^\circ\text{C}$). Однако ни то, ни другое не помогло — двигатель не получился.

Конечно, испаряя жидкий воздух теплотой, обтираемой из окружающей среды, можно получить сжатый воздух и заставить его крутить мотор. А дальше? Опять возникает тот же «проклятый вопрос», что и у Гэмджи, — нужно воздух опять сконденсировать, т.е. отвести от не-

го теплоту при очень низкой — криотемпературе¹. А для этого опять же нужен жидкий воздух, получение которого требует как минимум столько же энергии, сколько дает двигатель (а в реальных условиях еще больше). Опять вместо получения работы — только ее затраты.

В марте 1899 г. в журнале «Макклурз мэгэзин» была опубликована популярная статья, посвященная лаборатории Триплера и проводимых им замечательным работам. Статья была написана Реем Бейкером. Автор опровергал второй закон термодинамики и провозглашал Триплера создателем вечного двигателя, приводя собственные слова изобретателя: «Используя в своей машине 3 галлона воздуха, я получил в ожижителе около 10 галлонов жидкости. Таким образом, возникла прибавка в 7 галлонов, которая ничего мне не стоила и которую я могу использовать где угодно для совершения полезной работы».

Следует заметить, что Триплер здесь ввел в заблуждение Бейкера, пользуясь его неосведомленностью. Установка Триплера для ожижения воздуха была по существу копией той, которую К. Линде сделал в Мюнхене еще в 1895 г. В такой системе из 1 кг воздуха получалось в ожижителе около 50 г жидкого воздуха, т. е. 5 %. Поэтому получить из «3 галлонов воздуха прибавку в 7 галлонов» Триплер никак не мог.

Триплер не сознался в провале своей идеи. Все эксперты, которые к нему пытались проникнуть, почему-то приходили «не вовремя» и разрекламированного двигателя так и не увидели.

Нельзя не отметить особый интерес, проявлявшийся к военным применениям вечного двигателя второго рода. Действительно, что может быть заманчивее для решительно настроенных военных деятелей, чем корабль или самолет с таким двигателем, автономно работающим практически неограниченное время?

Естественно, что «нуль-мотор» профессора Гэмджи идеально подходил как двигатель для кораблей военно-морского флота США, перед которым уже в то время ставились задачи на основе весьма далеко идущих планов.

Вот что писал главный инженер военно-морского де-

¹ От греческого «крио» — очень холодный, морозный. Так называется область температур ниже 120 К (—153 °С).

партамента США Б. Айшервуд своему шефу¹, рекомендуя провести всесторонние испытания двигателя Гэмджи: «Все это создало бы необходимые предпосылки для конструирования нового мотора, имеющего совершенно безграничные возможности. Принимая во внимание чрезвычайную важность этого изобретения как для военно-морского флота США, так и для всего человечества, я настоятельно рекомендую департаменту создать профессору Гэмджи наиболее благоприятные условия для продолжения его экспериментальных исследований и доложить о них правительству Соединенных Штатов. Профессор выражает готовность представить свое изобретение для самой тщательной экспертизы и сделать это безотлагательно».

Характерно, что Айшервуд не забывает и о «всем человечестве», но на первое место ставит нужды военно-морского флота США. Далее он поясняет: «В отличие от европейских морских держав, владеющих колониями и базами с запасами топлива в разных районах земного шара, держав, которые следует рассматривать как потенциальных противников в будущих военных конфликтах, США не имеют ни того, ни другого. Поэтому в ходе военных действий вдали от своих берегов флот США может оказаться в крайне невыгодном стратегическом положении из-за отсутствия баз с топливными запасами. Позиции сторон будут в этом отношении уравнены, если военно-морские силы США получат двигатели нового типа. В этом случае наши крейсера смогут проникнуть на самые удаленные акватории столь же просто, как и флоты тех стран, которые располагают там запасами топлива».

Из текста письма видно, что в стратегических проблемах главный инженер разбирался намного лучше, чем в энергетических. Однако известно, что президент Гартфильд слушал доклад об этом двигателе. Что было дальше и как развивались события, установить не удалось; но это и не так уж важно, поскольку «нулевой» конец всей истории был неизбежным. Следует отметить только, что редактор газеты «Канзас-Сити ревью», в которой была опубликована восторженная статья о моторе Гэмджи, прокомментировал ее так: «Практика в конечном

¹ Цитируется по книге Орд-Хьюма [2.5]. Опубликовано в «Канзас-Сити ревью» (т. 5, 1882, с. 86—89).

счете покажет истинные достоинства этого изобретения».

Такая осторожность и уважение к эксперименту могут служить хорошим примером для некоторых современных редакторов, публикующих рекламные статьи о ррт-2.

В восточном полушарии тоже не прошли мимо возможности военного применения ррт-2. За два года до начала первой мировой войны (в 1912 г.) некий Гофман предложил свой проект вечного двигателя. Это был один из термомеханических вариантов ррт-2, хотя и сложный, но, естественно, как и другие, неработоспособный. Его автор принадлежал к числу теоретиков, которые не только изобретают ррт-2, но и подводят под свои идеи «научную» базу. С работами таких теоретиков мы уже встречались. Однако труд Гофмана не просто прославлял вечный двигатель. В нем явно отразился тот военно-патриотический дух, который в то время усиленно насаждался в Германии.

В небольшой брошюре, опубликованной в Лейпциге под названием «Теория перпетуум мобиле», Ф. Гофман писал о возможностях применения ррт-2 в военной авиации: «Сегодня в Германии не понимают важности создания вечных двигателей, уподобляясь скептикам, которые еще лет десять назад отрицали возможность появления летательных аппаратов тяжелее воздуха. Следствием этого неверия явилось то, что несколько лет назад в Реймсе французы и американцы доказали, что именно они, а не немцы являются нациями, лидирующими в воздухоплавании. Дай бог, чтобы благосклонная фортуна уберегла немцев от еще одного реймского позора. А ведь похоже на то, что до тех пор, пока американец Джон и француз Пьер не нагрянут в Гамбург или Берлин на кораблях, оснащенных вечными двигателями, немецкий Михель не очнется от летаргического сна».

Опасения Гофмана связаны с тем, что на международных соревнованиях 1909 г. в Реймсе немецкие самолеты оказались намного хуже американских и французских. Выход он видит в том, чтобы опередить будущих противников в применении ррт-2. Однако призыв Гофмана к военному использованию ррт-2 остался нереализованным.

Идеи о низкотемпературных термомеханических ррт-2 возникали еще не раз в самых различных моди-

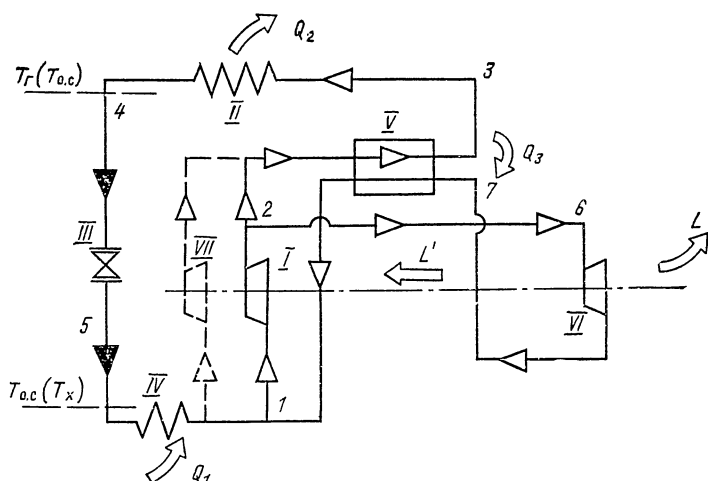


Рис. 5.4. Принципиальная схема тепловой машины Г. Джерсена:

I — компрессор; *I'* — конденсатор; *III* — дроссельный клапан; *IV* — испаритель; *V* — теплообменник; *VI* — турбина; *VII* — пусковой компрессор

фикациях. После Гэмджи и Триплера их разрабатывали Липпман (1900 г.), Сведберг (1907 г.) и многие другие. Выдвигаются подобные проекты и теперь.

В качестве примера можно привести машину Г. Джерсена, на которую был выдан патент США с приоритетом от 3.12 1981 г. [3.13].

Описание и иллюстрации в патенте сделаны очень путано (по-видимому, это интернациональная особенность всех изобретателей ррт-2) и с ошибками. Естественно также, что предлагаемое устройство не называется прямо вечным двигателем, а носит вполне благопристойное название «тепловая машина». Однако после расшифровки становится очевидным, что это типичный ррт-2, но несколько усовершенствованный.

Принципиальная схема машины Джерсена приведена на рис. 5.4. Она включает два контура, объединенных общим компрессором *I*. Первый из них, показанный сплошной линией, представляет собой классический тепловой насос. Давление циркулирующего в нем рабочего тела при сжатии в компрессоре повышается с p_1 до p_2 ; одновременно возрастает и его температура. Горячее

рабочее тело (аммиак или фреон¹) в состоянии, соответствующем точке 2, поступает сначала в теплообменник *V*, где отдает теплоту Q_3 , и затем дополнительно охлаждается в конденсаторе *II*. При этом от него отводится теплота Q_2 . Жидкий хладагент дросселируется в клапане *III*, в результате его давление снижается с p_2 до p_1 . При этом часть жидкости испаряется и ее температура падает. Холодная жидкость выкипает в испарителе *IV* при подводе извне теплоты Q_1 .

Таким образом, действие машины приводит к отбору теплоты Q_1 на низком температурном уровне от какого-либо теплоотдачаика и выдаче теплоты Q_2 на более высоком уровне. Изобретатель указывает, что можно использовать предлагаемое им устройство и как холодильную машину, и как тепловой насос. В первом случае теплота Q_1 отбирается при низкой температуре $T_1 < T_{o.c.}$, а количество теплоты Q_2 отдается при высокой температуре (от T_3 до T_4), близко к $T_{o.c.}$. Во втором случае теплота Q_1 отбирается у окружающей среды при $T_{o.c.}$, а Q_2 отводится при высокой температуре $T_2 > T_{o.c.}$. Здесь все пока правильно. Такие установки существуют и благополучно работают в качестве как холодильных, так и теплонасосных. Но, естественно, при одном условии: компрессор нужно приводить в движение посредством работы, *подводимой извне*. Но как обойтись без этого? Чтобы избежать получения работы извне (тогда не было бы никакого изобретения), Джерсен идет «классическим» путем, характерным для всех изобретателей ррт-2: он пытается обойтись «внутренними ресурсами». Тепловой насос сам должен обеспечить себя энергией для привода компрессора. Для этого и создается второй контур, обозначенный на рисунке штриховыми линиями. Он, собственно, состоит из одной турбины-двигателя *VI*, действие которой обеспечивается частью сжатого рабочего тела, отбираемого в точке 2 после компрессора. Расширяясь в турбине от давления p_2 до давления p_1 , оно производит определенную работу и возвращается после подогрева в теплообменнике *V* во всасывающую линию компрессора. По мысли изобретателя этой работы должно хватить и на то, чтобы вращать компрессор (работа L'), и на внешнего потребите-

¹ Фреонами (хладонами) называют группу веществ — галоидо-производных предельных углеводородов, которые используются как рабочие тела холодильных и теплонасосных установок.

ля (работа L). Автор не забыл и о запуске установки, который делается от специального внешнего привода (на схеме он не показан) и компрессора VII. Все предусмотрено!

Если бы это «все» могло быть в действительности, то человечество получило бы двигатель, работающий только за счет теплоты, отводимой от окружающей среды. Мало того, этот двигатель дополнительно давал бы либо холод (если бы первый контур работал как холодильная машина), либо теплоту (если бы он действовал как тепловой насос). Но, увы, второй закон запрещает оба варианта. И в первом и во втором случае простой расчет показывает, что работы турбины не хватит даже на привод компрессора, не говоря уже о внешнем потребителе.

Энергетический баланс здесь, как и в любом приличном ррт-2, сходится, и нарушения первого закона нет.

Действительно, для этого необходимо только, чтобы $Q_2 = Q - L$. Величины L' и Q_3 в баланс не входят, так как они характеризуют внутреннюю передачу энергии от одной части установки к другой. Видно, что ничего невозможного (с точки зрения первого закона) в этом уравнении нет: сколько энергии с тепловым потоком поступает, столько с работой и теплотой отводится.

Эксергетический баланс двигателя Джерсена будет выглядеть по-разному в зависимости от режима.

Для режима теплового насоса

$$0 = E_q + L.$$

Эксергия теплоты Q_1 , взятой от окружающей среды, равна нулю, и из него (нуля) получается у Джерсена и эксергия теплоты Q_2 , даваемой тепловым насосом ($E_q = Q_2 \frac{T_r - T_{o.c}}{T_r}$), и еще внешняя работа. Явно невозможная ситуация — эксергия теплоты и работа из ничего: КПД η_e был бы равен бесконечности:

$$\eta_e = \frac{E_q + L}{0} \rightarrow \infty.$$

Для режима холодильной установки тоже $0 = E_q + L$. Здесь опять же эксергия ниоткуда не поступает, но расходуется по двум направлениям. Во-первых, она отдается в виде «холода» ($E_q = Q_1 \frac{T_x - T_{o.c}}{T_x}$), так как *приход* теплоты при $T > T_{o.c}$ соответствует *расходу* эксергии

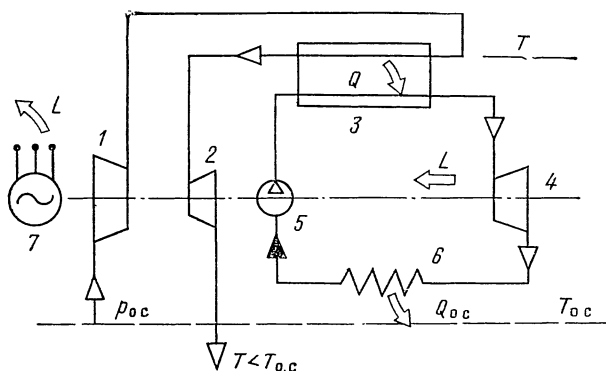


Рис. 5.5. Схема «машины атмосферного тепла»

(Q_1 и E_q имеют разные знаки, поскольку $E_q = \frac{T_x - T_{0,c}}{T_x} < 0$). Во-вторых, эксергия отводится в виде работы L . Опять два полезных результата «из ничего» и бесконечно большой КПД!

Наряду с «холодным» ррт-2 разрабатывались и «теплые», предназначенные для работы только при температурах выше температуры окружающей среды. Источник энергии у них оставался тот же — «теплота окружающей среды». Их авторы опирались уже на традиции теплотехники. Некоторые из них тоже защищены авторскими свидетельствами или патентами [3.14—3.17].

Разберем один из них, наиболее характерный [3.14]. Автор (проф. А. Н. Шелест) назвал предложенный им двигатель «машиной будущего». Другое ее название — «машина атмосферного тепла» [3.17].

Схема машины показана на рис. 5.5. Она состоит из двух контуров. Первый, включающий в себя турбокомпрессор 1 и турбину 2, соединен на входе и выходе с атмосферой и запускается в работу пусковым электродвигателем, который на схеме не показан. Засасываемый в компрессор атмосферный воздух (при $p_{0,c}$ и $T_{0,c}$) сжимается; температура его соответственно возрастает. В теплообменнике 3 горячий сжатый воздух охлаждается (в пределе—до исходной температуры), нагревая рабочее тело второго контура. После этого холодный сжатый воздух поступает в турбину 2, расширяется с отдачей внешней работы и выбрасывается в атмосферу. Посколь-

ку температура перед турбиной близка к $T_{0.c}$, температура отработанного расширенного воздуха T за турбиной будет ниже температуры окружающей среды $T_{0.c}$. Развиваемая турбиной 2 мощность используется для привода компрессора 1, что позволяет уменьшить необходимую для работы компрессора мощность пускового электродвигателя. Таким образом, первый контур играет, по мнению А. И. Шелеста, роль теплового насоса, «перекачивая» теплоту из атмосферного воздуха на повышенный уровень температур T , используемый в теплообменнике 3.

Второй контур представляет собой обычный теплосиловой цикл, в котором циркулирует какое-либо низкокипящее рабочее тело, испаряемое в теплообменнике 3 теплотой Q , поступающей из первого контура. Сконденсированное в конденсаторе 6 при температуре, близкой к $T_{0.c}$, это рабочее тело подается насосом 5 через теплообменник в главную турбину 4, где расширяется, производя работу. Эта работа L при установившемся режиме отдается на привод первого контура (электродвигатель отключается), а оставшаяся часть идет на электрогенератор 7, производящий энергию для внешнего потребления.

В результате за счет атмосферной теплоты производится электроэнергия. Затрата топлива (и электроэнергии, если не считать пусковой период) исключается.

Из этого описания видно, что предлагаемая «машина атмосферного тепла» представляет собой классический *rrm-2* — «монотермический двигатель». Понимая, что тепловая машина не может произвести работу, не используя *два* температурных уровня, изобретатель пытается обойти второй закон, искусственно создавая этот другой, более высокий уровень посредством сочетания компрессора 1 и расширительной турбины 2. Но второй закон неизбежно себя проявляет: такой тепловой насос заберет всю работу, производимую в тепловом цикле, и никакого эффекта установка не даст; она просто вскоре после запуска остановится.

Проведем, пользуясь методом, описанным в гл. 4, анализ энергетического и эксергетического балансов «машины атмосферного тепла». Начнем с энергетического баланса.

В установку (в компрессор 1) поступает атмосферный воздух.

Его энтальпия H_1 показывает количество вносимой им энергии. Эта энергия расходуется по трем статьям:

- 1) выносится с выходящим воздухом (энтальпия H_2);
 - 2) отдается в форме теплоты $Q_{0.c}$ в окружающую среду через конденсатор I ;
 - 3) отдается в виде полезной работы L электрогенератором 7.
- Тогда энергетический баланс будет иметь вид

$$H_1 = H_2 + Q_{0.c} + L.$$

Он никаких сомнений не вызывает: с точки зрения первого закона термодинамики все сходится.

Эксергетический баланс в отличие от энергетического будет включать только два члена — эксергию E_2 отводимого в атмосферу из турбины холодного воздуха и полезную работу L . Эксергия засасываемого из атмосферы воздуха $E_1=0$, так как его температура $T_{0.c}$ и давление $p_{0.c}$ соответствуют параметрам атмосферы. Точно так же равна нулю эксергия теплоты, отдаваемой через конденсатор в окружающую среду при $T_{0.c}$. Эта теплота полностью неработоспособна. Следовательно, эксергетический баланс системы (если бы она работала) был бы таким:

$$0 \geq L + E_2,$$

поскольку поступающая эксергия должна быть больше (или в идеале равной) выходящей. Иначе говоря, приходная часть баланса эксергии равна нулю, а расходная — сумме $L + E_2$. Это означает, что «машина будущего», должна не только делать «из ничего» работу, но и давать холодный воздух, эксергия которого больше нуля, так как он, отличаясь по температуре от окружающей среды, обладает определенной работоспособностью.

В идеальном случае (знак равенства) машина может в принципе работать, но как холодильная, выдавая холодный воздух при затрате работы L (поскольку $-L = E_2$). В реальном случае будет тоже холодильник, но холода при той же затрате работы он будет давать меньше ($-L > E_2$). Ни о каком *получении работы* тут и думать не приходится.

КПД системы (если предположить, что машина могла бы работать как двигатель) будет равен отношению результата $(L + E_2)$ к затратам эксергии. Поскольку затраты равны нулю,

$$\eta_e = \frac{L + E_2}{0} = \infty.$$

Если бы машина работала, ее КПД был бы равен бесконечности. Такой КПД характерен для всех ррт — не только второго, но и первого рода, ведь все они делают эксергию (т. е. и работу) из ничего.

Эта машина, так же как и машина Джерсена, — классический пример попытки осуществить двигатель, работающий за счет энергии равновесной окружающей среды. Эта энергия действительно необозрима, но поскольку ее эксергия равна нулю, она абсолютно неработоспособна.

В заключение разбора «машины будущего» приведем отрывок из заметки о ней, помещенной в «Экономической газете» [3.17]. Автор заметки, возмущаясь косностью тех, кто прекратил работу по созданию этой машины, писал:

«Высокий КПД этой машины, достигающий 60—80 %, обеспечивается использованием тепла атмосферного воздуха. Он засасывается в компрессор установки при атмосферной температуре, а выходит из турбины при более низкой температуре. Так в этой машине используется известный в физике принцип теплового насоса.

Машина системы проф. А. Н. Шелеста, использующая атмосферное тепло, может быть применена для тепловых электростанций, коэффициент полезного действия которых будет в два раза выше существующих».

Даже если поверить автору этой заметки, что машина будет работать, остается непонятным, почему КПД будет выше «в 2 раза» (80 %)? Ведь на тепловой электростанции расходуется топливо; чтобы поднять КПД в 2 раза, нужно расходовать его на 1 кВт·ч в 2 раза меньше. А в «машине будущего» топливо вообще не расходуется. Почему же так скромно: «в 2 раза»?

Мы не будем рассматривать других попыток осуществить тепловой «монотермический двигатель» на основе термомеханических преобразований. Все они удивительно похожи, и разница проявляется только в деталях. Так же, как и при создании ррт-1, их изобретатели наивно полагают, что изменив какие-нибудь частности, все же удастся обойти закон науки.

В этом убеждении им помогают некоторые теоретики, которые подводят под ррт-2 серьезную «научную базу». По ходу изложения нам в предыдущих главах уже приходилось на них ссылаться. Однако все они, как мы видели, больше опирались на идеи философско-космологического характера или на общие рассуждения.

Сейчас, имея в своем распоряжении информацию о реальных проектах ррт-2, можно сделать следующий

шаг: рассмотреть научные теории, непосредственно обосновывающие возможность создания «монотермического двигателя». Для этого создается новая «термодинамическая» база с неизбежной, естественно, ликвидацией второго закона.

Работы по созданию такой «научной базы» и дискуссии, выплескивающиеся и на страницы средств массовой информации, проходили как у нас в стране, так и за рубежом. В ПНР, например, статью с описанием «монотермического» двигателя под названием «Тепловик» и его теоретическое обоснование опубликовал магистр-инженер Я. Мордасевич [3.20]. Правда, редакция журнала поступила очень разумно, поместив вслед за ней статью проф. С. Отщедушко и И. Сикоры [3.21], в которой была ясно показана вздорность идей Мордасевича (авторское свидетельство на свой «тепловик» Мордасевич все же получил).

Казалось бы, на этом история должна была закончиться — научная истина восторжествовала, а автор «тепловика» получил желанный документ. Однако прошло больше 20 лет и идея «тепловика» всплыла снова. В газете «Политика» появилась статья о Мордасевиче с интригующим названием «Безумец или гений»? [3.22].

Нам нет необходимости анализировать эту или другие иностранные работы, поскольку имеются в достаточном количестве аналогичные отечественные публикации на русском языке.

Остановимся в этой связи на работах проф. М. А. Мамонтова [3.16; 3.18]. Читателям приходится вникать в подобного рода теоретические построения — это почти всегда тяжелая работа. Тяжела она не из-за трудности постижения глубоких мыслей, а вследствие особой формы изложения.

Известен мудрый афоризм: «Кто ясно мыслит, тот ясно излагает». Не менее верно и обратное утверждение. Как правило, ошибочные теории излагаются очень путано, с применением массы ученых слов и новых терминов, новых понятий. Выбраться из получающегося в результате лабиринта не так просто. Это и естественно: при четком и последовательном изложении тех же положений их несостоятельность выявилась бы сама собой. Ложные антинаучные концепции могут жить только в условиях путаницы в мыслях и словах, это их «питательная среда».

Итак, познакомимся с теоретической базой ррт-2 — «обновленной» термодинамикой. Поступим так: сначала приведем соответствующие цитаты, расположив их по возможности в логической последовательности, а затем будем их распутывать и анализировать. Начнем с главы «Принципиальная возможность создания теплового двигателя с одним источником тепла» в [3.16].

Автор выбирает в качестве объекта, в котором происходят явления, «находящиеся в явном противоречии с некоторыми положениями классической термодинамики»¹, — пневматические инструменты, работающие на сжатом воздухе.

«Регулярно наблюдаемые явления конденсации паров воды в рабочей полости пневматических двигателей и отказы в работе этих двигателей вследствие замерзания выделившихся капель воды представляются бесспорным свидетельством реальности охлаждения рабочего тела пневматического двигателя до температуры значительно более низкой, чем температура атмосферного воздуха». И далее:

«Причины столь резкого расхождения приведенных положений классической термодинамики с бесспорными реальными фактами заключаются в классической концепции теплоты, положенной в основу классического анализа. Вопреки этому анализу подвод тепловой энергии в рабочую полость пневматического двигателя совершается посредством тепловой миграции при температуре подводимого рабочего вещества, близкой к температуре окружающей среды (атмосферы). В этих условиях с первых моментов этапа расширения рабочего объема создаются условия, при которых температура рабочего вещества становится ниже температуры окружающей среды. В результате чего:

изменение состояния тела начинается при температуре рабочего вещества, близкой к температуре окружающей среды;

работа совершается за счет охлаждения рабочего вещества ниже температуры окружающей среды;

передача тепла от рабочего тела теплоприемнику

¹ Здесь и в дальнейшем автор цитирует «положения классической термодинамики» либо не совсем точно, либо по источникам, в которых они изложены не наилучшим образом. Поэтому в соответствующих местах мы будем вспоминать их сами: это не противоречит правилам ведения дискуссии.

производится при отрицательной разности температур (тепло переходит от тела с низкой температурой к телу с высокой температурой)».

Следующая цитата:

«Отмеченные выше явления переохлаждения рабочего тела, наиболее отчетливо наблюдающиеся в пневматических двигателях без подогрева воздуха, имеют принципиальное значение, так как открывают возможность подвода тепла к рабочему телу за счет тепловой энергии атмосферы.

Если обеспечить значительное увеличение внутренней поверхности рабочей полости (поверхности нагрева) и медленное движение поршня, то, используя возникшую разность температур между стенками рабочей полости и рабочим телом, можно процесс расширения из адиабатического превратить в процесс, близкий к изотермическому. Так как изотерма при расширении проходит существенно выше адиабаты, то указанное изменение процесса приведет к существенному увеличению полезной работы.

Таким образом, от пневматического двигателя можно будет получать работу не только за счет энергии воздуха в аккумуляторе, но также за счет использования дарового тепла атмосферы».

«...Если учесть, что классическая термодинамика в соответствии с ее концепциями категорически отрицает возможность прямого преобразования тепла окружающей среды в работу, то установление возможности такого преобразования в пневматических (газовых) двигателях имеет большое принципиальное значение».

Все изложенное в этих цитатах уже не просто «философия», а конкретные выводы из конкретных явлений. Эти выводы автор в дальнейшем кладет в основу проекта двигателя. Поэтому прежде чем продвигаться дальше, разберем их.

Вначале необходимо подтвердить тот несомненный, хорошо известный факт, что сжатый воздух, расширяясь в пневматических двигателях, охлаждается до температуры более низкой, чем температура окружающей среды. Удивительного в этом ничего нет, и странно, почему М. А. Мамонтов делает отсюда такие далеко идущие выводы. Действительно, хорошо известно, что воздух, как и любой другой газ, нагревается, если его сжимать в адиа-

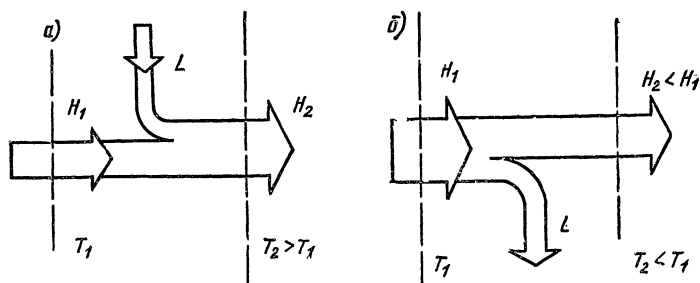


Рис. 5.6. Диаграммы потоков энергии для адиабатных процессов сжатия (а) и расширения (б) газа

батных¹ условиях. Этот факт наблюдает любой велосипедист или автомобилист, накачивающий шины своей машины. Затрачиваемая работа переходит во внутреннюю энергию газа, и его температура повышается. Точно так же при расширении газа с отдачей работы (как, например, в пневмоинструменте) сжатый воздух охлаждается. Отметим, что это охлаждение может быть довольно значительным. Если, например, давление воздуха 4 ат (0,4 МПа) и температура $+20^\circ\text{C}$ (293 К), то при расширении до атмосферного давления он охладится примерно до -75°C (198 К), т.е. на 95°C . В реальных условиях вследствие теплопритока охлаждение будет меньшим, но все же достаточно существенным. Все это происходит «по науке», и никто существования такого процесса не отрицает. Диаграммы потоков энергии для этих случаев показаны на рис. 5.6.

Двинемся дальше и расшифруем вторую, более длинную цитату. В ней речь идет о другом процессе расширения — уже не адиабатном, а изотермическом. Он отличается тем, что по ходу расширения к газу подводится теплота из окружающей среды, причем в таком количестве, чтобы не дать ему охладиться. В результате температура газа остается неизменной (отсюда и термин «изотермический»).

Разберем этот процесс в соответствии с классической

¹ Адиабатные условия подразумевают полную тепловую изоляцию рабочего тела (в данном случае воздуха) от внешней среды. Теплота не может в этом случае ни подводиться через стенки цилиндра, ни отводиться из него.

термодинамикой, а потом сопоставим результаты с трактовкой проф. М. А. Мамонтова.

На рис. 5.7 показаны графики изменения температуры T и давления p газа в процессе его расширения в цилиндре пневмоинструмента в зависимости от хода l поршня. Точка 1 соответствует начальному положению поршня, точки 2' и 2'' — конечным его положениям.

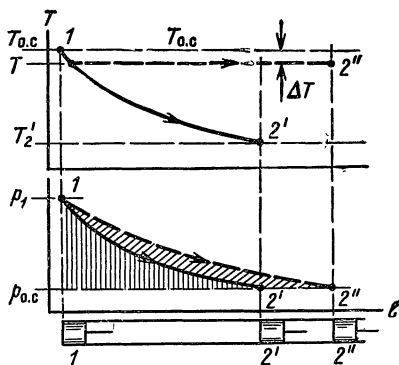


Рис. 5.7. Изменения температуры и давления газа (воздуха) при расширении с учетом теплопритока извне

При адиабатном расширении (вертикальная штриховка) температура газа падает, так же как и давление, по мере движения поршня вправо. В конечной точке 2 давление снижается до атмосферного $p_{0.c}$, а температура — до T_2' , значительно более низкой, чем $T_{0.c}$. Отведенная в виде работы энергия $L_{ад}$ соответствует вертикально заштрихованной площадке. По первому закону термодинамики она будет равна уменьшению внутренней энергии газа: $L_{ад} = \Delta U_{1-2}$.

При изотермическом расширении (наклонная штриховка) температура газа только в первый момент снижается на очень малую величину ΔT — разность температур, необходимую для того, чтобы теплота из окружающей среды могла сообщаться газу. Далее температура будет до самого конца расширения постоянной, равной $T = T_{0.c} - \Delta T$. Давление газа будет падать медленнее, так как к газу постоянно подводится теплота. Поэтому поршень к моменту, когда p станет равным $p_{0.c}$, пройдет большой путь и остановится только в точке 2''. Соответственно и работа $L_{из}$, проделанная газом, будет больше (и ход поршня, и давление здесь выше). Добавочная работа соответствует площадке, заштрихованной наклонно; суммарная работа равна количеству подведенной теплоты $Q_{0.c}$ ($L_{из} = Q_{0.c}$)*.

* Внутренняя энергия газа не изменилась, так как она не зависит от объема и определяется только температурой.

Теперь мы можем возвратиться к цитатам из М. А. Мамонтова.

Во втором и третьем пунктах, следующих за словами «В результате чего», все, что происходит в двигателе, почему-то понимается наоборот. Работа, как мы видели, совершается не «за счет охлаждения» (как в адиабатном процессе), а напротив, путем постоянного *нагрева* рабочего вещества. Ведь теплота $Q_{o.c.}$, которая обеспечивает работу двигателя, все время *подводится* к рабочему телу, а не *отводится* от него. Поэтому второй пункт неверен. Третий пункт совсем непонятен. Передача теплоты идет не «от рабочего тела», а наоборот, к рабочему телу (газу). И не при «отрицательной» разности температур, а при положительной ($\Delta T = T_{o.c.} - T$), и не «от тела с низкой температурой» (газа), а напротив, *к нему* из окружающей среды.

В последующей части цитаты нет таких «перевертышей». Если не считать слова «переохлаждение»¹, которое здесь ни к чему (нужно просто «охлаждение»), то фактическая сторона дела изложена без ошибок. Но трактовка событий неверна принципиально. Автор полагает, что от изотермического двигателя можно получать работу «также за счет использования дарового тепла атмосферы». На первый взгляд, это действительно может показаться правильным: ведь работа $L_{из}$ равна подведенной из окружающей среды теплоте $Q_{o.c.}$. Но такой вывод был бы преждевременным. Подумаем: если бы воздух не был *предварительно сжат*, мог бы работать двигатель «за счет дарового тепла атмосферы»? Очевидно, нет. А откуда взялось давление? Из компрессора, в котором происходит процесс, обратный тому, который идет в двигателе. Там газ сжимается от $p_{o.c.}$ (точка 2'') до p_1 . При этом его температура (если вести процесс тоже изотермически) будет не ниже, а выше $T_{o.c.}$ на ΔT и теплота $Q_{o.c.}$ будет отдана среде, а двигатель столько же теплоты взял у нее обратно. В итоге выходит нуль! Работа L получается только за счет точно такой же работы, затраченной на сжатие в компрессоре. Так будет в идеальном случае, если компрессор и двигатель точно изотермические. В реальных условиях работа, затраченная на компрессоре,

¹ Переохлаждение — это совсем другое: охлаждение вещества ниже температуры перехода в другое агрегатное состояние. Например, вода, охлажденная до -10°C , но не превратившаяся в лед, называется «переохлажденной».

и количество отведенной в окружающую среду теплоты будут больше, чем работа, полученная в двигателе, и намного больше, чем теплота, которую он заберет из окружающей среды. В итоге будет все та же классическая картина — суммарная энтропия вырастет, эксергия, напротив, частично потеряется, поскольку эксергия сжатого воздуха после компрессора будет меньше подведенной работы, а работа пневматического двигателя — меньше эксергии сжатого воздуха (практически остается от 5 до 10 % затраченной на компрессоре работы). Читатель может сам при желании это проверить, составив соответствующую схему потоков энергии и эксергии.

Изложенное показывает всю беспочвенность последней тирады М. А. Мамонтова против классической термодинамики. Мы видели, что при анализе пневмодвигателя нет никакого расхождения с бесспорными фактами и они вполне вписываются в ее понятия.

Как тут не вспомнить, что сказал еще в XVII в. великий английский ученый Р. Гук [1.28]: «Большинство ученых очень поверхностны..., из нескольких неопределенных и недостоверных положений они делают самые общие выводы и с помощью их устанавливают законы, правящие миром и природой». Если заменить в этом высказывании слово «большинство» на «меньшинство», то оно вполне годится и для нашего времени.

Профессор М. А. Мамонтов не ограничился теоретическими изысканиями. Осуществляя связь науки и производства, он предложил и соответствующий теории двигатель «с одним источником тепла». Приведем рисунок и описание, взятые из уже упомянутой книги автора.

«Рассмотрим теперь поршневой двигатель, индикаторная диаграмма которого представлена на рис. 8*.

До начала движения поршня в рабочую полость при

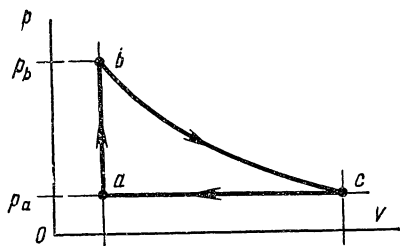


Рис. 5.8. Индикаторная диаграмма поршневого двигателя «с одним источником тепла»

* Рисунок 8 из книги М. А. Мамонтова воспроизведен на рис. 5.8.

неизменном начальном ее объеме впрыскивается низкокипящая жидкость, которая испаряется и нагревается до температуры окружающей среды (атмосферного воздуха) под действием температуры этой среды.

В результате давление в рабочей полости повышается до некоторого давления, превышающего давление окружающей среды. Перепад давлений в рабочей полости и в окружающей среде вызывает движение поршня и расширение рабочего вещества. При значительной внутренней поверхности стенок рабочей полости, имеющих температуру окружающей среды, и при медленном движении поршня обеспечивается изотермическое расширение рабочего вещества за счет получения тепла из окружающей среды. Движение поршня вправо заканчивается в момент, когда давление в рабочей полости будет равно атмосферному. На обратном ходе рабочее вещество, имеющее температуру атмосферы, выталкивается в атмосферу.

В точке *c* диаграммы давление равно атмосферному. Участок диаграммы *ав* отвечает процессу нагревания рабочего вещества, полученного испарением низкокипящей жидкости, при неизменном начальном объеме рабочей полости.

Как видно из изложенного, цикл состоит из изотермы *bc*, изобары *ca* и изохоры *ab*. Работа цикла выражается площадью *abc* и совершается полностью за счет тепла, полученного из окружающей среды (так как внутренняя энергия рабочего вещества при изотермическом процессе остается без изменения).»

В этом тексте все относительно благополучно, кроме одной последней фразы. Более того, предложенный двигатель осуществим, и он вполне может работать. Однако если исправить ошибку в этой последней фразе, то все изобретение сразу потеряет, как говорят, «товарный вид». «Работа цикла выражается площадью *abc* и совершается полностью за счет тепла, полученного из окружающей среды (так как внутренняя энергия рабочего вещества при изотермическом процессе остается без изменения).»

Здесь автор допускает ошибку, рассматривая *только* изотермический процесс. Все остальное его не интересует, а там-то и лежит то, «за счет чего» двигатель может работать. Работу двигателя обеспечивает жидкость, подаваемая в него с температурой ниже $T_{0,c}$ (при давлении $p_{0,c}$) и выходящая в виде пара при тех же давлении

и температуре. Откуда она берется и куда девается полученный пар, автор не пишет. Он только отмечает, что «... расход низкотемпературной жидкости в рассматриваемом процессе можно истолковать как своеобразную компенсацию за превращение тепла в работу, но подобная компенсация по своей природе эквивалентна передаче тепла холодильнику».

Между тем в этой «своеобразной компенсации» вся соль и состоит. Чтобы получить эту низкотемпературную жидкость, имеющую определенную эксергию, нужно обязательно *затратить работу*. Эта работа как раз пойдет на то, чтобы отвести при низкой температуре теплоту конденсации жидкости и отдать ее при температуре $T_{0,c}$ в окружающую среду. Так что «своеобразная компенсация» требует, во-первых, затраты работы и, во-вторых, именно «передачи тепла холодильнику». При этом затраченная работа и отведенная в окружающую среду теплота в лучшем (идеальном) случае будут равны соответственно полученной от двигателя Мамонтова работе и получаемой им из среды теплоте. В реальных же условиях на получение этой рабочей жидкости придется затратить работу и отвести при этом в среду значительно больше теплоты, чем может компенсировать двигатель. Опять в итоге получится общий рост энтропии и соответствующая потеря эксергии! Заслуги холодной жидкости (которую изобретатель должен был бы хвалить, ибо без нее ничего бы не двинулось) автор отметаёт напрочь. Об этой жидкости, которая играет здесь ту же роль, что бензин в двигателе внутреннего сгорания, он пишет такие нехорошие слова: «...подвод малокалорийной и низкокипящей жидкости оценивается как обычное материально-конструктивное обеспечение процесса».

Из всего этого делаются общие выводы — «законы, правящие миром и природой», как сказал Р. Гук. М. А. Мамонтов пишет:

«Изложенное показывает, что расширенные концепции тепла, работы и рабочего тела вносят радикальные изменения в анализ условий действия теплового двигателя. В частности, с позиций этих концепций оказывается неправомерным известный постулат Планка:

«Невозможно построить периодически действующую машину, все действие которой сводилось бы к поднятию некоторого груза и соответствующему охлаждению теплового резервуара».

Этот постулат предполагает обязательность «компенсации» за возможность периодического превращения теплоты в работу¹. Такая компенсация выражается потерей части подведенной теплоты вследствие передачи этой теплоты в окружающую среду (холодильнику) в фазе пониженного давления.

Так как в рассматриваемом периодически действующем двигателе в фазе повышенного давления работа совершается за счет подвода теплоты из окружающей среды, то отвод теплоты в фазе пониженного давления обратно в ту же среду невозможно отождествить с отмеченной выше компенсацией.

Идеи М. А. Мамонтова не остались без продолжателей. Не дожидаясь реализации этих идей (ждать пришлось бы долго), канд. техн. наук Н. Е. Заев тоже предложил двигатель, в цилиндр которого впрыскивается жидкий азот (температура -196°C). Эта мысль, родственная предложенной Триплером, действительно обеспечит движение двигателя. Азот, получая теплоту из окружающей среды, будет испаряться, давление вырастет и пневматический двигатель заработает. Но, восхищаясь этой блестящей идеей, и ее автор, и его поклонники [3.10] забывают ту же «мелочь», что и М. А. Мамонтов. Ведь жидкий азот надо получить! А это потребует затраты куда большей работы, чем даст двигатель.

Опять эта старая термодинамика со своей неизбежной «компенсацией»!

В другом труде проф. М. А. Мамонтова [3.18] излагается несколько иная концепция, которую он непосредственно связывает с той, которую мы разобрали. Эта «новая доктрина» изложена в статье, скромно названной автором «От структуры Карно к структуре Прометея». Она сводится по существу к уже известным положениям о возможности осуществления двигателя, работающего за счет «круговорота тепла». Если устранить терминологические наслоения вроде «термогенный», «термомассогенный», «структура Хоттабыча», «реверторная работа», «термомодераторная работа», «топливная система Прометея», «многопозиционная система Уатта» и т. д., то ос-

¹ В данном случае работа, затраченная на получение «низкокалорийной» жидкости, и связанная с ней отдача теплоты в окружающую среду как раз и есть та компенсация, о которой говорил М. Планк.

танется старая идея, основанная на полном непонимании свойств теплового насоса.

Автор подобно другим «инверсионщикам» думает, что тепловой насос может сделать то, чего он на самом деле не может — совершить чудо. Получив работу от тепловой машины, он должен выдать ей на верхнем температурном уровне столько теплоты, чтобы ее не только хватило на производство этой работы, но был бы и некоторый избыток. За счет этого избытка и будет произведена дополнительная работа, отдаваемая внешнему потребителю. Однако мы знаем, что насос такую задачу в принципе решить не может.

Корень заблуждения здесь тот же, что и других теоретиков ррт-2, — непонимание качественной стороны энергетических превращений. Радуюсь, что тепловой насос дает много теплоты («больше, чем затрачено работы»), они забывают об ограниченной работоспособности — эксергии этой теплоты, которая в идеальной установке равна затраченной работе, а в реальной — меньше ее. Поэтому утверждение: «...постулат Клаузиуса, в обычной его формулировке неполно отображает закономерность действия тепловых насосов. Реальная закономерность выражается расширенным постулатом Клаузиуса: «Регенерация тепла сама собой, без компенсации, неосуществима: при ее осуществлении количественно компенсация значительно меньше регенерированного тепла».

На этой основе вместо «структуры Карно» создается «структура Прометея». Чтобы дать представление о ней, приведем несколько цитат. Комментировать их нет необходимости: они говорят сами за себя. Нужна только расшифровка мудреных терминов. Отметим для начала, что ТСП означает «теплосиловое превращение», ТНП — «теплонасосное превращение», а ТМП — «тепломеханическое превращение».

«Как уже отмечалось, невозможность полного превращения тепла в работу в закрытых ТСП обусловлена значительным отводом тепла от рабочего агента в охлаждающую воду.

Так как согласно постулату Карно исключить этот отвод тепла невозможно, то остается только один путь полного превращения тепла в работу — каким-либо способом вернуть все тепло, отданное охлаждающей воде, обратно рабочему агенту в термоприточном органе.

В порядке решения рассматриваемой задачи ниже, в качестве «пристройки» к структуре закрытых ТСП, использован однофидерный теплонасосный блок».

Полученный таким путем гибрид теплового двигателя и теплового насоса автор называет «топливной структурой Прометея».

«Характерная особенность синтезированной структуры заключается в том, что органы механизма ТСП выполняют функции периферийных органов ТНБ и наоборот. Для того, чтобы топливная структура Прометея могла действовать (выдавать полезную работу), необходимо, чтобы работа, переданная теплонасосному блоку от теплосилового, была меньше работы, производимой теплосиловым блоком.

Указанное условие выполняется в ходе подбора органов синтезированной системы.»

Отсюда смелый вывод:

«...Изложенным устанавливается, что полезная работа природной системы Прометея равна (при идеальном исполнении системы) теплоте, введенной в механизм системы из окружающей природной среды, и что термический КПД системы равен единице.»

И заключение, в котором взамен устаревших положений Карно, Клаузиуса, Кельвина и Оствальда вводятся новые, «безусловно достоверные» замены:

«Указанные структуры приводят к утверждению, прямо противоположному постулату Кельвина — Оствальда: «Полное превращение тепла в работу и превращение природного тепла в работу осуществимы». Если постулат Кельвина—Оствальда по его физическому содержанию может быть назван законом диссипации тепла, то данное утверждение с учетом его физического содержания можно условно именовать законом круговорота тепла.

Доказательство правомерности закона круговорота тепла заключено не только в структурах, адекватно отображающих действительные ТМП, но и в факте существования тепловых насосов и их особых закономерностей».

И, наконец расширенная окончательная формулировка.

«...закон круговорота тепла выразится следующей расширенной формулировкой:

1. Полное превращение тепла в работу осуществимо,

если компенсация за регенерацию сточного тепла будет меньше работы, полученной за счет регенерированного тепла.

2. Превращение природного тепла в работу осуществимо, если компенсация за регенерацию природного тепла будет меньше работы, полученной за счет регенерированного природного тепла.

Безусловная достоверность расширенного постулата Клаузиуса означает безусловную достоверность закона круговорота тепла и безусловную реальность структур Прометея».

Все это было бы замечательно, если бы «если» в пп. 1 и 2 превратились в «поскольку». Мы видели, что это, увы, не так. В этом и причина невозможности создать такой действующий гибрид тепловой машины и теплового насоса. Казалось бы, чего проще — и то, и другое есть в любой приличной теплотехнической лаборатории: соединить их и показать «структуру Прометея» в работе. Со «структурой Карно» и другими классиками было бы покончено одним нокаутирующим ударом.

Остается сделать только одно замечание: едва ли стоило беспокоить для всего этого тень титана Прометея, давшего, по преданию, людям огонь. Ведь его имя в переводе с греческого означает «провидец» — человек, смотрящий далеко вперед. Покровителем теории «круговорота тепла», которая смотрит назад почти на два века, нужно взять другое лицо. Здесь больше подходит кандидатура брата Прометея. Это фигура менее популярная, что и неудивительно. Эпиметей (что значит «крепкий задним умом») представлял собой полную противоположность своему героическому брату. «Круговорот тепла» — «принцип Эпиметея» — не заменит принципа Карно.

5.3. Новые идеи: химические, оптические и электрохимические ppm-2

Несмотря на все попытки, вплоть до привлечения в союзники самого Прометея, бесполезность создания ppm-2 на классических термомеханических принципах становится постепенно очевидной даже для самых законченных его сторонников. Поэтому многие из них переключились на новые области в поисках таких эффектов, которые помогли бы обойти второй закон.

Эти надежды большей частью основаны на одной из двух ошибочных предпосылок (или обеих сразу).

Первая из них связана с тем, что изобретатели не видят задачу в целом. Ведь независимо от цепочки любых промежуточных преобразований энергии на входе любого ррт-2 обязательно должна вводиться теплота, т. е. и энтропия, а на выходе выводиться работа (иногда и теплота тоже). Следовательно, *независимо ни от чего* с этой энтропией что-то должно происходить, чтобы она «по дороге» преобразовалась; ррт-2 связан с энтропией неразрывными узами. А где энтропия, теплота, «микробеспорядок» — там и второй закон.

Вторая ошибочная предпосылка опирается на представление, что химические, оптические, электрические, магнитные и некоторые другие явления «не подвластны» второму закону. Эта наивная иллюзия возникла вследствие непонимания того факта, что любые явления, в которых есть (или может появиться) микробеспорядок, неизбежно связаны с энтропией, а следовательно, и со вторым законом. От него никуда не уйдешь, даже используя для создания ррт-2 любые, самые хитрые эффекты.

Можно было бы привести здесь много вариантов ррт-2 такого рода: их изобретают более чем достаточно. Однако мы приведем для примера только три наиболее характерных — химический, оптический и электрохимический.

Начнем с *химических* ррт-2. Об этих устройствах написано меньше, чем о других видах вечных двигателей; однако коснуться их необходимо. Естественно, что авторы не называют такие машины «вечными двигателями»; обычно выбираются более приемлемые термины.

Химические ррт-2 встречаются двух видов.

К первому относятся те, в которых используется «теплота окружающей среды» для получения работы. Идея стандартная: сначала в тепловом насосе получается теплота высокого потенциала, а затем она используется для теплового двигателя, который кроме своей основной работы крутит «между делом» и тепловой насос.

Это, так сказать, традиционный вариант ррт-2, но реализуемый с участием химических реакций. Обычно предлагается использовать сочетание экзотермических (с выделением теплоты) и эндотермических (с поглощением теплоты) реакций каких-либо веществ.

Реакцию первого вида проводят на верхнем темпера-

турном уровне, а второго — на нижнем с поглощением теплоты, отводимой от окружающей среды. В результате, по мысли авторов, должен получиться «сверхэффективный» тепловой насос; использовать его для двигателя — уже дело техники.

Однако каждый раз и расчет, и эксперимент показывают, что реакция или не идет вообще, или через некоторое время замирает, если пустить двигатель толчком извне. Для постоянной работы такой «двигатель» нужно либо подогревать, либо охлаждать, либо вращать извне. При этом, как всегда, затрата эксергии, нужной для привода, оказывается большей, чем эксергия той теплоты, которую дает химический тепловой насос. Второй закон и здесь неумолимо работает.

Подробный разбор вариантов таких тепловых насосов в этой книге занял бы много места, но не дал бы ничего существенно нового.

Более интересны другие, «гибридные» $ppm-2$.

К химическим $ppm-2$ такого вида относятся более оригинальные устройства. Это тепловые двигатели, в которых, как обычно, происходит подвод теплоты от какого-либо внешнего источника при высокой температуре (например, путем сжигания топлива). Казалось бы, тут $ppm-2$ ни при чем и принцип Карно не нарушается. Однако это не так. Изобретатели утверждают, что, используя специальное рабочее тело, в котором протекают химические реакции, можно получить работу *большую*, чем это позволяет принцип Карно. А это значит, что добавочная работа получается уже вопреки второму закону. Поэтому двигатель подобного вида, хотя внешне был бы вполне respectable, представлял бы собой $ppm-2$, выдавая «незаконную» дополнительную работу.

Несколько вариантов такого двигателя и достижения его изобретателей весьма эффектно рекламировал Е. Муслин в статье под многообещающим, но не очень грамотным заголовком «Выше цикла Карно» [3.3]. Этой статье вполне достаточно, чтобы увидеть, в чем дело. Она построена очень любопытно. Автор начинает с чрезвычайно почтительного отзыва о С. Карно, называя его труд (и совершенно правильно) гениальным. Портрет С. Карно даже открывает статью. Но, проведя необходимый цикл поклонов и расшаркиваний перед гением,

Е. Муслин, «не переводя дыхания», пытается под корень принцип Карно изничтожить. Он делает это, ссылаясь на одного из изобретателей нового двигателя — И. М. Ковтуна.

Цитируем: «Он (т.е. Ковтун) снова и снова вчитывался в отточенные формулировки термодинамических теорем, пытаясь найти хоть какие-нибудь неиспользованные лазейки в неприступном фундаменте «королевы наук». И, представьте себе, нашел! Нашел в самой сердцевине, в святой святых термодинамики, в знаменитой фундаментальной теореме Карно, гласящей, что КПД цикла зависит только от температуры нагревателя и холодильника и не зависит ни от конструкции тепловой машины, ни от природы рабочего газа. Ковтун, конечно, не собирался опровергать эту теорему, в правильности которой сомневаться не приходилось. Но он пришел к выводу, что несмотря на кажущуюся общность, она не всеобъемлющая и справедлива далеко не во всех случаях. В самом деле, что значит «КПД не зависит от природы рабочего газа?» То, что газ может быть любой — и гелий, и водород, и азот? Справедливо. Но при этом в неявной форме еще подразумевается, что коль газ уже выбран, он все время остается одним и тем же, что свойства его во время работы не меняются. А если мы выберем такие газы или их смеси, в которых на протяжении цикла происходят обратные химические реакции? Очевидно, что на этот случай теорема Карно уже не распространяется и ее ограничения можно обойти».

Начнем разбор этой длинной цитаты с констатации того, что Е. Муслин искажил до неузнаваемости теорему Карно, превратив ее четкое содержание в бессмыслицу. Сделал это он очень просто: убрал из формулировки только одно слово — «максимальный». У Карно, пользуясь современными терминами, речь идет о *максимальном, предельном значении* термического КПД, а не о КПД вообще, любой машины. Все остальные неточности в муслинском изложении теоремы Карно по сравнению с этой «поправкой» несущественны.

Настоящий смысл положения Карно совсем не тот, который ему приписал Е. Муслин. Карно утверждал то, о чем мы уже говорили в гл. 4: что при *любом* рабочем теле (а не только газе, как у Муслина) и *любом* типе дви-

гателя количество полученной из теплоты Q работы *не может превышать* величины $Q \frac{T - T_{oc}^*}{T}$. Учтем эту поправку и вернемся к рассуждениям Е. Муслина. Из нее прежде всего следует, что Карно нигде не утверждал, что для реальных машин-двигателей КПД не зависит от природы газа. Он прекрасно понимал, что зависит. И не только газа, но и любого рабочего тела в любом агрегатном состоянии.

Двигатели, используемые в технике, работают на самых разных рабочих телах — от воды до гелия; в каждом случае разработчики этих машин, стремясь повысить КПД, выбирают как процессы, так и наиболее подходящие рабочие тела. Как известно, эти тела вопреки Муслину меняют в цикле свои свойства. Но при всем том перейти *предел*, установленный Карно для идеального цикла, нельзя, можно только к нему *приблизиться*. Этим и занимаются настоящие энергетики. Они не устанавливают никаких принципиальных запретов на свойства рабочего тела. Все диктуется целесообразностью. Если в рабочем теле происходят обратимые химические реакции и это повышает КПД — пожалуйста! Принцип Карно, повторяем, разрешает использовать любое рабочее тело (чистое вещество, смесь, раствор, что угодно). Поэтому утверждение, что «на этот случай теорема Карно не распространяется», не имеет никакого разумного обоснования. Использование химических реакций в рабочем теле может быть полезным, в частности, и в двигателях Стирлинга¹. Однако никакого «КПД выше КПД цикла Карно» нет и не будет.

Так Е. Муслин опроверг С. Карно. Ничуть не лучше он обошелся с Р. Клаузиусом.

Атаку на него Е. Муслин начинает под абсолютно верным лозунгом, звучащим даже несколько консервативно: «Законы верны и незыблемы, но их надо правильно понимать». Цитируем: «У самого Рудольфа Клаузиуса, творца второго начала, имеется еще одна формулировка, в которой говорится, что этот «переход (тепла

* Величину $(T - T_{oc})/T$ (фактор Карно) иногда называют термическим КПД цикла Карно. По существу это максимальный коэффициент преобразования теплоты в работу при заданных температурах T и T_{oc} .

¹ О двигателе Стирлинга и его истории можно прочесть в [1.29, 1.30].

от менее нагретого тела к более нагретому) невозможно осуществить с помощью каких-либо машин и приборов без того, чтобы в природе не произошло еще каких-либо изменений».

Далее из этого делается смелый и четкий вывод: «Таким образом, если изменения есть, то второе начало уже ни при чем и цикл Карно нам не указ».

Здесь, как и при разборе постулата Карно, Муслин просто искажил классика, который никогда ничего подобного не писал. Берем работу Клаузиуса [1.13] и читаем соответствующее место: «Переход теплоты от более холодного тела к более теплomu невозможен без компенсации». Вместо двух слов «без компенсации» Е. Муслин написал о «машинах и приборах» и «каких-либо»... «изменениях в природе».

Между тем Клаузиус, говоря о компенсации, имел в виду очень четкую и ясную мысль (на то он и классик!). Она состоит в том, что переход теплоты «снизу вверх» требует *компенсации*, например затраты работы (говоря по-современному, в более общем плане, эксергии любого вида). Другими словами, действие каждого теплового насоса (а именно он производит отбор теплоты у более холодного тела и передачу его более теплomu) возможно только при затрате работы. Это и есть «компенсация». Поэтому вывод, что «цикл Карно нам не указ» и все дальнейшее никак не вытекает из постулата Клаузиуса.

Все, о чем говорилось выше, Е. Муслин написал, по его собственному признанию, «не углубляясь в термодинамические тонкости». Что верно, то верно!

Оптические ppm-2 представляют собой еще более оригинальный пример поисков обхода второго закона, чем химические.

Примером может служить устройство преобразования излучения, описанное Г. Лихошерстных [3.10], о вкладе которого в науку о тепловых насосах мы уже говорили. Он без тени сомнения утверждает, что, используя свойства люминофоров, можно получать «энергетическую прибавку»... «за счет концентрации тепловой энергии окружающей среды и эта прибавка может быть очень значительной». Как источник научной информации он использует книгу Ю. П. Чуковой «Антистоксова люминесценция и новые возможности ее применения». Это вполне

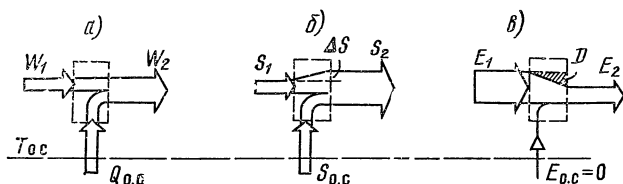


Рис. 5.9. Диаграммы потоков энергии (а), энтропии (б) и эксергии (в) для антистоксовой люминесценции

серьезная книга, в которой нет ни атак на второй закон, ни «энергетических прибавок».

Напомним, что люминесценцией называется процесс испускания телом (люминофором) под действием какого-либо энергетического возбуждения (например, светового) дополнительного излучения, отличного от его собственного теплового излучения.

Многие люминофоры переизлучают падающее на них излучение так, что испускаемый ими свет имеет *большую* длину волны, чем поступающее излучение. Это так называемая *стоксова* люминесценция¹. Позже стала известна и *антистоксова* люминесценция, при которой испускаемое излучение имеет *меньшую* длину волны, чем возбуждающее. В первом случае испускаемые кванты излучения имеют меньшую среднюю энергию, чем поступающие, во втором — большую. Разница в энергетическом балансе компенсируется за счет внутренней энергии люминофора.

Очевидно, что антистоксова люминесценция должна вызывать (и действительно вызывает) охлаждение люминофора, поскольку уходящее излучение выносит больше энергии, чем приносит входящее.

В стационарных условиях в этом случае к люминофору нужно *подводить* теплоту Q , компенсирующую разницу (рис. 5.9, а). Теплоту можно подводить откуда угодно, в частности и из окружающей среды при $T_{0,c}$. Именно за этот факт и ухватился Г. Лихошерстных; он усмотрел в нем «концентрацию энергии окружающей среды». На самом же деле, если разобраться в этом процессе серъ-

¹ По имени Дж. Стокса (1819—1903) — известного английского физика и математика, обнаружившего это явление.

езно, ничего подобного здесь не происходит; более того, дело обстоит как раз наоборот.

Всякое излучение кроме всех прочих характеристик (яркость, спектральный состав, поляризация и т. д.) характеризуется и энтропией (опять той самой проклятой энтропией, которую на горе всем «инверсионщикам» придумал Р. Клаузиус). Она равна нулю только у монохроматического (одноцветного) когерентного излучения, где все кванты имеют совершенно одинаковую частоту синхронных колебаний. Такое «высококачественное» излучение имеет эксергию, равную энергии, и может, следовательно, в принципе целиком быть преобразовано в работу. Если же поток излучения характеризуется широким спектром разных частот, то его энтропия может быть значительной: она тем больше, чем больше «беспорядок», получающийся при наложении разных частот в одном общем потоке излучения. Так вот, антистоксова люминесценция как раз характеризуется тем, что накачка люминофора энергией ведется излучением с узким спектром частот (т. е. с малой энтропией), а выдает он излучение с широким (т. е. с большой энтропией); поэтому радоваться тому, что $W_2 > W_1$, а Q извлечено из окружающей среды и «концентрируется», нет оснований. Наоборот, следует признать, что процесс идет с «ухудшением» энергии; уходящий поток излучения уносит *большую* энтропию, чем приносят входящие потоки энергии (рис. 5.9, б). Прирост энтропии ΔS связан с необратимостью реального процесса в люминофоре. Налицо явная, как говорят шахматисты, «потеря качества». Это видно и из эксергетического баланса (рис. 5.9, в): выходящая эксергия меньше входящей на величину потери D .

Таким образом, процесс преобразования энергии излучения в люминофоре идет по всем законам термодинамики с *деградацией энергии и ростом энтропии*. Никакой «концентрацией» энергии здесь и не пахнет. Нетрудно видеть также, что процесс в люминофоре аналогичен в определенной степени, как указано в [2.10], тому, который протекает в тепловом насосе; разница состоит в том, что поток теплоты трансформируется в поток энергии излучения. Из $Q_{0.c}$ получается W_2 , причем коэффициент трансформации $W_2/Q_{0.c} > 1$. В качестве приводной высококачественной энергии здесь используется не электроэнергия, а излучение с энергией W_1 . При этом эксергия E_2 потока энергии W_2 меньше, чем эксергия E_1

потока излучения, несущего энергию W_1 (т. е. $E_2 < E_1$). Все как в обычном тепловом насосе!

Электрохимические генераторы энергии в последнее время привлекают все большее внимание. И это вполне оправдано. Действительно, возможность получать электроэнергию, не сжигая топлива, а превращая химическую энергию его и окислителя сразу в электроэнергию, чрезвычайно заманчива. Длинная цепочка энергетических превращений [химическая энергия топлива и окислителя — внутренняя энергия горячих продуктов сгорания — теплота — внутренняя энергия рабочего тела (вода, пар) — механическая энергия турбины — электроэнергия], проводимых в сложных устройствах со значительными потерями эксергии (более 50 %), заменяется одним процессом в одном устройстве — электрохимическом генераторе электроэнергии (ЭХГ). КПД этих устройств очень высок. Пока ЭХГ дороги и их использование ограничено, но интенсивная работа по их совершенствованию идет весьма успешно.

Очевидно, что некоторые изобретатели не могли не обратить внимание на ЭХГ с целью использовать эту идею для ррт-2. Главной приманкой тут было высокое значение КПД. И в популярной [3.19], и даже в серьезной научной литературе можно встретить упоминания о значениях КПД электрохимических преобразователей энергии, намного превышающих 100 % (и 120, и 130, и даже 150 %).

Такие цифры появились в связи с тем, что электрохимики, авторы соответствующих работ, прекрасно владеющие своим предметом, не очень основательно знакомы с понятием КПД. Поэтому они подсчитали для своих ЭХГ коэффициент преобразования (который действительно может быть как больше, так и меньше 100 %, как мы показали в гл. 3), назвали его, не мудрствуя лукаво, КПД и были очень довольны столь высокими показателями своей техники.

Однако, как и в случае с тепловым насосом, значения КПД, бóльшие 100 %, вызвали у недостаточно грамотных людей большие ожидания. И опять «пошла писать губерния». И как писать! Приведем для примера только три цитаты.

Уже упоминавшийся нами канд. техн. наук Н. Заев [3.5]: «Разработаны устройства, так называемые топливные элементы, КПД которых может достигать 1,3. Обыч-

ная теплосиловая установка всегда двухтемпературная (отсюда и потоки тепла, и идеальный цикл Карно), топливный же элемент — однотемпературный генератор энергии, в котором фактически решена задача α . (Задачей α Н. Заев называет такую: «Непрерывно или циклически отбирать тепловую энергию из данной открытой системы, причем отбирать больше, чем затрачивать на отбор, вследствие чего система будет охлаждаться и к ней потечет тепло из окружающей среды».)

Доктор техн. наук Ю. Чирков [3.19]: «КПД энергетической установки — отношение полученной электроэнергии к теплотворной способности топлива (тому запасу энергии, которое в нем заключено)». Безоговорочно используя значение КПД, основанное на этом определении, и очень образно называя процесс в ЭХГ «холодным горением», он далее пишет: «Оно отличается от обычного: лишено ограничений, установленных Карно, здесь КПД может даже превысить 100 %».

Г. Лихошерстных [3.10]: «Интригующая особенность подобного рода концентраторов энергии окружающей среды состоит в том, что они работают за счет понижения температуры окружающей среды». Смущает обычно здесь то, что в данном случае как бы нарушается запрет В. Томсона и М. Планка. «В природе невозможен процесс, полный эффект которого состоял бы в охлаждении теплового резервуара и в эквивалентной механической работе». Этот запрет был сформулирован в эпоху господства тепловых машин, непосредственно превращавших теплоту в работу. Разумеется, что обычная тепловая машина не способна работать за счет охлаждения теплового резервуара. Описываемые же концентраторы энергии получают энергию из среды окольным путем, причем без нарушения второго начала термодинамики, конкретизацией которого является упомянутый выше «запрет».

Несмотря на некоторые различия в деталях «идеологическая база» у авторов всех трех приведенных отрывков одна. Это наивная вера в неприменимость второго закона к электрохимическим процессам. Здесь нет огульного его отрицания — ничего подобного! Напротив, для «старья» — «обычных» тепловых машин — принцип Карно вполне подходит. А вот для нового — топливных элементов, у которых есть «интригующая особенность» — возможность получать «энергию из среды окольным пу-

тем», он уже не годится. Эти устройства «лишены ограничений, установленных Карно».

Все это, разумеется, неверно. Второй закон термодинамики, в том числе и принцип Карно, остается полностью в силе и применительно к любым электрохимическим процессам. Ничего эти процессы не «лишены»; их КПД всегда меньше 100 %, и если есть у них «интригующие особенности», то совсем не в области законов термодинамики, а в задачах, которые нужно решать для дальнейшего развития этого направления.

Прежде чем коротко разобрать ошибки в трактовке электрохимических процессов, нагроможденные в приведенных цитатах, нужно сказать несколько слов о попытке оставить В. Томсона и М. Планка в «эпохе господства тепловых машин, непосредственно превращавших теплоту в работу».

Здесь тоже все перепутано. Прежде всего такой «эпохи» просто не было. Более того, и машин таких тоже не было (и нет еще, кроме опытных образцов, и теперь). Теплота и во времена В. Томсона (1824—1907 гг.), и в не очень далекие времена М. Планка (1858—1947 гг.), как и в наше время, превращается в работу не «непосредственно», а, как известно, сложным, длинным путем.

Во-вторых, как раз В. Томсон заложил основы термодинамики термоэлектрических явлений, посредством которых это самое «непосредственное превращение» и происходит. М. Планк тоже сделал огромный вклад в новые направления термодинамики. Попытка представить их как нечто древнее и устаревшее не только неграмотна, она направлена на то, чтобы устранить все, что мешает получать энергию «окольным путем», в том числе и упрямых классиков науки.

Все разговоры об «интригующих особенностях» ЭХГ опираются на непонимание действительных особенностей их энергетического баланса и связанное с этим неверное определение их КПД. Здесь сказываются традиции подсчета термического КПД электростанций, работающих на органическом топливе. Термический КПД η_t для них подсчитывается по отношению полученной электроэнергии $L_{эл}$ к теплоте сгорания использованного топлива ΔH . Он равен, по существу, отношению полученной электроэнергии к затраченной теплоте: $\eta_t = L_{эл}/\Delta H$. Строго говоря, поскольку в нем сопоставляются качественно различные формы энергии — теплота и работа, η_t представляет собой не КПД, а коэффициент преобразования энергии.

Для тепловых электростанций это различие не очень существенно, так как эксергия (работоспособность) топлива E_t примерно (с разницей до $\pm 8-10\%$) совпадает с его теплотой сгорания ΔH . Поэтому здесь эксергетический КПД $\eta_e = L_{эл}/\Delta E$ примерно равен

коэффициенту преобразования $\eta_T = L_{эл}/\Delta H$, который по традиции называют термическим КПД ($\eta_T = \eta_e$). Однако при переходе к ЭХГ это равенство нарушается. Здесь разность эксергий ΔE исходных химических веществ (реагентов), например $H_2 + Cl_2$, $2H_2 + O_2$, $N_2H_4 + 2H_2O_2$, $2C + O_2$, и продуктов реакции — HCl , H_2O , N_2 , CO может существенно отличаться от теплоты реакции ΔH . В этом проявляется естественное отличие максимальной *работы* процессов от их *теплового* эффекта. Поэтому и значение коэффициента преобразования, полученное по формуле $\eta = L_{эл}/\Delta H$ для ЭХГ, не равно КПД; неучет этого различия приводит к ошибочным оценкам.

Действительно, максимальная (для идеального случая) электрическая работа $L_{эл.м.}$, как известно из термодинамики, определяется уменьшением величины G — так называемого потенциала Гиббса:

$$L_{эл.м.} = -\Delta G = -(\Delta H - T\Delta S).$$

Из этой формулы видно, что $L_{эл.м.}$ может быть как больше ΔH (если ΔS отрицательна, т. е. энтропия S при реакции уменьшается), так и меньше (если ΔS положительна, т. е. энтропия при реакции возрастает). На практике встречаются оба случая. Например, в водородно-кислородном ЭХГ реакция протекает с уменьшением энтропии ($\Delta S < 0$), что соответствует *выделению теплоты*. При этом $L_{эл.м.}$ будет *меньше* ΔH . Так, при $T = 298$ К значение $\Delta H = -286$ кДж/кмоль H_2 , а $\Delta S = -0,163$ кДж/(кмоль·К). Следовательно, $\Delta G = L_{эл.м.} = -286 + 298 \cdot 0,163 = -273,4$ кДж/кмоль. Значит, максимальное значение коэффициента преобразования $\eta_T = \Delta G/\Delta H$ составит здесь $\frac{273,4}{286} = 0,83$.

Этот вариант ЭХГ, в котором η_T существенно меньше 100 %, естественно, не привлекает «инверсионщиков». Зато другой, в котором $\eta_T > 1$, вызывает энтузиазм. Действительно, например, для угольно-кислородного ЭХГ $\Delta G > \Delta H$, поскольку энтропия в результате реакции растет вследствие подвода теплоты из окружающей среды. Здесь при той же температуре, что и в предыдущем примере, $\Delta H = -110,6$ кДж/(кмоль·К), а $\Delta S = 0,089$ кДж/(кмоль·К). Следовательно, $\Delta G = -137,2$ кДж/кмоль, что *больше*, чем ΔH . Отсюда $\eta_T = \frac{137,2}{110,6} = 1,24$, т. е. 124 %, что *намного больше* 100 %! Вот пример, когда «электрическая энергия, выдаваемая подобным элементом, есть в конечном счете трансформируемая энергия окружающей среды.»

Увы, это совсем не так. Вся электрическая энергия, как в этом случае, так и при $\eta_T < 1$, получается за счет химической энергии реагентов, а теплота (как подводимая, так и отводимая) идет на изменение энтропии реагентов. Если они уходят с меньшей энтропией,

чем поступают («более организованные»), — теплота отводится, а если с большей энтропией («менее организованные») — теплота подводится.

Величины η_T , к сожалению, этого не показывают, ибо коэффициенты преобразования (в том числе и термический КПД η_T) не дают в общем случае правильной информации о термодинамическом совершенстве процесса. Идеальный процесс в ЭХГ должен всегда иметь КПД ровно 100 %, а не 86 или 124. Действительно, строго определяемый КПД η_e топливного элемента должен иметь вид $\eta_e = L_{эл}/\Delta E$, где ΔE — затраченная эксергия. Поскольку в рассматриваемых примерах $T = T_{о.с.}$, то $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ равно $\Delta E = \Delta H - T_{о.с.}\Delta S$ и $\eta_e = L_{эл}/\Delta G$. Тогда получаем для идеального ЭХГ во всех случаях $\eta_e = 1$, т. е. 100 %. Реальный КПД будет, естественно, меньше 100 %, поскольку $L_{эл} < L_{эл.м.}$

Преобразования энергии в ЭХГ, проходящие с поглощением теплоты, и $\eta_T > 100$ % вовсе не свидетельствуют ни о получении электроэнергии «за счет теплоты окружающей среды», ни о неподвластности этих «однотемпературных» устройств принципу Карно. Это наглядно видно из диаграмм потоков, представленных для этого случая на рис. 5.10.

Первая диаграмма (рис. 5.10, а) показывает ход потоков энергии; $\Delta H = H_1 - H_2$ и $L_{эл} = (H_1 + Q_{о.с.}) - H_2$. Из этой диаграммы может действительно сложиться впечатление, что $L_{эл}$ возникает, хотя бы частично, и из $Q_{о.с.}$. Но энтропийная и эксергетическая диаграммы неопровержимо свидетельствуют о том, что дело обстоит иначе. Вся поступившая энтропия идет только на ее увеличение в реагентах ($S_2 > S_1$). Безэнтропийная электроэнергия ее не уносит. Эксергетический баланс показывает, что вся эксергия, необходимая для получения электроэнергии, $L_{эл}$ образуется за счет разности входящих и выходящих ее потоков. Тепловой поток при $T_{о.с.}$ не имеет эксергии ($E_{о.с.} = 0$) и не добавляет в этом смысле ровно ничего.

В реальных условиях $L_{эл} < L_{эл.м.}$ вследствие потерь; для этого случая величины $L_{эл}$ показаны штриховыми линиями. Из диаграммы можно снять величины, определяющие коэффициент преобразования (термический КПД):

$$\eta_T = \frac{L_{эл}}{\Delta H} = \frac{L_{эл}}{H_1 - H_2} > 1$$

и эксергетический КПД:

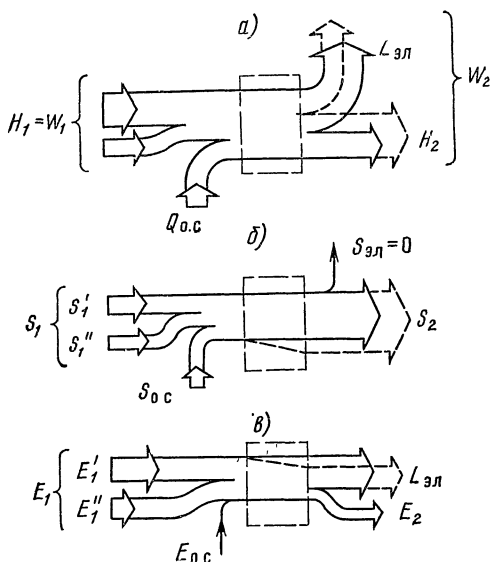


Рис. 5.10. Диаграммы потоков энергии (а), энтропии (б) и эксергии (в) для электрохимического генератора (ЭХГ)

$$\eta_e = \frac{L_{эл}}{\Delta E} = \frac{L_{эл}}{(E_1' + E_1'') - E_2} \leq 1.$$

Для идеального процесса η_e равна единице; $(E_1' + E_1'') - E_2$ для реального меньше единицы, как и должно быть «по науке».

Таким образом, электрохимическое получение электричества проходит в полном соответствии со вторым началом термодинамики и никак не «концентрирует» «энергию окружающей среды». Напротив, реальный ЭХГ, выдающий $L_{эл} < L_{эл.м.}$, увеличивает энтропию, как и любое реальное устройство преобразования энергии (и вообще все на свете — от микроорганизма и растения до велосипедного насоса и атомной электростанции).

Этим примером мы закончим рассмотрение «избранных» проектов ррт-2. Все остальные идеи такого же рода при тщательном анализе неизбежно оказываются неработоспособными.

Бывают, правда, хотя и редко, случаи, когда «вечные двигатели» исправно работают. Но тогда в конечном счете неизбежно выясняется, что в основе их действия

лежит вполне законная идея, не имеющая отношения к ррт-2. Некоторые из таких устройств описаны в следующем параграфе.

5.4. Работающие вечные двигатели (псевдо-ррт)

В этом разделе будут описаны некоторые действительно работающие (или могущие работать) двигатели, которые по всем внешним признакам соответствуют ррт. На самом деле, естественно, они никакого отношения к ррт не имеют. Отсюда и приставка «псевдо» — «не настоящие, поддельные».

Секрет работы некоторых из них теперь известен, однако есть и такие, которые можно принять (или выдать) за ррт, так как найти и объяснить причину их движения не всегда просто.

Эти двигатели появились давно. Они очень разнообразны по устройству; чаще всего их применяли для привода «вечных» часов, не нуждавшихся в заводе, движущихся игрушек, моделей машин и т. д. Общая черта таких моделей ррт заключается в том, что они действительно работают неограниченно долго, казалось бы, без каких-либо видимых причин. На людей, не знакомых с принципами их действия, они производят сильное впечатление. У некоторых сторонников «энергоинверсии» эти игрушки возбуждают даже надежды как «прототипы» ррт-2. Однако вполне научное объяснение всегда находится. Но есть и такие псевдо-ррт, секрет которых пока не открыт; сведения об одном из них мы приведем ниже.

Насколько известно, первым изобретателем, придумавшим и осуществившим двигатель, который работал, извлекая без помощи какого-либо постороннего источника нужную энергию из окружающей среды, был голландский инженер и физик Корнелиус Дреббель (1572—1633 гг.). Этот очень знаменитый в свое время человек, о котором теперь незаслуженно редко вспоминают, был несомненно выдающимся исследователем и изобретателем с необычайно широким кругозором, исключительным даже при сравнении с другими светилами конца XVI — начала XVII в. Биографы писали о нем, например, так: «Он был человеком высокого разума, остро мыслящий и переполненный идеями, касающимися великих изобретений... Он жил как философ...». Большая

часть его работ была проделана в Англии, где он служил при дворе короля Иакова I.

Его книга на латинском языке с характерным для тех времен названием «Послание к просвещеннейшему (sapientissimus) монарху Британии — Иакову — об изобретении вечного двигателя» была издана в 1621 г. в Гамбурге. Насколько далеко он смотрел вперед, можно видеть из краткого перечисления только некоторых его достижений.

Дреббель разработал первый известный в истории техники термостат — устройство, в котором автоматически поддерживалась заданная температура независимо от ее изменений снаружи. Он сам изготовил и наладил всю необходимую для этого, говоря по современному, «систему автоматического регулирования». Идея этого термостата была использована в инкубаторе, честь изобретения которого тоже принадлежит Дреббелю.

Дреббель изобрел, сконструировал, построил и испытал на Темзе подводную лодку, которая успешно преодолела дистанцию от Вестминстера до Гринвича (около 12 км). Она представляла собой нечто вроде вытянутого в длину водолазного колокола. Приводилась лодка в движение гребцами (от 8 до 12), сидящими внутри на скамейках, установленных так, что ноги людей не доходили до уровня воды. Самое, пожалуй, интересное, это навигационные средства и особенно система жизнеобеспечения экипажа, которые тоже были созданы Дреббелем.

Направление определялось традиционным путем — посредством компаса, но глубина погружения — по-новому, посредством ртутного барометра. Это был достаточно точный прибор, так как каждый метр глубины погружения соответствовал 76 мм высоты ртутного столба.

Для обеспечения дыхания экипажа изобретатель применил селитру, которая при нагревании выделяла кислород. Оценить талант (если не гениальность) Дреббеля можно, если учесть, что кислород был открыт шведским химиком К. Шееле в 1768—1773 гг., т. е. только через полвека. Дреббель, несомненно, был отличным химиком. Об этом свидетельствуют не только разработка им химической системы жизнеобеспечения, но и другие изобретения — детонаторы для мин из гремучей ртути $\text{Hg}(\text{ONC})_2$, технологии получения серной кислоты действием азотной кислоты на серу (это отметил Д. И. Менделеев в «Основах химии»), использования солей олова для закрепления цвета при окраске тканей кошенилью. Если ко всему перечисленному выше добавить, что Дреббель был специалистом по оптическим приборам, линзы для которых он шлифовал на изобретенном им самим станке, то этого будет вполне достаточно, чтобы оценить его заслуги.

Дреббель занимался и вечным двигателем. Однако такой человек, как он, не мог пойти стандартным путем, очередной раз изобретая колеса с грузами или водяные мельницы с насосами. Ему было совершенно ясно, что таким путем вечный двигатель не создать.

В 1607 г. он продемонстрировал Иакову I «вечные» часы (запатентованные им еще в 1598 г.), приводимые в движение, естественно, столь же «вечным» двигателем. Однако в отличие от многочисленных других устройств с таким же названием он действительно в определенном смысле был «вечным».

После показа королю часы были выставлены во дворце Этлхем на обозрение всем желающим и вызвали сенсацию среди лондонцев.

В чем же был секрет этих часов (вернее, их двигателя)? Вечные часы Дреббеля работали от привода, использующего, как и любой другой реальный двигатель, единственный возможный источник работы — неравновесности (разности потенциалов) во внешней среде. Мы уже говорили о них — разностях давлений, температур, химических составов и других, заторможенных и незаторможенных, на которых основана вся энергетика.

Но неравновесности, которые использовал Дреббель, — особого рода, отличные от тех, о которых говорилось в гл. 3, хотя они и связаны тоже с разностями температур и давлений. Они могут действовать в совершенно равновесной окружающей среде, во всех точках которой совершенно одинаковые температура и давление. В чем же тут дело и откуда тогда берется работа?

Секрет в том, что разности потенциалов (давлений и температур) здесь все же существуют, но они проявляются не в пространстве, а *во времени*. Наиболее наглядно это можно пояснить на примере атмосферы. Пусть в том районе, где находится двигатель, в ней нет никаких существенных разностей давлений и температур¹: все тихо и спокойно. Но общие (во всех точках) давление и температура все же меняются (например, днем и ночью). Эти-то разности и можно использовать для получения работы (в полном согласии с законами термодинамики). Энтропия здесь, естественно, как и при

¹ Если, разумеется, пренебречь несущественными различиями, не имеющими практического значения.

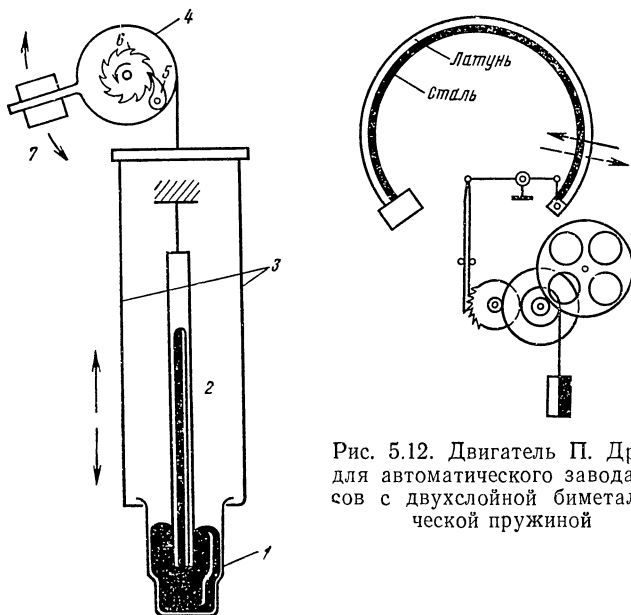


Рис. 5.12. Двигатель П. Дроза для автоматического завода часов с двухслойной биметаллической пружиной

Рис. 5.11. Барометрический двигатель Кокса:

1 — подвесная чаша с ртутью; 2 — барометрическая трубка; 3 — подвеска; 4 — блок; 5 — собачка; 6 — храповое колесо; 7 — уравнивающий груз

всяком выравнивании разности потенциалов, будет расти.

Простейший способ использования колебаний параметров равновесной окружающей среды — поместить в нее барометр или термометр с подвижными элементами и заставить их работать — делать что-нибудь полезное. Именно так и поступил Дреббель. В его часах находился жидкостной «термоскоп», в котором уровень жидкости поднимался или опускался при изменении температуры и давления. Соединить поплавков на поверхности жидкости с приводом часов было уже делом механики, которой изобретатель владел в совершенстве.

Дреббель объяснял работу своего двигателя действием «солнечного огня». Это было не только в духе времени, но и совершенно правильно с современных позиций. Действительно, все изменения температуры и давления атмосферы определяются в конечном счете солнечным излучением.

Чертеж атмосферного двигателя Дреббеля до нас не дошел. Однако его идея вечного привода повторялась в разных модификациях и многократно использовалась другими изобретателями. По описаниям их приборов можно в определенной степени судить о том, каким мог быть двигатель Дреббеля.

Около 1770 г. англичанин Кокс предложил барометрический двигатель. На рис. 5.11 приведена его принципиальная схема. Сосуд, заполненный ртутью, привешен на тросах, соединенных с ободом колеса. Сосуд уравнивался грузом, установленным на стержне, жестко связанном с колесом. В сосуд погружена барометрическая трубка, закрепленная в верхней части. При изменениях атмосферного давления высота столба ртути в трубке менялась; соответственно часть ртути либо выливалась из трубки в сосуд (падение давления), либо вталкивалась в нее из сосуда (повышение давления).

В первом случае сосуд становился тяжелее и опускался вниз; во втором, напротив, поднимался. Это возвратно-поступательное движение заставляло колесо попеременно вращаться в противоположных направлениях. Посредством установленной на нем собачки храповому колесу сообщалось однонаправленное движение.

Эта машина была довольно крупной (в сосуде было около 200 кг ртути) и могла постоянно заводить большие часы. Вот какой отзыв дал о ней Фергюсон в 1774 г.: «Нет основания полагать, что они когда-нибудь остановятся, поскольку накапливающаяся в них двигательная сила могла бы обеспечивать их ход в течение целого года даже после полного устранения барометра¹. Должен сказать со всей откровенностью, что, как показывает детальное ознакомление с этими часами, по своей идее и исполнению они представляют собой самый замечательный механизм, который мне когда-либо приходилось видеть...».

Точно так же, как колебания давления, могли использоваться для привода часов и колебания температуры. Очень простой и остроумный двигатель такого рода создал швейцарский часовщик П. Дроз (ок. 1750 г.).

Он изготовил двухслойную пружину (рис. 5.12),

¹ Это означает, что мощность этого двигателя была намного больше той, которая требовалась для действия часов.

внешняя часть которой была сделана из латуни, а внутренняя — из стали. Уже тогда было известно, что коэффициент теплового расширения латуни существенно больше, чем стали. Поэтому при повышении температуры пружина будет сгибаться (сплошная стрелка), а при понижении — распрямляться (штриховая стрелка). С помощью системы рычагов это разнонаправленное движение преобразуется в однонаправленное вращение зубчатого колеса, поднимающего груз или заводящего пружину. Сейчас идея Дроза широко используется в самых разнообразных тепловых приборах.

В дальнейшем было создано довольно много таких барических или термических двигателей, конструктивно более совершенных, но повторяющих по существу идеи Кокса и Дроза. Если скрыть весь механизм двигателя под кожухом, то доказать, что это не рртп, практически невозможно.

Нужно отметить, что такие и им подобные двигатели, основанные на использовании колебаний температуры и давления окружающей среды, весьма выгодны экономически вследствие своей простоты и практически неограниченного ресурса.

Иногда в литературе, в том числе и посвященной вечным двигателям, появляются оценки устройств такого рода, которые могут дезориентировать читателя.

Нельзя, например, признать правильными расчеты экономичности микродвигателя, которые приводятся в [2.6]. Автор рассуждает так: «...для суточного завода обычных ручных часов требуется работа примерно 0,4 Дж, что составляет около $5 \cdot 10^{-6}$ Дж на каждую секунду хода часов. А поскольку 1 кВт равен 1000 Дж/с, то мощность пружины нашего часового механизма составляет всего $5 \cdot 10^{-9}$ кВт. Если расходы на изготовление основных частей такого устройства, действующего по принципу теплового расширения, принять равными 0,01 кроны, то за машину мощностью 1 кВт нам пришлось бы заплатить 2 млн. крон (250 тыс. руб.)». Отсюда делается вывод: «Конечно же, создание и использование таких дорогих источников энергии в широком масштабе абсолютно нерентабельно».

Конечно, так рассуждать нельзя. Расходы, особенно в малых технических системах, при сравнении их с большими нельзя считать пропорциональными их размерам. (Тогда, например, железнодорожный костыль будет дороже булавки в 10 000 раз!). Таким путем можно получить совершенно фантастические цифры. На самом деле суточные (и сезонные) колебания, например, температуры воздуха

или воды могут успешно, с большим экономическим эффектом использоваться для решения локальных энергетических задач. Кроме работы возможно получение и других полезных результатов. В общем случае возможный полезный эффект определяется эксергией какого-либо рабочего тела, находящегося в равновесии со средой при одном крайнем значении температуры $T'_{o.c}$ или давления $p'_{o.c}$ в контакте с окружающей средой при их другом крайнем значении ($p''_{o.c}, T''_{o.c}$). Если, например, зимой при $T'_{o.c}$ запасти большое количество льда с температурой, скажем, -10°C , то летом при $T''_{o.c} = 20^{\circ}\text{C}$ 1 кг льда (даже если учитывать только его теплоту плавления) будет обладать большой эксергией. Точно так же нагретый летом до температуры окружающей среды грунт может служить (и уже используется) для теплоснабжения в зимнее время.

Использование таких энергетических резервов может дать существенный экономический эффект (и в малом, и в крупном масштабе).

Другая группа псевдо-ррт не связана с изменением параметров окружающей среды. Их действие происходит, на первый взгляд, без использования каких-либо разностей потенциалов.

Среди них особенно известны «самобеглый шарик» и «пьющая утка», которую иногда называют у нас в стране «утка Хоттабыча»¹.

«Самобеглый шарик» устроен очень просто (рис. 5.13). На свинцовые кольцевые концентрические «рельсы» треугольного сечения кладется медный или бронзовый шар, диаметр которого в 2—3 раза больше размера колеи. Как только экспериментатор отпускает шар, поставленный на рельсы, он начинает без всякой видимой причины катиться по рельсам, описывая безостановочно один круг за другим. Если шар остановить, а затем отпустить, то он покатится снова. Этот опыт производит большое впечатление, так как, на первый взгляд, причина движения шарика совершенно непонятна. Однако объяснение здесь очень несложное. Шарик предварительно нагревают. Теплопроводность свинца сравнительно невелика. Поэтому шарик, соприкасаясь с рельсами, нагревает места контакта. Свинец, расширяясь, образует небольшие бугорки на рельсах, с которых шарик скатывается; дальше такие бугорки образуются непрерыв-

¹ Почему эту игрушку назвали именем старика Хоттабыча — героя известной книги Н. Лагина — можно только догадываться. Скорее всего потому, что Хоттабыч мог творить всякие чудеса. Мы уже видели, что его имя даже связали с ррт-2 («структура Хоттабыча»).

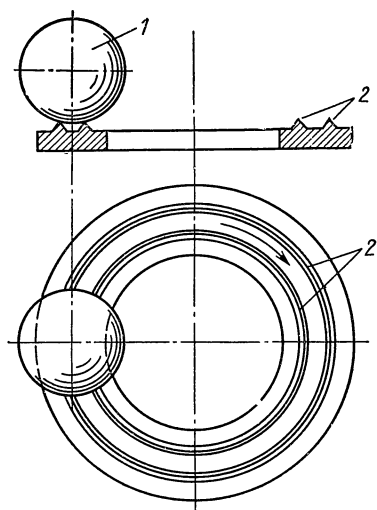


Рис. 5.13. «Самобеглый шарик»:

1 — горячий бронзовый шар; 2 — свинцовые рельсы

но вслед за движением шарика и постоянно толкают его дальше. К тому моменту, когда он вернется к исходному месту, рельсы успевают остыть, и образование бугорков на них продолжается. Так шарик будет кататься довольно долго, пока его температура и температура свинцовых колец-рельсов практически выравниваются.

Этот опыт очень наглядно иллюстрирует принцип Карно. Есть разность температур — есть движение; нет разности температур — движения нет (а внутренней энергии и в шарике, и в плите с рельсами — хоть отбавляй, почти столько же, сколько было и перед началом движения; она только распределилась равномерно).

«Утка Хоттабыча», внешний вид и разрез которой показаны на рис. 5.14, не нуждается в предварительном нагреве, она и не останавливается так быстро, как шарик (а может и вообще не останавливаться). Она исправно качается вокруг горизонтальной оси, каждый раз опуская клюв в воду, чтобы напиться, и снова поднимая голову вверх. Эти движения исправно повторяются без всякой видимой причины и продолжаются, пока в стаканчике есть вода. Никакой разности температур между этой водой и окружающим воздухом, которую можно было бы использовать для движения, тут нет: их температуры одинаковы.

Причина движения утки становится ясной, если познакомиться с ее устройством. «Голова» утки представляет собой сосуд, соединенной прямой трубкой с «туловищем» — другим большим сосудом, в который эта трубка входит так, что достает почти до его дна. Внутренняя полость заполнена легкокипящей жидкостью — диэтиловым эфиром ($\text{H}_5\text{C}_2\text{—O—C}_2\text{H}_5$) так, чтобы при горизон-

тальном положении ее уровень был примерно на середине трубки. Чтобы пустить утку в ход, нужно окунуть ее клюв в воду. Тогда вата, закрепленная на головке, увлажняется и вследствие испарения воды головка несколько охлаждается. Это приводит к некоторому понижению давления пара внутри утки и по-

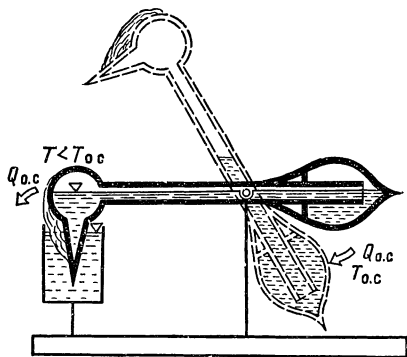


Рис. 5.14. «Утка Хоттабыча»

нижению температуры эфира. В этом горизонтальном положении утки паровые пространства головки и туловища сообщаются через трубку и давление в них становится одинаковым. Поскольку количество жидкости в туловище немного больше, оно перевешивает, головка поднимается и утка принимает наклонное положение, показанное на рисунке штриховыми линиями. Жидкость перекрывает сообщение между паровыми пространствами головки и туловища. Жидкость в туловище подогревается до температуры окружающей среды, частично испаряется и образовавшийся пар выталкивает большую часть жидкости через трубку в головку, которая перевешивает, и утка снова опускает клюв в воду. Обе полости снова сообщаются, давление выравнивается, и жидкость опять стекает в туловище. Процесс повторяется и может продолжаться до тех пор, пока в стаканчике, откуда утка пьет, будет вода.

Многие сторонники «инверсии энергии» очень любят и рекламируют эту игрушку. Действительно, чем не прообраз ррт-2? Она действует, «извлекая тепло из окружающей среды», и «концентрирует» его, превращая в работу. Часто и объяснения, приводимые в популярной литературе, даже посвященной вечному двигателю, вносят путаницу, например фразы такого типа: «Постоянные качания утки происходят только благодаря тому, что она отбирает тепло от окружающего воздуха». Дело, конечно, не только (и не столько) в этом. Никакое устройство, в том числе и утка (даже принадлежащая

самому Хоттабычу), не могло бы «отбирать тепло» от окружающего воздуха без затраты на это какой-либо эксергии, получаемой извне. Для этого нужно располагать *разностью потенциалов* между окружающей средой и находящимся в ней каким-либо телом. Но откуда в данном случае берется эксергия? И температура, и давление в окружающей среде — воздухе не имеют никаких перепадов, которыми можно было бы воспользоваться. Вода, которую «пьет» утка, тоже имеет ту же температуру, что и воздух. Однако здесь существует все же один перепад, за счет которого утка и работает. Этот перепад связан с разницей давлений водяного пара над поверхностью воды и в воздухе. Так как воздух обычно не насыщен водяным паром (относительная влажность $\phi < 100\%$), то на поверхности воды все время происходит ее испарение с соответствующим понижением температуры. В сосуде это не чувствуется — воды много, а поверхность испарения мала. Но вата на головке утки — другое дело: ее поверхность велика, а воды в ней немного. Поэтому она охлаждена всегда; ее температура ниже температуры окружающей среды. Эта *разность температур и обеспечивает работу «утки Хоттабыча»*. Но она вторична и возникает как следствие разной упругости пара в окружающей среде (воздухе) и над поверхностью воды. Если накрыть утку колпаком, то воздух под ним быстро насытится влагой, испарение ее с головки прекратится и «извлечение тепла из окружающей среды» на этом закончится¹.

Таким образом, «утка Хоттабыча» живет и движется в полном соответствии со вторым законом. В этом отношении она не отличается от обычной живой утки.

Теперь мы можем перейти к другой группе устройств, которые хоть и не доведены до уровня действующих вечных двигателей, но могут, по мнению некоторых сторонников «энергоинверсии», стать основой для их проектирования. Такие устройства *создают разность температур*; очевидно, что, имея ее в своем распоряжении,

¹ В труде проф. М. А. Мамонтова [3.18], который мы уже разбирали в этой главе, есть несколько слов и об «утке Хоттабыча». Вот что в ней написано: «Факт регулярного действия системы Хоттабыча при отсутствии каких-либо других источников энергии, кроме тепла атмосферы, означает, что структура Хоттабыча обладает по сравнению с ординарной закрытой структурой особым свойством, позволяющим получать работу за счет природного тепла». Комментарии здесь, по-видимому, не нужны.

сделать двигатель уже нетрудно — это дело техники. Именно поэтому мечта о том, чтобы создать без затраты работы разность температур, — один из вариантов мечты о $ppm-2$.

Знаменитый английский физик К. Максвелл придумал в 1879 г. для таких мечтателей специальную мистическую фигуру — так называемого «демона Максвелла». Этот демон должен был делать очень нехитрую, на первый взгляд, работу — разделять в газе молекулы с большими скоростями («горячие») и с малыми («холодные»). Известно, что в любом газе есть и те, и другие; общая температура газа определяется неким средним значением всех скоростей.

Демон должен находиться у перегородки, разделяющей сосуд с газом на две части, и сторожить небольшое отверстие в ней, открывая и закрывая его так, чтобы пропускать в одну сторону только «горячие» молекулы, а в другую — только «холодные». Для других проход закрыт. Тогда через некоторое время работа демона-вратаря приведет к тому, что в одной половине сосуда будет горячий газ, а в другой — холодный. Цель достигнута! В гл. 3 мы показали на основе статистики, что самопроизвольно такое разделение произойти не может. А здесь «демон», не затрачивая работу, получил разделение.

Демон Максвелла вызвал много споров. Всем серьезным термодинамикам было ясно, что такого демона быть не может; его «деятельность» явно нарушала бы второй закон термодинамики. Но строго научно прикончить этого демона оказалось не так просто. В конце концов это было сделано¹. Оказалось, что «просто так» демон работать не может. Затраты на его деятельность не могут быть меньше той работы, которую способны дать обе порции газа при выравнивании разности температур между ними.

Однако мечта сделать что-то в этом роде у некоторых противников второго закона оставалась. И вот появилось устройство, которое оживило их надежды. Это была *вихревая труба* или труба Ранка (названная в честь ее изобретателя — французского инженера Ж. Ранка).

¹ Читателям, которые интересуются «демоном Максвелла», можно, рекомендовать познакомиться с ним по литературе, например [1.22].

Вот что пишет об этом устройстве один из пропагандистов «энергоинверсии» [3.10]: «Если способ отделения горячих компонентов воздуха от холодных (быстрых молекул от медленных) с помощью максвелловских демонов, открывающих в перегородке сосуда дверцы перед быстрыми молекулами, видимо, невозможен, то вот с помощью вихревой турбины... это осуществить удалось. Она представляет собой мунштукоподобное устройство, закручивающее в вихрь прокачиваемый сквозь него обычный воздух так, что наружу выходят из него две струи — горячая и холодная. Перед этой простой, не имеющей движущихся частей турбиной большое будущее».

Если заменить в этой тираде несуществующую «вихревую турбину», которая к тому же «не имеет движущихся частей», на «вихревую трубу» и убрать слова о «компонентах» (компоненты воздуха — это совсем другое), то все будет правильно. Вихревая труба действительно разделяет подаваемый в нее газ на два потока — нагретый и охлажденный; она действительно имеет не только большое будущее, но уже давно широко используется в технике [1.20]. Все это так. Однако никакой «энергетической инверсии», а следовательно, и $rpm-2$, с ее помощью создать нельзя.

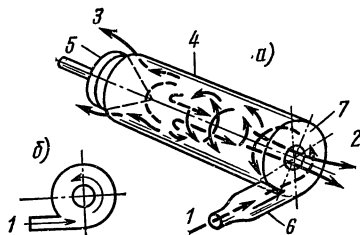
Разберемся, в чем тут дело. На рис. 5.15 показаны схема работы вихревой трубы и ее внутреннее устройство.

Поток сжатого газа (например, воздуха) подводится к сопловому вводу, расположенному касательно к стенке трубы. В трубе газ закручивается в спирально движущийся поток. Внешняя часть 3 этого потока, выпускаемая через кольцевую щель, оказывается нагретой, а внутренняя часть 2, выходящая через отверстие в диафрагме, — охлажденной. Меняя положение конуса 5, можно изменять расходы и температуры горячего и холодного потоков. Однако во всех случаях температура потока T_2 меньше, чем входящего T_1 , а горячего T_3 — больше. Разности температур $T_1 - T_2 = \Delta T_x$ и $T_3 - T_1 = \Delta T_r$ могут составлять десятки градусов. Это парадоксальное, но вполне объяснимое явление возникает в результате сложных газодинамических явлений, которые мы здесь разбирать не можем¹. Для нас важен конечный

¹ Они рассмотрены в соответствующей литературе, например в [1.20].

Рис. 5.15. Вихревая труба: *а* — общий вид; *б* — сопловое сечение:

1 — поток сжатого газа; 2 — охлажденный поток; 3 — нагретый поток; 4 — труба; 5 — конус для регулирования давления газа в трубе; 6 — сопловой ввод; 7 — диафрагма холодного конца трубы



результат — возникновение в трубе разности температур без какого-либо специального нагрева или охлаждения. Можно ли использовать эту разность, чтобы получить работу? Несомненно, да. Работу можно получить. Но нужно ли ее получать таким способом? Имеет ли такое преобразование смысл?

Увы, нет. В этом легко убедиться, посмотрев на схему включения вихревой трубы на рис. 5.16. Ведь для того, чтобы она действовала, нужно подать в нее сжатый газ, а чтобы сжать его, нужен компрессор, а чтобы компрессор работал, нужно подвести к нему работу L' от двигателя. Так вот, если сравнить эту затраченную работу L' с эксергией, работоспособностью горячего E_3 и холодного E_2 потоков газа, то она будет значительно больше: $L \gg E_2 + E_3$. Разность $L - (E_2 + E_3)$ даст потерю D эксергии в этом процессе. Оказывается, что она в самом лучшем случае составляет 92—95 % подведенной работы. Другими словами, КПД всей системы составит не более 8 %.

Ясно, что никакой «инверсии энергии» здесь нет; напротив, как и во всяком реальном техническом устройстве, эксергия теряется (а энтропия растет). Можно, конечно, и здесь получать электроэнергию L'' , но при этом

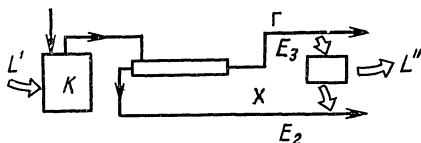


Рис. 5.16. Схема получения работы посредством вихревой трубы

неизбежно получится тот же плачевный результат, что и с другими «концентраторами энергии», например тепловым насосом: L'' по отношению к L' составит 1—2 %. Кстати, автор и той, и другой идеи — одно и то же лицо.

Интересно отметить, что мысль о том, что вихревая труба — жилище демона Максвелла и что ее действие нарушает второй закон, приходила в голову многим. Характерна в этом отношении статья М. Силвермэна, помещенная в 1982 г. в журнале Европейского физического общества под интригующим названием «Вихревая труба: нарушение второго закона?» [2.15]. Подробно разобрав вопрос на пяти страницах, автор с грустью все же приходит к выводу, что второй закон термодинамики в вихревой трубе не нарушается.

Другой, не менее любопытный вариант «самопроизвольного» получения разности температур привел известный советский кристаллограф академик (тогда еще профессор) А. В. Шубников в статье «Парадоксы физики» [2.16]. Автор ставит вопрос: можно ли нагреть стоградусным паром жидкость выше 100 °С? Дальше он пишет: «Этот вопрос был предложен 25 лет назад профессором физической химии Крапивиним выпускникам Московского университета, к которым принадлежал и автор настоящей заметки. С тех пор мне много раз приходилось задавать этот вопрос рядовым физикам и химикам и не было случая, когда я получил бы правильный ответ. Один из видных химиков так обиделся на мой вопрос, что не пожелал даже продолжать разговор на эту тему, объявив, что сама постановка вопроса может свидетельствовать только о моем глубочайшем невежестве в физике; надо думать, что он причислил меня к сумасшедшим изобретателям перпетуум мобиле. Дело кончилось тем, что мне пришлось обманом завлечь умного химика в лабораторию, где заранее был приготовлен опыт, показывающий, что стоградусным паром можно нагреть жидкость до 110 °С и много выше. Опыт делается очень просто».

Далее описана установка для опыта. В колбу Вюрца (рис. 5.17, а) наливается вода; в горлышко колбы вставляется пробка с термометром, причем шарик термометра, как полагается, помещается возле боковой пароотводной трубки колбы; свободный конец этой трубки погружается в насыщенный раствор поваренной соли. В стаканчик с раствором добавлен значительный избыток

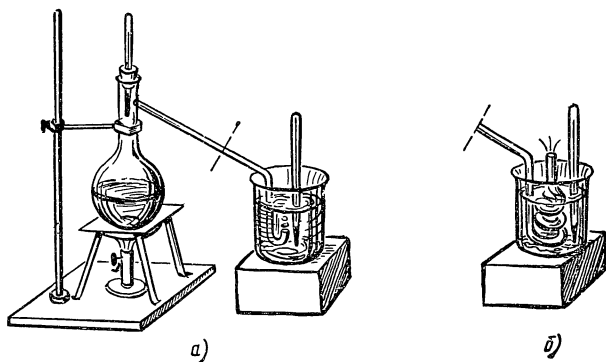


Рис. 5.17. «Опыт Крапивина»:

а — рассол нагревается паром до 110°C ; *б* — рассол нагревается паром до 100°C

соли и погружен второй термометр. При нагревании воды в колбе до кипения ртуть термометра в колбе, поднявшись до метки 100°C , будет оставаться в этом положении, пока кипит вода; ртуть же второго термометра будет подниматься до тех пор, пока раствор соли тоже закипит. Температура кипения насыщенного раствора соли равна примерно 110°C . Эту температуру и покажет второй термометр. Для большей убедительности опыта можно поменять термометры местами; все равно термометр покажет, что раствор соли имеет температуру 110°C ! Следовательно, водяной пар, имеющий температуру 100°C , нагрел рассол до 110°C . Как же быть со вторым законом термодинамики?

Опыт действительно интересный, и в его результатах необходимо разобраться. Сделать это нужно с особой тщательностью, поскольку, как мы уже видели, любая самая маленькая неточность может привести к большим ошибкам, в том числе к очередному «перпетомобилию».

Начнем поэтому, как всегда в таких случаях, с терминов. Отметим, прежде чем разбирать вопрос по существу, одну небольшую, но очень существенную неточность в самом названии опыта. Строго говоря, в опыте производится не «нагрев стоградусным паром жидкости до 110°C и выше», а нечто более сложное.

Чтобы наглядно показать это, представим опыт в таком виде, чтобы он точно соответствовал названию. То-

гда колба с нагреваемой жидкостью выглядела бы немного иначе — так, как показано на рис. 5.17, б. Греющий пар нужно было бы пропустить по змеевику, *не смешивая* с соленой водой в стакане, а только *нагревая* ее через стенку трубки. Вот тогда был бы действительно «нагрев стоградусным паром» жидкости в стакане. И если бы в *этих условиях* жидкость — соленая вода — нагрелась до 110°C , то второму началу тут же пришел бы конец к радости всех изобретателей вечного двигателя второго рода. Но, увы, этого не произойдет; при таком устройстве прибора *любая жидкость*, в том числе и соленая вода, *никогда* не нагреется выше температуры пара — 100°C . Любый желающий может легко это проверить. Выходит, что тот «химик-скептик», которого Шубников обманом заташил в лабораторию, был абсолютно прав в своем возмущении: «нагреть» (в точном смысле этого слова) «стоградусным паром» рассол до 110°C действительно нельзя.

Теперь мы можем вернуться к «опыту Крапивина» и рассмотреть его точно в том виде, как он описан в заметке. Здесь происходит не просто нагрев, а *смешение* водяного пара с соленой водой. В этом, как уже, наверное, догадывается читатель, вся «соль» вопроса и содержится. Пузырьки пара, как совершенно правильно в дальнейшем объяснит А. В. Шубников, конденсируются в растворе соли, все время *разбавляя* его. При этом лежащая на дне сосуда соль постепенно переходит в раствор, поддерживая его в состоянии, близком к насыщению. Эти два процесса растворения — пузырьков пара в рассоле и соли в нем — и приводят к нагреванию рассола до температуры, существенно более высокой, чем 100°C .

Тепловой эффект, возникающий при взаимном растворении газов, жидкостей и твердых тел, хорошо известен. Он может сопровождаться в зависимости от знака теплоты растворения как охлаждением (например, при смешении льда и соли), так и нагреванием (например, при смешении этилового спирта и воды).

Разогрев рассола в «опыте Крапивина» до температуры выше 100°C не имеет никакого отношения к «передаче теплоты наоборот» — от более холодного тела к теплему и, следовательно, к нарушению второго начала. Здесь теплота вообще не передается.

Все дело в *теплоте растворения*, дающей добавочный

эффект разогрева, который определяется двумя составляющими. Первая из них и основная — это теплота растворения пара в насыщенном растворе соли, приводящая к *нагреву* образующегося раствора. Вторая — теплота растворения твердой соли в рассоле, имеющая противоположный знак и ведущая к *охлаждению* раствора. Но поскольку первая величина намного больше, в итоге и получается значительный *разогрев* раствора. Как в любом процессе смешения, энтропия при этом возрастает.

«Эффект Крапивина», так же как и любая экзотермическая (т. е. проходящая с выделением теплоты) реакция, представляет собой явление, никоим образом не противоречащее второму закону термодинамики¹. Создать на его базе ррт-2 никак нельзя.

Существует еще много явлений, которые в очередной раз вселяют в сердца «энергоинверсионщиков» надежды на «обход» второго закона, но каждый раз научный анализ беспощадно их разбивает.

В заключение нельзя не упомянуть еще об одном направлении в разработке псевдо-ррт — создании специальных игрушек или моделей, имитирующих вечные двигатели. Их авторы прекрасно понимают, что ррт создать нельзя, но они пользуются всеми возможностями современной техники, вплоть до использования микропроцессоров, чтобы сделать такую модель ррт, в которой секрет ее привода был бы спрятан возможно лучше.

Устройство некоторых из таких игрушек подробно описывается в литературе. Примером может служить модель магнитного ррт-1 с шариком, скатывающимся по желобу и снова притягиваемым магнитом, описанного в гл. 1 (см. рис. 1.18). Все там продумано и спрятано настолько искусно, что создается полная иллюзия работающего вечного двигателя [2.14]. Однако рекорд в создании действующей модели ррт поставил один англичанин, сделавший ее на основе велосипедного колеса (опять велосипедное колесо!).

Каждый год Британская ассоциация содействия развитию науки (нечто вроде нашего общества «Знание») собирает свой съезд. В 1981 г. такой съезд, посвященный

¹ Интересно сопоставить его с «соляным двигателем», показанным на рис. 1.27, б.

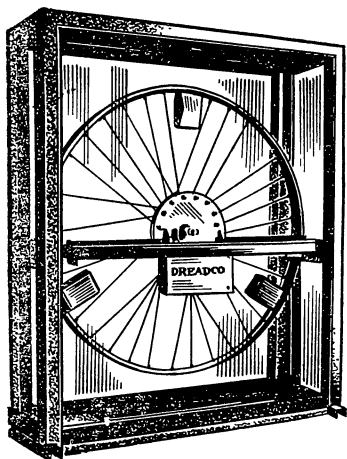


Рис. 5.18. «Вечный двигатель» из велосипедного колеса

150-летию этой организации, состоялся в городе Йорке. На нем по традиции была организована выставка. Несмотря на обилие разнообразных научных экспонатов, наибольшее внимание привлек действующий вечный двигатель, представленный редакцией журнала «New Scientist». Машина, сооруженная на базе велосипедного колеса без камеры и покрышки, заключена в герметически закрытый стеклянный ящик. Колесо крутится с постоянной скоростью — 14 об/мин безостановочно.

но, без всякого шума. Фотография этого двигателя представлена на рис. 5.18.

Всем желающим было предложено отгадать секрет движения колеса. Была установлена и премия: годовая бесплатная подписка на журнал плюс фирменная рубашка с эмблемой.

За время конгресса (а он длился месяц) редакция получила 119 ответов; ни один из них не был правильным. Самое интересное, что 16 человек сочли двигатель настоящим ррт и соответственно объяснили его работу! Когда изобретатель модели говорил им, что его колесо вовсе не вечный двигатель, они отходили очень разочарованные. «Он специально обманывает нас, чтобы скрыть свой секрет» — сказал один из них.

Нашелся даже один отчаянный студент, который ухитрился украсть двигатель, покопался в нем и с позором вернул обратно, так и не поняв, в чем дело; двигатель продолжал работать.

Изобретатель этой машины, химик из Ньюкасла Дэвид Джоунс, на вопросы корреспондентов ответил: «Единственное, что отличает мою машину от других вечных двигателей, — это то, что в ней спрятан источник энергии. Я использовал всем известные принципы, но так, как

до сих пор не приходило в голову ни одному разумному человеку; даже присниться не могло».

На этом интервью закончилось, и от дальнейших объяснений изобретатель категорически отказался. Так тайна и осталась нераскрытой.

На этом, самом загадочном из всех ррт и единственном, который работает, мы закончим рассмотрение вечных двигателей — «настоящих» и ложных.

В заключение осталось коротко коснуться еще одного, последнего вопроса — в какой связи находятся поиски ррт с настоящей энергетикой и смогут ли они дать что-либо полезное для нее, если не сейчас, то хотя бы в перспективе?



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

РЕАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ И ТУПИКОВЫЕ ПУТИ

Природу обмануть нельзя, но договориться с ней можно.

А. Эйнштейн

Мы познакомились с многовековой историей попыток решить энергетические проблемы «прямым» путем — создать двигатель, производящий работу либо из ничего (ррп-1), либо из того, что есть, но работу произвести не может (ррп-2).

Эти попытки, естественно, к успеху не привели, хотя и способствовали определенным образом на первых этапах развитию науки об энергии. Более того, весь путь «псевдоэнергетики», занятой поисками вечных двигателей, неразрывно связан с историей настоящей энергетики. Псевдоэнергетика по-своему «отслеживала» стоящие перед настоящей энергетикой задачи, пытаясь тоже решить их.

Действительно, в начальный период развития энергетики ее задача состояла в том, чтобы создать простой и надежный универсальный двигатель для привода различных машин и механизмов в любом нужном месте. Вечный двигатель первого рода и должен был удовлетворить эту потребность и избавить человечество от необходимости использовать силу людей и животных, а затем воды и ветра.

После появления тепловых двигателей — паровых машин — перед ррт-1 встала новая задача — избавиться от необходимости все возрастающего расхода дорогого топлива. Задача, связанная с экономией природных ресурсов, четко не ставилась; речь шла только об удобстве эксплуатации, дешевизне и, наконец, о дальности автономного плавания морских судов.

Другая ситуация начала складываться к концу XIX и началу XX в. Энергетика достигла таких масштабов, что все острее вставал вопрос, с одной стороны, об истощении и удорожании природных энергетических ресурсов¹ и с другой, — экологической — об отрицательном влиянии энергетики на среду обитания человека. Вызываемые энергетикой тепловые, химические, а затем и радиационные загрязнения начали приводить к необратимым изменениям этой среды. Вечный двигатель первого рода к этому времени сошел со сцены: его неосуществимость стала очевидной.

Вот тут соответственно духу времени и появился вечный двигатель второго рода — не только не нуждающийся в топливе, но и экологически чистый. Действительно, «сырье» для него извлекается из равновесной окружающей среды и отдается в нее после использования в том же виде и в том же количестве. Такой «круговорот тепла» — сначала «концентрация» энергии, потом «рассеяние» и снова «концентрация» — как нельзя лучше, казалось бы, разрушает весь узел современных энергетических проблем.

Именно из такой соблазнительной концепции исходят сторонники «энергетической инверсии». Путь, по которому движется современная энергетика, они считают ложным.

Приведем здесь две цитаты программного характера из трудов уже известных нам авторов.

Г. Лихошерстных [3.10]: «Суть ее (энергоинверсии) сводится к поискам путей концентрации бросовой по тра-

¹ Особый акцент на истощение именно энергетических ресурсов, а не ресурсов вообще имеет свои причины. Дело в том, что истощение ресурсов материалов (металлов, пресной воды, сырья для химической промышленности и т. д.) всегда может быть так или иначе компенсировано, если в распоряжении общества есть достаточные энергетические (точнее, эксергетические) ресурсы. Тогда можно разрабатывать бедные или глубоко лежащие руды, опреснять морскую воду, синтезировать нужные продукты и т. д. Но истощение эксергетических ресурсов *не может быть скомпенсировано ничем*.

диционным представлениям энергии водного и воздушного океанов. Это тепловая энергия, которую, как считают эниновцы¹, можно концентрировать и превращать в другие виды энергии. Заманчивость этой идеи состоит не только в том, что запасы рассеянной энергии самовосстанавливаются. В то время, как использование химических и ядерных источников энергии вносит в окружающую среду дополнительную теплоту и потому в перспективе грозит «тепловым засорением», использование рассеянной энергии лишь распределяет уже наличествующую в среде энергию».

Н. Заев [3.5]: «Миллионы и миллионы рублей, долларов, фунтов, франков, марок, дни и ночи многочисленных коллективов, могучая индустрия эксперимента, космический вакуум и холод брошены против угрозы энергетического голода. И все это под единым стягом термодинамики Клаузиуса, Гиббса, термодинамики огня, пара, термодинамики прошлого века. Она задает курс, она задает ежедневный маршрут движения. Она и компас, она и руль...

Пора осмотреться, сопоставить достигнутое с ценой. Полтора века назад Карно сделал первый шаг к науке о тепле, пора делать следующий».

Вот так!

Чего стоят проекты «концентрации энергии» и атаки на «термодинамику огня и пара», мы уже подробно разбирали в соответствующих главах книги. Короткую, но пожалуй, самую точную характеристику «концентрации энергии» и ее приложений дали в свое время академики Л. Арцимович, П. Капица и И. Тамм [2.8], определив все это как «концентрацию невежества».

На этом разговор о ррт можно было бы и закончить, но в заключение нужно сказать несколько слов о другом. Призыв «осмотреться» по существу ставит под сомнение тот путь, по которому «под единым стягом термодинамики» идет, тратя «рубли, доллары, франки» и другую валюту, современная энергетика. Давайте посмотримся.

¹ «Эниновцы» — в данном случае не сотрудники известного Энергетического института им. Г. М. Кржижановского (ЭНИИ), а так называемого «Общественного института энергетической инверсии», члены которого работают с 1967 г. под руководством проф. В. К. Ощепкова над устройствами, которые должны опровергнуть второй закон термодинамики (Г. Лихошерстных называет их членами «таинственного вдохновенного братства»).

Начнем с того, что напомним истину, с которой согласны сейчас все: единственно правильное, научно обоснованное направление развития энергетики — такое, которое позволяло бы наращивать ее мощности в необходимом человечеству темпе, но так, чтобы сохранить (и даже улучшить) окружающую нас природную среду. Если дальше наращивать энергетические мощности, не задумываясь о локальных и глобальных экологических последствиях, или откладывать заботы об этом на будущее, то последствия могут быть опасными. Каковы же намечаемые наукой пути развития энергетики, позволяющие решить эту задачу так, чтобы одновременно выполнить оба требования?

Ясно, что при настоящем научном подходе нужно оставить в стороне псевдоэнергетику, которая хотя и обещает все, но, как мы знаем, не сулит в реальности ничего, поскольку надеется «обмануть природу». Остается рассчитывать только на те энергетические ресурсы, об использовании которых «можно договориться с природой».

Чтобы установить, каковы они, нужно прежде всего с принципиальных позиций рассмотреть энергетический баланс нашей планеты (в широком смысле слова, учитывая не только его количественную, но и качественную сторону).

Начнем с общего *энергетического баланса*, не вникая пока в его качественные аспекты. Земля получает от Солнца примерно $170 \cdot 10^{15}$ Вт энергии [1.11]. Около 34 % этого количества сразу отражается в космос. Остальная часть участвует в различных превращениях в атмосфере, гидросфере и на поверхности Земли, после чего тоже уходит в мировое пространство. Таким образом, вся полученная от солнца энергия независимо от ее путей на Земле в конечном счете излучается в космос. Земля себе ничего не оставляет. Именно этим объясняется относительно стационарное тепловое состояние Земли ($W' = W''$, $\Delta W = 0$).

Небольшие отклонения от этого баланса связаны с двумя факторами.

Первый из них — это фотосинтез — *поглощение* излучения растениями Земли с образованием соответствующей органической массы. Эта энергия, колоссальная по абсолютной величине ($300 \cdot 10^{12}$ Вт), забирает всего около 0,2 % мощности падающего на Землю излучения.

Второй фактор — антропогенный, связанный с деятельностью человека. Высвобождая и используя энергию невозобновляемых природных ресурсов — топлива, человечество несколько увеличивает *выделение* энергии на Земле. Это количество выделяемой энергии относительно невелико (около $7 \cdot 10^{12}$ Вт) — почти в 50 раз меньше, чем поглощается при фотосинтезе. Очевидно, что оба фактора (особенно второй) не могут *пока* существенно сказаться на энергетическом балансе Земли.

Энтропийный баланс Земли выглядит совсем иначе, чем энергетический. Поступающее на Землю солнечное излучение характеризуется весьма малой энтропией, так как температура этого излучения примерно 5800 К. Напротив, равное количественно получаемому от Солнца излучение Земли соответствует в среднем намного более низкой температуре, близкой к 300 К.

Очевидно, поэтому отдаваемая Землей энтропия существенно больше, чем получаемая; все проходящие на ней процессы ведут в итоге, как и положено по термодинамике, к возрастанию энтропии. Никакой «энергоинверсий» здесь и не пахнет. Энтропийный баланс, показывая общую физическую картину качественного изменения характеристики энергии, не определяет, как известно, значения полезной, пригодной для использования энергии. Чтобы их выявить, необходимо использовать эксергетический баланс.

Эксергетический баланс Земли определяется прежде всего его приходной частью. Поток лучистой энергии, поступающей от Солнца, характеризуется высокой эксергией, составляющей примерно 0,93 его значения. Следовательно, поступающий на Землю поток эксергии составляет около $0,93 \cdot 170 \cdot 10^{15} \text{ Вт} = 158 \cdot 10^{15} \text{ Вт}$, из которых 34 % сразу отражается в космос. Таким образом, до поверхности Земли доходит эксергетический поток $E' = 158 \cdot 10^{15} \cdot 0,66 = 104 \cdot 10^{15} \text{ Вт}$. Покидающий Землю поток эксергии относительно мал. С точки зрения земной энергетики его можно не учитывать, так как для нее средняя температура окружающей среды составляет примерно 300 К (использовать в качестве теплоприемника температуру равновесного излучения космоса можно с определенными ограничениями только вне Земли). Таким образом, «пропуская» всю энергию, получаемую от Солнца, Земля «оставляет» себе ее эксергию. Величина E' пред-

ставляет собой тот основной резерв¹ *возобновляемых* источников эксергии, который в принципе может быть использован человечеством без влияния на энергетический баланс планеты. Эта эксергия (т. е. все создаваемые ею разности потенциалов — давлений, температур, концентраций) все равно «срабатывается» природой — большей частью бесполезно для человека (за исключением той ее небольшой части, которая идет на фотосинтез, и перепадов давлений воды и воздуха, используемых на гидро- и ветроэлектростанциях).

К *невозобновляемым* источникам эксергии относятся все те, которые могут дать ее в результате освобождения «замороженных» в природе разностей потенциалов. Эти источники — химические и ядерные виды топлива — без вмешательства человека не были бы пущены в ход. Полученная при соответствующем их сжигании (химическом или ядерном) эксергия после использования выделяется в конечном счете как низкопотенциальная теплота и присоединяется к потоку отдаваемого Землей излучения, составляя пока примерно одну двадцатипятитысячную часть его. Естественно, даже десятикратное увеличение этого тепловыделения не может привести к существенному нарушению энергетического баланса земли, если оно будет беспрепятственно излучаться в космос.

Таким образом, с чисто технической стороны перспективы развития энергетической ситуации на Земле выглядят вполне благополучными. Анализ качества ресурсов, как возобновляемых, так и невозобновляемых, показывает [1.11, 1.12], что человечество на обозримый прогнозный срок может обеспечить себя необходимым количеством энергии даже с учетом роста потребности в ней.

Однако все больше дает о себе знать другая сторона научно-технического прогресса (в том числе и энергетики) — его воздействие на природу Земли.

До середины прошлого века положение в этой части не вызывало особой озабоченности. Только в отдельных районах возникали ситуации, создававшие такое давление человеческой деятельности на окружающую природу

¹ Кроме эксергии солнечного излучения (которая может быть использована как непосредственно, так и через энергию воды, ветра, биомассы и т. д.) к возобновляемым ресурсам относится эксергия морских приливов и геотермальная. Обе они не связаны с солнечным излучением.

ную среду, которое приводило к существенно вредным, но все же локальным последствиям. Но позже, в связи с бурным развитием техносферы, ростом населения характер антропогенного¹ давления на природу стал изменяться. Оно приняло планетарные масштабы, и его количественные характеристики стали соизмеримы с силами, действующими в самой природе Земли. Нарушение природного равновесия ведется во все возрастающей степени сразу «с двух концов»: с одной стороны, вычерпывание природных ресурсов — полезных ископаемых, пресной воды, биосферы, с другой — загрязнение всех трех составляющих окружающей среды — литосферы, гидросферы и атмосферы. К уже указанным выше химическому, тепловому и радиационному загрязнению теперь прибавляется и биологическое.

Свою немалую лепту в большую часть этих «грязных дел» вносит и энергетика. Не говоря уже о ее косвенном соучастии (никакой технический объект не мог бы работать без энергии), она несет за многое и непосредственную вину.

Для нее извлекаются из недр земли в огромных количествах уголь, нефть и газ, урановая руда; она же выбрасывает в атмосферу диоксид углерода, оксиды азота и серы, а в землю — золу и радиоактивные отходы. Обо всем этом сказано и написано очень много; специальная наука о взаимодействии природной среды и человека — экология — все тщательно подсчитала. Вспомним лишь один показатель: тепловые электростанции, сжигающие органическое топливо, выбрасывают в атмосферу за год более *пяти миллиардов тонн* диоксида углерода. К этому надо добавить и другие энергетические источники CO_2 , например автомобили, каждый из которых добавляет в атмосферу около 5 т в год. В целом все это составляет больше тонны на каждого жителя Земли!

Включение выбросов CO_2 (а также метана) в углеродный цикл планеты создает все возрастающий дисбаланс между выделением и поглощением этих газов (главным потребителем CO_2 служат растения, поглощающие посредством фотосинтеза углерод и возвращающие кислород в атмосферу). Дисбалансу способствует уничтожение лесов (в основном тропических, площадь которых катастрофически уменьшается). В результате содержа-

¹ Определяемого воздействием человеческой деятельности.

ние CO_2 в воздухе за последние 100 лет выросло с $0,030 \times 10^{-2}$ до $0,033 \cdot 10^{-2}$ (т.е. примерно на 10 %) и продолжает увеличиваться. Это приводит к росту так называемого «парникового эффекта», так как CO_2 задерживает все большую часть теплового излучения Земли, не давая ему уйти через атмосферу в космос. Это, в свою очередь, ведет к потеплению климата, увеличению площади засушливых зон, таянию полярных льдов, повышению уровня океана, затоплению низменных частей суши. Эти процессы уже идут и темп их нарастает; более того, гигантская инерция Земли такова, что если бы даже накопление CO_2 в атмосфере сейчас прекратилось, то его последствия все равно еще долго будут продолжаться и даже нарастать. Все это — научно установленные факты: дискуссия идет лишь о том, в каком темпе эти и другие негативные воздействия на природу будут развиваться и когда может наступить катастрофическая ситуация.

Где же искать выход и существует ли он?

Очевидно, что всякие рецепты типа «нужно просто повернуть назад» — прекратить развитие техники, приостановить рост народонаселения, отказаться от благ цивилизации и перейти к «простой жизни на лоне природы» — наивны и нереальны. Их авторы первыми попросились бы обратно, если их поселить в курной избе и заставить коротать досуг при свете лучины¹.

Поскольку научно-технический прогресс и связанный с ним рост сил, находящихся в распоряжении человечества, остановить невозможно (да и не нужно), единственное решение, исключающее экологическую катастрофу, лежит в другом. Это разумное, тщательно продуманное и контролируемое использование достижений науки и техники в гармонии с природой с учетом последствий каждого шага. Необходимость этого осознается все полнее; бездумное продолжение прежней технической политики становится явно недопустимым. Экологические вопросы и пути выхода из кризиса широко обсуждаются и комментируются. Люди ждут от науки неотложных решений.

¹ Другое дело — разумное сокращение потребления сырья и энергии на основе рационализации их использования. Анализ показывает, что без какого-либо сокращения благ цивилизации можно снизить расход энергии в нашей стране на производственные и бытовые нужды минимум в 2—2,5 раза. Это, конечно, не снимет экологических проблем в целом — они остаются, но существенно облегчит их решение.

Но наука при всей ее мощи не может сразу снять все проблемы; нужна серьезная работа с учетом всех технических, экономических и даже политических трудностей. И здесь, на фоне общей тревоги, снова всплывает уже хорошо знакомая нам «энергоинверсия», обещающая одним махом снять все заботы.

Например, в рубрике «Забор» журнала «Техника и наука» (№ 12, 1988 г.) появилось объявление (№ 229): «Требуется спонсор, который согласился бы финансировать разработку вечного двигателя, непосредственно преобразующего механическую энергию микротел (атомов и субэлементарных частиц твердого тела) — в механическую энергию макротела — вращение вала. Вечный двигатель способен удовлетворить человечество в любом количестве энергией и одновременно ликвидировать полностью перегрев воздушной оболочки Земли. Автор завершил изыскания и гарантирует успех разработки вечного двигателя». В отличие от Ощепкова, который говорит о необходимости исследований, здесь все задачи уже «решены». Эти «скромные» обещания действительно обнадеживают! Тем более, что некоторые люди, искренне болеющие за охрану природы, но далекие от научного мышления, и попадаются на такие приманки.

На пленуме Союза писателей СССР, посвященном вопросам экологии (см. «Литературную газету» от 25 января 1989 г.), среди других выступил писатель С. Самсонов, выдвинувший ряд вполне обоснованных соображений об охране окружающей среды. Но тут же (естественно, не подозревая об этом), он поддержал идею об использовании для этой цели...вечного двигателя. С. Самсонов сказал буквально следующее: «Два года тому назад появилось в печати сенсационное сообщение: японские инженеры и ученые научились отбирать тепло, рассеянное в воде и воздухе, направлять его заводам и фабрикам. Но для нашего ученого, основоположника отечественной радиолокации и интроскопии П. К. Ощепкова это не было сенсацией, так как он давно занимается этой проблемой. Одна из японских фирм предложила сотрудничество ему, Павлу Кондратьевичу, и его Общественному институту энергетической инверсии — ЭНИН. (ЭНИН занят вопросами использования энергии окружающей среды. Его цель — создание уже сегодня определенной альтернативы тепловым, гидро- и атомным электростанциям.)

Еще в 1954 г. решением президиума АН СССР лаборатория Ощепкова, подтвердившая его идею о возможности использования рассеянной энергии окружающего пространства, была включена в состав Института металлургии, которым руководил И. П. Бардин. Таким образом, наукой официально была признана возможность его исследований. Уже в 1959 г. исследования были «закрыты, лаборатория расформирована». В заключение С. Самсонов предложил «провести референдум о дальнейшем использовании энергии атомных станций, пригласив и представителей ЭНИН Ощепкова».

Нетрудно видеть, что «сенсационное сообщение» о японских инженерах и ученых, «которые научились отбирать тепло, рассеянное в воде и воздухе и направлять его заводам и фабрикам» — это самая обычная информация об использовании по прямому их назначению давно и хорошо известных тепловых насосов, описанных нами в § 4.4.

Все дальнейшее — прямое повторение неграмотных журналистских сенсаций об «исследованиях» П. К. Ощепкова и других изобретателей ppm-2, которые уже подробно нами рассмотрены.

С. Самсонов идет еще дальше и изобретателей, и поверивших им журналистов, говоря о создании «уже сегодня определенной альтернативы тепловым, гидро- и атомным электростанциям». Поскольку такая «альтернатива» ни сегодня, ни в будущем реализоваться не может — остается только последовать совету А. Эйнштейна — отказаться от попыток «обмануть природу» и все же договориться с ней. Тут, если не касаться вопросов энергосбережения, о которых уже упоминалось, существуют два направления.

Первое, пока главенствующее, опирается на технику, базирующуюся на освобождении «замороженных» запасов энергии (топлива — химического и ядерного). Она позволяет в нужном темпе наращивать энергетические мощности, и по мере совершенствования техники снижать количество вредных выбросов и отходов. Однако радикального решения экологических проблем это направление обеспечить не может¹; накопление избыточной энергии ΔW на Земле будет продолжаться.

¹ Даже термоядерные электростанции будущего будут давать мощное тепловое загрязнение, хотя выделение CO_2 у них исключено.

Второе направление основано на использовании тех разностей потенциалов, которые все равно срабатываются природой, но без использования для энергетики. К ним относятся как те, которые связаны с действием солнечного излучения, так и те, которые обусловлены вращением Земли и лунным притяжением, а также нагревом внутренних слоев Земли.

Разности давлений воздуха или уровней воды позволяют создавать ветроэнергетические установки, приливные электростанции (не говоря уже о гидроэлектростанциях). Разности температур дают возможность получать электроэнергию как на севере (более теплая вода в океане — холодный воздух и лед наверху), так и на юге (теплая вода океана наверху, более холодная — внизу), а также в районах, где глубинные горячие слои подступают близко к поверхности (геотермика). В областях с интенсивным солнечным излучением можно преобразовывать и использовать эту энергию целым рядом способов. Прорабатываются даже способы получения электроэнергии на базе использования разности концентраций соли в морской воде и втекающих в море рек (вспомним осмотический двигатель И. Бернулли, показанный на рис. 1.27). Во всех этих случаях получение энергии, которая снова отдается в конце концов в окружающую среду, никак не меняет ΔW . Поток энергии просто идет другим, полезным путем; вместо того, чтобы сразу диссипировать, рассеяться в окружающей среде, он выполняет полезную работу. Такая экологически чистая энергетика даже при далеко не полном использовании природных потенциалов могла бы снять все экологические проблемы. Но... Это «но» связано с тем, что по разным причинам — либо из-за малых концентраций¹ потоков используемой энергии (например, солнечной энергии, ветра), либо вследствие невыгодного географического расположения (например, отдаленность заливов с высокими морскими приливами от мест потребления энергии) затраты на сооружение таких электростанций или передачу электроэнергии оказываются слишком высокими. Каждый киловатт установленной мощности обходится намного дороже, чем на электростанциях с органическим или ядерным топливом. Получается, что

¹ Концентрации в прямом смысле этого слова, а не в том, который в него вкладывают изобретатели ppm-2 (с. 117).

энергия, которую нужно затратить на получение нужных материалов, изготовление, транспортировку и монтаж оборудования станции и линий электропередачи, больше, чем та энергия, которую она даст в течение всего срока службы. Очевидно, что строить такие станции пока невыгодно. Однако следует иметь в виду, что для многих рассредоточенных на большой площади и не очень крупных потребителей доставка энергии настолько дорога, что экологически чистые источники энергии, расположенные поблизости, уже теперь оказываются предпочтительными. Но главное состоит в том, что возможности совершенствования таких систем только начинают всерьез изучаться. В ближайшей перспективе их стоимость может резко уменьшиться. Поэтому скептицизм некоторых энергетиков, относящих широкое распространение экологически чистых электростанций, работающих на возобновляемых источниках энергии, на середину XXI века, едва ли обоснованы.

Даже этот краткий обзор показывает, что работа по совершенствованию и преобразованию энергетики во всех ее направлениях очень трудна, но и интересна. Она требует людей, готовых, опираясь на научные знания, проявить себя, смело прокладывать новые пути, не страшась бурь научно-технической революции.

Все попытки свернуть энергетику на тупиковый путь «энергоинверсии», решить энергетические проблемы путем использования вечного двигателя второго рода совершенно бесперспективны. Они только отвлекают людей от настоящего дела.

Увлечение вечными двигателями, сохранившееся еще до нашего времени в своеобразной форме ррт-2, несмотря на «научное» оформление долго жить не сможет. Вечный двигатель второго рода, так же как и его предшественник — вечный двигатель первого рода, останется лишь интересным и поучительным эпизодом истории физики и энергетической науки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.1. Ленин В. И. К характеристике экономического романтизма// Полн. собр. соч. Т. 2. С. 178.
- 1.2. Ленин В. И. Что делать?//Полн. собр. соч. Т. 2. С. 2.
- 1.3. Маркс К. и Энгельс Ф. Святое семейство//Сочинения. — 2-е изд. Т. 2. С. 142
- 1.4. Энгельс Ф. Диалектика природы//К. Маркс, Ф. Энгельс. Соч. 2-е изд. Т. 20. С. 600.
- 1.5. Декарт Р. Избранные произведения. М.: Политиздат, 1950. С. 142.
- 1.6. Планк М. Единство физической картины мира//Философия науки. Ч. I Вып. 2. Л.: Госиздат, 1924. С. 13.
- 1.7. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т. 4. М.: Наука, 1967. С. 549.
- 1.8. Шредингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физики? М.: Атомиздат, 1972. С. 88.
- 1.9. Бернал Д. Наука в истории общества. М.: Изд-во иностр. лит., 1956. С. 735.
- 1.10. Ребане К. К. Энергия, энтропия, среда обитания. Таллин: Валгус, 1984.
- 1.11. Стырикович М. А., Шпильрайн Э. Э. Энергетика. Проблемы и перспективы. М.: Энергоатомиздат, 1982.
- 1.12. Более чем достаточно?: Пер. с англ./Под ред. Р. Кларка. М.: Энергоатомиздат, 1984.
- 1.13. Второе начало термодинамики/С. Карно, В. Томсон-Кельвин, Р. Клаузиус, Л. Больцман, М. Смолуховский. М. — Л.: Гостехтеоретиздат, 1934. С. 310.
- 1.14. Ostwald W. Energetische Untersuchungen//Zeitschrift für physikalische Chemie. 1892. Bd. 9, S. 563
- 1.15. Даннеман Ф. История естествознания. Т. II, М.: ОНТИ, 1936. С. 79.
- 1.16. Кузнецов Б. Г. История энергетической техники. М. — Л.: Гостехиздат.: Вып. 2. 1935.
- 1.17. Пушкин А. С. Полное собрание сочинений. Т. XI. М. — Л.: Изд-во АН СССР, 1949. С. 434.
- 1.18. Бродянский В. М., Фратшер В., Михалик К. Эксергетический метод и его приложения М.: Энергоатомиздат. 1988.
- 1.19. Бродянский В. М. Энергия — проблемы качества//Наука и жизнь. 1982 № 3. С. 88—95.
- 1.20. Мартынов А. В., Бродянский В. М. Что такое вихревая труба? М.: Энергия, 1976.
- 1.21. Герцен А. И. Дилетантизм в науке. Сочинения. М.: Гос. изд-во худ. лит., 1955. Т. 2. С. 43—49.
- 1.22. Шамбадаль П. Развитие и приложения понятия энтропии. М.: Наука. 1967.
- 1.23. Больцман Л. Статьи и речи. М.: Наука, 1970.
- 1.24. Толмен Р. Относительность, термодинамика и космология. М.: Наука, 1974.
- 1.25. Хокинг С. Черные дыры и термодинамика//Черные дыры. М.: Мир, 1978. С. 112.
- 1.26. Соколов Е. Я., Бродянский В. М. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения. М.: Энергия, 1981.

- 1.27. Рей Д., Макмайкл Д. Тепловые насосы. М.: Энергоатомиздат, 1982.
- 1.28. Боголюбов А. Н., Р. Гук. М.: Наука, 1984.
- 1.29. Двигатели Стирлинга/Под ред. В. М. Бродянского. М.: Мир, 1975.
- 1.30. Уокер Г. Двигатели Стирлинга. М.: Машиностроение, 1985.
- 1.31. Энергетическая программа СССР. М. Политиздат, 1983.
- 2.1. Dirks H. The perpetuum mobile; or search for selfmotive power during the XVII, XVIII, XIX centuries. London, v. 1. 1861; v. 2. 1870.
- 2.2. Daul A. Das perpetuum mobile. Wien. Hartleben. 1900.
- 2.3. Машины вечного движения. М.: Изд. Об-ва им. Х. С. Леденцова, 1911.
- 2.4. Ихак-Рубинер Ф. Вечный двигатель (perpetuum mobile). М.: ГИЗ, 1925. С. 190.
- 2.5. Орд-Хьюм А. Вечное движение. История одной навязчивой идеи. М.: Знание, 1980.
- 2.6. Михал С. Вечный двигатель вчера и сегодня. Пер. с чешск. М.: Мир, 1984. С. 250.
- 2.7. Histoire de l'Academie royale des sciences. Paris, 1778. P. 65—66.
- 2.8. Арцимович Л., Капица П., Тамм И. О легкомысленной погоне за научными сенсациями//Правда. 1959. 22 ноября.
- 2.9. Семенов Н. Демон завода «Сантехника»//Техника — молодежи. 1960. № 2. С. 5—8.
- 2.10. Шпильрайн Э. Э., Семенов А. М. Параэнергетика, или как не надо искать энергию//Энергия. 1984. № 4. С. 38—47.
- 2.11. Angrist S. Perpetual motion machines//Scient. American. 1968. Vol. 218. P. 114—122.
- 2.12. Велихов Е., Прохоров А., Сагдеев В. Чудо не состоялось//Правда. 1987. 22 июня.
- 2.13. Сычев В. В., Шпильрайн Э. Э. В погоне за миражом//Энергия. 1987. № 2. С. 49—53.
- 2.14. Walker J. Motors, in which magnets attract other magnets in apparent perpetual motion//Scientific American, 1983.
- 2.15. Silvermaа H. The vortex tube a violation of the second law?//Eur. Journ. of Physics. 1982. № 3. P. 88—92.
- 2.16. Шубников А. В. Парадоксы физики//Наука и жизнь. 1936. № 6. С. 14.
- 2.17. Пекарский П. П. Наука и литература в России при Петре I. Санкт-Петербург, 1862. Т. I.
- 2.18. Азимов А. Последний вопрос//Энергия, 1986. № 12, С. 83—91.
- 3.1. Ошепков П. К. Жизнь и мечта. — 4-е изд. М.: Московский рабочий, 1982.
- 3.2. Гвай И. И. О малоизвестной гипотезе Циолковского. Калуга: Калужское книжное изд-во, 1959.
- 3.3. Муслин Е. Выше Цикла Карно//Изобретатель и рационализатор. 1969. № 9. С. 15—16, 40.
- 3.4. Муслин Е. Машины XX века. М.: Машиностроение, 1971.
- 3.5. Заев Н. Энергетические искушения//Изобретатель и рационализатор 1976. № 12. С. 40—43.
- 3.6. Леонидов Р., Медведев Ю. Ошибка или открытие?//Комсомольская правда. 1959. 2 сент.

- 3.7. Лебедев Т. Осуществление мечты//Московская правда. 1966. 28 апр.
- 3.8. Мицкевич А., Ерохин А. Человек идет к солнцам//Литература и жизнь, 1967. 10 ноября.
- 3.9. Ощепков П. Энергия и наша планета//Сельская жизнь. 1968. 19 дек.
- 3.10. Лихошерстных Г. В поисках энергии//Техника—молодежи. 1988. № 11. С. 26—29.
- 3.11. Кузнецов П. Проблема жизни и второй закон термодинамики//Философская энциклопедия. М.: Советская энциклопедия. 1960. Т. 2 С. 133—134.
- 3.12. Тринчер К. С. Биология и информация. Элементы биологической термодинамики. М.: Наука, 1965.
- 3.13. Патент 4.389858 США МКИ Е 25 В1/00. Heat engine (тепловая машина)/Jersen H. E.
- 3.14. А. с. 70147 от 12.10.44 и 70425 от 21.04.47. СССР. Машина атмосферного тепла//Шелест А. Н.
- 3.15. А. с. 87623 от 9.06.49. СССР. Трансформатор пара с кипяtilьником аммиачного раствора и абсорбером высокого давления/Харитонов В. П.
- 3.16. Мамонтов М. А. Теория тепловых двигателей. Ч. 1, 2. Тула: Изд Тульского политехнического института, 1975—1976.
- 3.17. Машина атмосферного тепла//Экономическая газета. № 5 (26), 1962. С. 42.
- 3.18. Мамонтов М. А. От структуры Карно к структуре Прометей (новые доктрины теплоэнергетики)//За инженерные кадры. 1984. 18 окт.
- 3.19. Чирков Ю. Занимательно об энергетике. М.: Молодая гвардия. 1981.
- 3.20. Mordasewicz J. Czy zalozenia prowadzace do sformulowania II zas termodynamiki//Energetika przemyslowa. N 10. S. 419—421.
- 3.21. Ochoduszko S., Sikora J. Wobranie II zasdy termodynamiki//Energetika przemyslowa. 1962. N 10. S. 419—421.
- 3.22. Abbo wariat, albo genuisz//Politika, 1986, 31 mai.
- 3.23. Кашников С. Обыкновенный вечный двигатель//Московский комсомолец. 1980. 5 сент.
- 3.24. Харитончик Е. М. Процессы и циклы с убывающей энтропией и значение их для естествознания и техники//Тр. ВАСХНИЛ. Земледельческая механика. М.: Госсельхозиздат, 1952. С. 376—411.
- 3.25. Харитончик Е. М. О взаимодействии законов механики и термодинамики//Тр. ВАСХНИЛ. Земледельческая механика. М.: Машиностроение, 1971. Т. 13. С. 348—361.
- 3.26. Патури Ф. Растения — гениальные инженеры природы. М.: Прогресс, 1982. С. 152.
- 3.27. Сидоров М. Звезда Ощепкова//Московская правда. 1988. 28 авг.
- 4.1. Scheerbarl P. Das Perpetuum Mobile. Geschichte einer Erfindung. Leipzig, 1910.
- 4.2. Салтыков-Щедрин Н. Е. Современная идиллия. Собр. соч. Т. 10. М.: Изд-во «Правда», 1951.
- 4.3. Петропавловский Н. Е. (Каронин С.). Perpetuum mobile. Петропавловский Н. Е. Соч. в 2-х томах. М.: Гослитиздат, 1958. Т. 2. С. 19—36.
- 4.4. Шукшин В. Упорный//Рассказы. М.: Художественная литература, 1974. С. 347—360.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Предисловие автора	6
Введение. Физика, энергетика и вечный двигатель	9
Глава первая. Вечный двигатель первого рода: от ранних попыток до «опытных образцов»	14
1.1. Зарождение идеи	14
1.2. Первые проекты механических, магнитных и гидравлических ррт	19
1.3. Механические ррт	22
1.4. Магнитные ррт	35
1.5. Гидравлические ррт	42
1.6. Орфиреус, ррт и Петр I	54
Глава вторая. Утверждение закона сохранения энергии и конец вечного двигателя первого рода	66
2.1. Поиск общей причины неудач с ррт. «Закон сохранения силы»	66
2.2. Утверждение закона сохранения энергии. Революция в понятиях и терминах	81
2.3. Последние вечные двигатели первого рода	89
2.4. Вечный двигатель в художественной литературе	100
2.5. Рассуждение о законах и о том, можно ли их нарушать	106
Глава третья. Идея ррт-2 и второй закон термодинамики	113
3.1. Основная идея ррт-2. Уточнение понятий	113
3.2. Несимметричность взаимных превращений теплоты и работы. Принцип Карно	119
3.3. Немного об энтропии	124
Глава четвертая. «Тепловая смерть Вселенной», биология, тепловой насос	144
4.1. «Тепловая смерть Вселенной» и ррт-2	144
4.2. Живая природа и второй закон термодинамики	149
4.3. Эксергетический баланс и КПД	154
4.4. Тепловой насос — чудо или не чудо?	161
4.5. Почему все же изобретают ррт?	169
Глава пятая. Вечные двигатели второго рода	177
5.1. Какие ррт-2 изобретают теперь?	177
5.2. Проекты термомеханических ррт-2	178
5.3. Новые идеи: химические, оптические и электрохимические ррт-2	207
5.4. Работающие вечные двигатели (псевдо-ррт)	221
Заключение. Реальные возможности энергетики и тупиковые пути	240
Список литературы	252

Научно-популярное издание

БРОДЯНСКИЙ ВИКТОР МИХАЙЛОВИЧ

ВЕЧНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ — ПРЕЖДЕ И ТЕПЕРЬ

Редактор В. Д. Виленский

Редактор издательства Н. М. Пеунова

Художник Ю. Г. Черепанов

Художественный редактор В. А. Гозак-Хозак

Технический редактор Г. В. Преображенская

Корректор Н. А. Смирнова


ИБ № 784

Сдано в набор 22.12.88. Подписано в печать 09.03.89. Т-09192. Формат 84×108^{1/32}. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 13,44. Усл. кр.-отт. 13,65. Уч.-изд. л. 14,29. Тираж 65 000 экз. Заказ № 226. Цена 60 к.

Энергоатомиздат, 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография Союзполиграфпрома при Госкомиздате СССР
600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7

Вечный двигатель- прежде и теперь



Известно, что "вечного двигателя" — машины, производящей работу из ничего, не было, нет и быть не может. Попытки изобрести "вечный двигатель" все же не были бесполезны — они способствовали движению науки и установлению закона сохранения энергии. Интересной и поучительной истории попыток создать "вечный двигатель" и связи их с развитием науки посвящена эта книга.