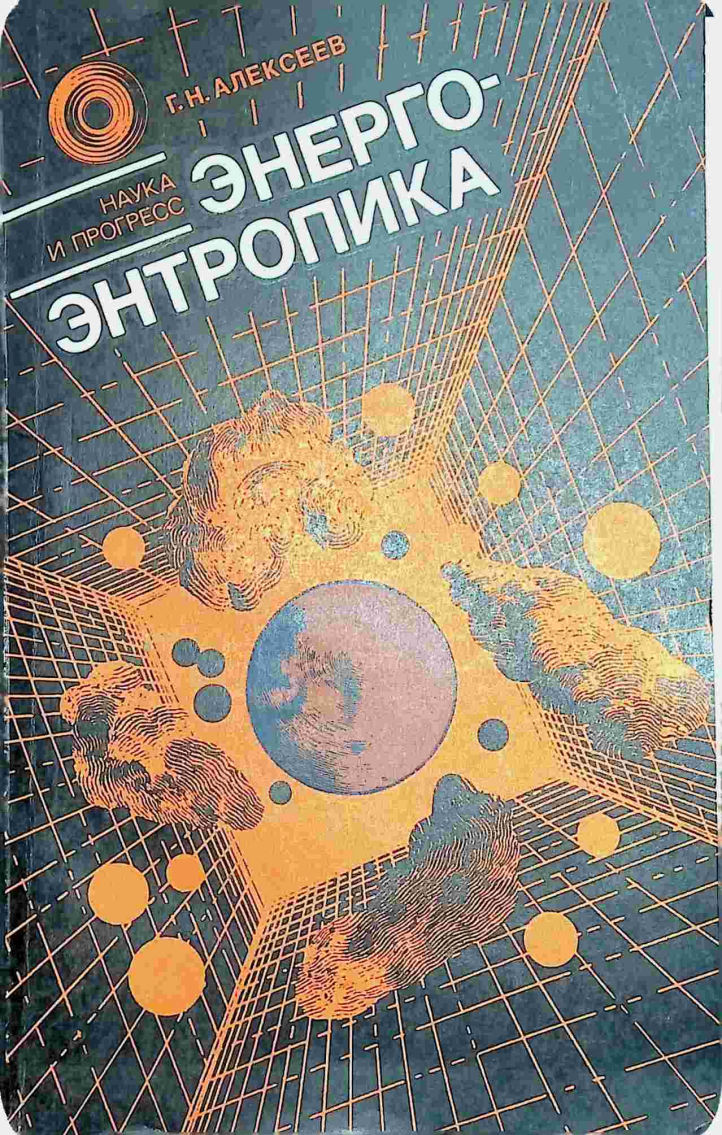




Г. Н. АЛЕКСЕЕВ

НАУКА
И ПРОГРЕСС

ЭНЕРГО- ЭНТРОПИКА

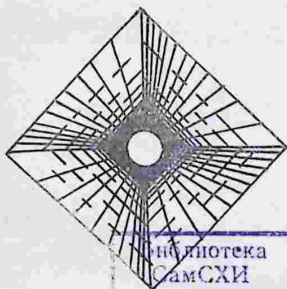




Г. Н. АЛЕКСЕЕВ

НАУКА
И ПРОГРЕСС

ЭНЕРГО- ЭНТРОПИКА



Библиотека
СамСХИ

ИНВ. № 305-256

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
МОСКВА 1983

ББК 20
А46

Автор: АЛЕКСЕЕВ Георгий Николаевич, старший научный сотрудник, много лет ведет исследовательскую и педагогическую работу в области энергетики в Академии наук СССР и в вузах Москвы. Имеет более 80 трудов, в том числе восемь книг, три из которых переизданы за рубежом. Среди книг: монографии «Непосредственное превращение различных видов энергии в электрическую и механическую». М., 1963; «Преобразование энергии». М., 1966; «Основы теории энергетических установок подводных подвижных аппаратов». М., 1974; «Прогнозное ориентирование развития энергоустановок». М., 1978; учебник для вузов «Общая теплотехника». М., 1980 и др. В 1978 г. в издательстве «Знание» вышла научно-популярная книга «Энергия и энтропия».

Рецензенты: Башкатов В. А., доктор технических наук;
Матвеев Г. А., доктор технических наук; Баженов Л. Б., доктор философских наук.

Алексеев Г. Н.

А46 Энергоэнтропика. — М.: Знание, 1983. — 192 с.
(Наука и прогресс).

30 к.

53 000 экз.

Энергоэнтропика — универсальный метод исследования различных явлений с помощью энергоэнтропийных балансов.

В книге рассказано о важнейших понятиях и законах энергоэнтропика, рассмотрены возможности, принципы и результаты применения ее в теории информации, в кибернетике, в биологии, в теории трудовых процессов, при изучении развития техники, производства, науки, экономики и т. д.

Книга рассчитана на широкий круг читателей.

А $\frac{1601000000-187}{073(02)-83}$ КБ—11—28—83

ББК 20
5

© Издательство «Знание», 1983 г.

Предисловие

Автор поставил перед собой трудную, но актуальную задачу — познакомить широкий круг читателей, специалистов в различных областях, с современным общенаучным методом исследований — энергоэнтропийным. Родившись сто с лишним лет назад как теория тепловых машин — термодинамика, он давно далеко вышел за ее пределы.

Универсальность «энергоэнтропики» основывается на том замечательном факте, что во всех макроскопических системах материального мира — живой и неживой природы, техники, производства, науки и т. д. практически непрерывно происходят изменения количеств энергии и энтропии, изучая которые можно получить необходимые данные о закономерностях функционирования и развития этих систем.

Значение энергоэнтропийного метода возрастает в последние годы и вследствие истощения органических энергетических ресурсов, поскольку этот метод позволяет получать данные об энергетических затратах и положительных энергетических и негэнтропийных эффектах функционирования и развития различных систем, давая возможность выбрать для дальнейшего совершенствования наиболее перспективные из них.

Наконец, можно отметить и третий фактор, свидетельствующий о целесообразности широкого применения энергоэнтропики — стимулирование ею поиска количественно-качественных закономерностей развития различных систем, разработку их теорий.

В книге всесторонне рассматривается сущность метода и самые его различные применения — в теории тепловых машин, теории информации, кибернетике, биологии, трудовых процессах и т. д.

Главная область повседневной деятельности человека — материальное производство, развивающееся с помощью науки и техники. Естественно поэтому, что закономерностям совершенствования техники, материального производства и науки уделено основное внимание. И хотя именно на этих направлениях возможности энергоэнтропики только начинают раскрываться, перспективы ее здесь не вызывают сомнений.

И. В. Петрянов-Соколов,
академик

ТЕОРИЯ ПРОИЗВОДИТ ТЕМ БОЛЬШЕЕ
ВПЕЧАТЛЕНИЕ, ЧЕМ ПРОЩЕ ЕЕ ПОСЫЛКИ,
ЧЕМ РАЗЛИЧНЕЕ ЯВЛЕНИЯ, МЕЖДУ
КОТОРЫМИ ОНА УСТАНАВЛИВАЕТ СВЯЗЬ,
ЧЕМ ОБШИРНЕЕ ОБЛАСТЬ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ,
ОТСЮДА ГЛУБОКОЕ ВПЕЧАТЛЕНИЕ,
КОТОРОЕ ПРОИЗВЕЛА НА МЕНЯ
ТЕРМОДИНАМИКА. ОНА — ЕДИНСТВЕННАЯ
ФИЗИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО
СОДЕРЖАНИЯ, ОТНОСИТЕЛЬНО КОТОРОЙ
Я УБЕЖДЕН, ЧТО В ПРЕДЕЛАХ
ПРИМЕНИМОСТИ ЕЕ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ
ОНА НИКОГДА НЕ БУДЕТ ОПОВЕРГНУТА.

А. ЭЙНШТЕЙН

Царица мира и ее тень

Над всем, что совершается в беспредельном пространстве, в потоке преходящего времени властвует Энергия, как царица или богиня, озаряя своим светом и былинку в поле, и гениального человека, здесь дая, там отнимая, но в целом сохраняясь количественно неизменной. Но где свет, там и тень, имя которой — Энтропия. Глядя на нее, нельзя подавить в себе смутного страха — она, как злой демон, старается умалить или совсем уничтожить все то прекрасное, что создает светлый демон — Энергия. Все мы находимся под защитой Энергии, и все отданы в жертву скрытому яду Энтропии... Количество энергии постоянно (в замкнутой системе, каковой является, например, солнечная система), количество же энтропии растет, обесценивая энергию качественно. Солнце светит, но тени становятся все длиннее. Всюду рассеяние, выравнивание, обесценивание... Примерно так торжественно и пессимистично писал об энергии и энтропии один из авторов популярных книжек начала XX в.

Первые попытки научного определения этих понятий были предприняты немногим более 120 лет назад. Тысячелетиями же до этого люди пользовались тем, что теперь называется «энергией», не задумываясь над сущностью происходящего и не зная не только этого термина, но и

его содержания как *источника деятельных сил и меры движения всех форм материи. Энтропия же — мера рассеяния энергии и увеличения всех форм беспорядка* — вообще находилась за пределами возможностей их созерцательного и эмпирического познания, да и ее роль в окружающем человека мире была еще невелика.

Наблюдая падение камня, полет стрелы, горение костра, древний человек считал, что все это есть результат действия сверхъестественных сил. Он не знал, что все эти явления совершаются за счет затраты различных видов энергии (теперь бы мы сказали соответственно — гравитационной, упругостной и химической) и что при этом вследствие трения и теплообмена происходит рассеяние теплоты в окружающей среде и растет величина энтропии камня, стрелы и дров...

Многие тысячелетия такие понятия, как энергия, работа, импульс, количество движения, собственно сила и другие, выделившиеся в самостоятельные только к XVIII в., обозначались чаще всего одним термином «сила». Источником же всех сил считались мистические «субстанции» — боги, духи, души и т. п.

Первобытный человек знал об окружающей действительности ничтожно мало, восполняя незнание верой, не требующей доказательств. В систематической форме такая вера является основой всякой религии. Главным объектом фантастических представлений как раз и были источники сил — боги, невидимые и вездесущие, которые считались столь же реальными, как теперь энергия бензина или урана. И видимый естественный мир казался человеку лишь ничтожной частью огромного невидимого сверхъестественного мира, мнимое управление которым осуществлялось с помощью молитв, ритуальных танцев, жертвоприношений и других подобных действий.

Понятие «энергия» стало постепенно выделяться из многозначного понятия «сила», когда «движущая сила огня» начала использоваться в паровых машинах, где тепло от сжигаемого угля превращалось в механическую работу поршня, который перемещался под давлением пара. Незадолго до этого интенсивность движения тел оценивали «живой силой» — произведением массы тела m на квадрат скорости ω его движения $m\omega^2$. Одним из первых в 1807 г. термин «энергия» применительно к живой силе стал использовать английский ученый Т. Юнг. В 1829 г.

француз Г. Кориолис уточняет выражение живой силы, поделив его пополам — $m\omega^2/2$.

Позже энергию движущейся системы, например камня или газа, стали называть *кинетической*, а энергию системы, приведенной в «напряженное» состояние, которое позволяет получить движение, хотя такового пока и нет — камень поднят над землей, газ сжат в баллоне, — *потенциальной*.

Научившись различать виды материи (макротела, атом, электрон и т. п.), формы ее движения (механическая, химическая, электрическая и т. п.) и виды взаимодействий (элементарные: ядерные, электромагнитные, слабые, гравитационные и различные производные), естествоиспытатели и инженеры все чаще стали говорить: «механическая энергия», «электрическая энергия», «химическая энергия» и т. д. Так стихийно возникло понятие «виды энергии», которое и в наше время не имеет точного определения.

Наконец, в 1845—1847 гг. получил тщательное обоснование закон *сохранения количества энергии* при взаимопревращениях ее видов в изолированных системах — всеобщий закон природы (первый закон термодинамики). Одновременно в полной мере осознается выдающаяся роль энергии в жизни и прогрессе человечества, за что ученые присваивают ей романтический титул «царицы мира».

Однако первое строгое *определение энергии* появилось только в 1853 г. Его дал выдающийся английский ученый В. Томсон (лорд Кельвин): *энергия материальной системы в определенном состоянии есть измеренная в единицах механической работы сумма всех действий, которые производятся вне системы, когда она любым способом переходит из этого состояния в произвольно выбранное нулевое состояние*. Более широкое определение принадлежит Ф. Энгельсу и продолжателям его учения: *энергия — это общая скалярная (т. е. независимая от направления, не векторная) мера различных форм движения материи (механической, электрической и т. п.)*.

Заметив, что все виды энергии превращаются в тепло, которое, переходя ко все более холодным телам, в конечном итоге рассеивается в окружающей среде, излучаясь затем в мировое пространство, всего через 20 лет ученые обнаружили и ее знаменитую «тень» — *энтропию* — меру *рассеяния энергии*. Чем больше рассеивает-

ся, деградирует энергия, тем больше растет величина энтропии.

Энергия и энтропия — слова греческого происхождения. «Эн» означает «в» или «содержащаяся», «эрг» — корень слова «работа», а «тропе» — «превращение». Выбирая эти термины, ученые хотели отразить в них сущность соответствующих им понятий: изменение энергии изолированной системы $\Delta E = E_1 - E_2$ выражает максимальное количество работы $W_{\max}$, которую система (например, пар в цилиндре паровой машины) теоретически могла бы совершить, переходя из состояния 1 в состояние 2, а изменение энтропии $\Delta S = S_1 - S_2$ — ту часть $Q_0 = T_0 \Delta S$ запаса энергии ΔE , которая в реальных условиях перехода при температуре T_0 окружающей среды превращается в тепло, рассеивается, уменьшая величину действительной работы до $W_d = W_{\max} - T_0 \Delta S$. Поэтому немецкий ученый Р. Клаузиус, предлагая в 1865 г. термин «энтропия», писал: «Слово «энтропия» я употребил для большего сходства со словом «энергия», так как обе соответствующие этим названиям величины настолько близки по физическому смыслу, что требовали, по моему мнению, однородных обозначений».

Изменение энергии системы определяется только разностью ее значений в начальном и конечном состоянии перехода, в противном случае система стала бы источником энергии «из ничего», что противоречит закону сохранения энергии. Поэтому энергию и подобные ей в указанном отношении величины называют «функциями состояния».

Энтропия тоже есть функция состояния системы, но количество тепла $Q = T \Delta S$, выражающее «потерю» энергии, зависит от характера совершающегося процесса, поскольку от него зависит количество тепла, рассеивающееся вследствие прямой теплоотдачи системы в окружающую среду и выделяющееся и рассеивающееся вследствие трения. Поэтому-то и действительная работа тоже зависит от характера процесса и никогда не бывает равна максимальной, то есть изменению энергии системы.

Поскольку опыт свидетельствует, что все процессы в реальных условиях сопровождаются трением и теплообменом, энтропия систем всегда возрастает при условии их полной изоляции (то есть без подвода энергии извне и утечек ее). В противном случае энтропия системы может возрастать и убывать уже под действием внешних

сил. Это и дало возможность Р. Клаузиусу, В. Томсону и другим исследователям сформулировать новый закон — закон возрастания энтропии (ставший позже вторым началом или законом термодинамики): *какие бы изменения ни происходили в реальных изолированных системах, они всегда ведут к увеличению энтропии.*

Однако этот закон, установленный опытным путем на основе наблюдения явлений, протекающих в земных и околоземных условиях, Р. Клаузиус распространил на всю Вселенную. Он утверждал, что через какой-то, пусть весьма длительный промежуток времени вся энергия, имеющаяся на Земле и в других частях Вселенной, превратится в теплоту, а равномерное распределение последней между всеми телами Земли и Вселенной приведет к выравниванию температуры и к полному прекращению каких бы то ни было превращений энергии — к «тепловой смерти Вселенной».

Попытки распространить закон возрастания энтропии на всю Вселенную противоречат принципу вечности движения во Вселенной, выражающемуся в законе сохранения и превращения энергии. Очень хорошо сказал Н. Г. Чернышевский: «Формула, предвещающая конец движению во вселенной, противоречит факту существования движения в наше время. Эта формула фальшивая... Из того факта, что конец еще не настал, очевидно, что ход процесса прерывался бесчисленное множество раз действием процесса, имеющего обратное направление, превращающего теплоту в движение... В целом это безначальная смена колебаний, не могущая иметь конца».

Ограниченность действия закона возрастания энтропии была доказана австрийским физиком Л. Больцманом в 1871—1872 гг. и «с другой стороны» — статистической. Исходя из того что теплота есть энергия беспорядочного, хаотического движения частиц вещества, он на основе молекулярно-кинетической теории продемонстрировал, что закон возрастания энтропии неприменим к Вселенной, потому что он справедлив лишь для статистических систем, состоящих из большого числа хаотически движущихся (или расположенных) объектов, поведение которых, определяемое изменением *параметров состояния* (для газов, например, — давление, температура, удельный объем), подчиняется законам теории вероятностей. *Возрастание энтропии таких систем указывает лишь наибо-*

лее вероятное направление протекания процессов. И не исключается — более того, с необходимостью предполагается — возможность маловероятных событий, называемых флуктуациями, когда энтропия уменьшается.

Этот вывод Л. Больцман сделал на основе прямой связи, которую он установил между энтропией и термодинамической вероятностью состояния рассматриваемой системы, т. е. числом микросостояний — распределений частиц в пространстве по скоростям и энергиям, с помощью которых может быть осуществлено данное макросостояние, определяемое соответствующими параметрами состояния.

Немецкий физик М. Планк привел открытую Л. Больцманом зависимость между энтропией S и термодинамической вероятностью A к виду $S = k \ln A$, где $k = 1,380 \cdot 10^{-23}$ Дж/К (К — градус в абсолютной шкале температуры Кельвина) — постоянная Больцмана.

Поскольку беспорядок всегда вероятнее, чем относительный порядок, то можно записать приведенное выше статистическое выражение энтропии иначе — $S = k \ln D$, где D — количественная мера беспорядка или неупорядоченности. Разбилась тарелка, стерлись покрышки у автомобиля, сгорели дрова в печке — энтропия увеличивается и становится максимальной, когда для данной системы в данных условиях наступает максимальный беспорядок.

Следовательно, с понижением температуры упорядоченность макросистем растет — газ превращается в более упорядоченную систему частиц — жидкость, а она в еще более упорядоченную — твердое тело. Соответственно уменьшается величина энтропии. Это позволило немецкому физикохимику В. Нернсту предположить, что с приближением абсолютной температуры к нулю энтропия тоже стремится к нулю — «тепловая теорема В. Нернста» или третий закон термодинамики. Основываясь на этом законе, за нулевую точку отсчета энтропии любой системы можно принимать ее максимально упорядоченное состояние.

Эти три закона вместе с молекулярно-кинетической теорией составили основу термодинамики, сформировавшейся в конце XIX в. как теория теплового двигателя и развившейся затем в самую универсальную дедуктивную и строго логическую научную дисциплину.

Выше уже говорилось о том, что понятие «виды энергии» возникло стихийно. В настоящее время можно составить научно обоснованную классификацию видов энергии и с ее помощью исследовать и оценить все возможные взаимопревращения их. Взяв за основу такой классификации комплексный критерий, включающий *виды материи, формы ее движения и виды взаимодействий*, выделим следующие виды энергии.

1. *Аннигиляционная энергия* — полная энергия системы «вещество — антивещество», освобождающаяся в процессе их соединения и аннигиляции (взаимного уничтожения, т. е. слияния и «исчезновения») в различных видах.

2. *Ядерная энергия* — энергия связи нейтронов и протонов в ядре, освобождающаяся в различных видах при делении тяжелых и синтезе легких ядер; в последнем случае ее называют «термоядерной».

3. *Химическая (логичнее — атомная) энергия* — энергия системы из двух или более реагирующих между собой веществ. Эта энергия освобождается в результате перестройки электронных оболочек атомов и молекул при химических реакциях.

4. *Гравистатическая энергия* — потенциальная энергия ультраслабого взаимодействия всех тел, пропорциональная их массам. Практическое значение имеет энергия тела, которую оно накапливает, преодолевая силу земного притяжения.

5. *Электростатическая энергия* — потенциальная энергия взаимодействия электрических зарядов, т. е. запас энергии электрически заряженного тела, накапливаемый в процессе преодоления им сил электрического поля.

6. *Магнитостатическая энергия* — потенциальная энергия взаимодействия «магнитных зарядов», или запас энергии, накапливаемый телом, способным преодолевать силы магнитного поля в процессе перемещения против направления действия этих сил. Источником магнитного поля может быть постоянный магнит, электрический ток.

7. *Нейтриностатическая энергия* — потенциальная энергия слабого взаимодействия «нейтринных зарядов», или запас энергии, накапливаемый в процессе преодоления сил β -поля — «нейтринного поля». Вследствие огромной проникающей способности нейтрино накапливать энергию таким способом практически невозможно.

8. *Упругостная энергия* — потенциальная энергия механически упруго измененного тела (сжатая пружина,

газ), освобождающаяся при снятии нагрузки чаще всего в виде механической энергии.

9. *Тепловая энергия* — часть энергии теплового движения частиц тел, которая освобождается при наличии разности температур между данным телом и телами окружающей среды.

10. *Механическая энергия* — кинетическая энергия свободно движущихся тел и отдельных частиц.

11. *Электрическая (электродинамическая) энергия* — энергия электрического тока во всех его формах.

12. *Электромагнитная (фотонная) энергия* — энергия движения фотонов электромагнитного поля.

13. *Мезонная (мезонодинамическая) энергия* — энергия движения мезонов (пионов) — квантов ядерного поля, путем обмена которыми взаимодействуют нуклоны (теория Юкавы, 1935 г.).

14. *Гравидинамическая (гравитонная) энергия* — энергия движения гипотетических квантов гравитационного поля — гравитонов.

15. *Нейтринодинамическая энергия* — энергия движения всепроникающих частиц β -поля — нейтрино.

Таковы «лица» многоликой царицы — Энергии. А нельзя ли число их увеличить или убавить? Теоретически можно, но для этого нужны веские аргументы*.

Так, иногда выделяют еще «колебательную» и «инерционную» энергии. Однако и колебательный характер движения и инерция свойственны различным видам материи и движения (например, «звуковая энергия» есть разновидность механической), а потому уже включены в классификацию.

Часто в особый вид энергии выделяют *биологическую*. Но биологические процессы — всего лишь особая группа физико-химических процессов, в которых участвуют те же виды энергии, что и в других. Об этом знали еще Майер и Гельмгольц. Обычно в растениях электромагнитная энергия солнечного излучения превращается в химическую энергию, а в организмах животных — химическая энергия пищи превращается в тепловую, механическую, электрическую, а иногда и в световую (электромагнитную). Поэтому правильнее говорить не о биологической

* См. подробно: Алексеев Г. Н. Преобразование энергии. М., 1966; Энергия и энтропия. М., 1978; Прогнозное ориентирование развития энергоустановок. М., 1978.

энергии, а о биологических преобразователях энергии — растений и животных.

А существует ли *«психическая энергия»*? Большинство специалистов считает, что пока нет оснований ее выделять, так как неясно, каким материальным носителям, формам движения и видам взаимодействия можно сопоставить эту энергию. Однако ни один акт человеческой деятельности не может произойти без мотивационного, а значит и *«психоэнергетического»* обеспечения, источником которого служит физико-химическая энергия организма (см. с. 87, 88).

А на что еще можно рассчитывать в будущем? Ну прежде всего эксперименты на мощных ускорителях элементарных частиц свидетельствуют, что считавшиеся раньше неделимыми нейтрон и протон, вероятно, состоят из еще более *«элементарных»* частиц, чему, возможно, соответствует какой-то новый вид или виды энергии.

Кроме этого, в последнее время на основе изучения космических явлений, в частности солнечной активности, теоретики предполагают существование *«вакуумной энергии»*. Космический вакуум рассматривается ими как сверхплотная среда с мелкозернистой структурой, а обычная материя — как разряженное состояние этой среды. При фантастической плотности в 10^{23} г/см³ между «зернами вакуума» действуют огромные гравитационные силы, и энергия вакуума оказывается как бы *«запечатанной»*. Чтобы *«возбудить»* вакуум и освободить эту энергию, надо сжать материю до огромной плотности, что в земных условиях представляется пока нереальным, поскольку требует создания ускорителей во много раз более мощных, чем Серпуховский.

Из перечисленных выше 15 видов энергии практическое значение имеют пока только 10: ядерная, химическая, упругостная, гравитатическая, тепловая, механическая, электрическая, электромагнитная, электростатическая и магнитостатическая.

При этом непосредственно используются всего четыре вида: тепловая (около 70—75%), механическая (около 20—22%), электрическая (около 5—3%) и электромагнитная — световая (менее 1%). Причем так широко вырабатываемая, подводимая по проводам в каждый дом и к каждому станку электрическая энергия выполняет в основном роль переносчика энергии.

Главным источником непосредственно используемых

видов энергии служит пока химическая энергия минеральных органических горючих (уголь, нефть, природный газ и др.), запасы которой, составляющие доли процента всех запасов энергии на Земле, находятся на грани истощения. С декабря 1942 г., когда был пущен первый ядерный реактор, в роли нового источника энергии на сцену вышли ядерные и термоядерные топлива.

Теперь обратимся к «лицам» «тени» Энергии — Энтропии. И здесь обнаруживается, что, как и подобает тени, энтропия не передает всего многообразия красок и оттенков энергии — виды ее значительно менее многочисленны и не совпадают с видами энергии. В соответствующих разделах мы подробнее остановимся на толковании видов *энтропии*, здесь же лишь назовем основные из них — *тепловая, структурная и информационная*.

С тепловой энтропией мы уже знакомы. Структурная энтропия служит мерой неупорядоченности строения систем. Так, если из строительных деталей собрать дом, а из деталей автомобиля — автомобиль, то энтропия этих систем уменьшится, ибо упорядоченность их возрастет.

Получить представление об информационной энтропии поможет следующий уже знакомый пример. При охлаждении газа до температуры абсолютного нуля он сначала переходит в жидкое состояние, а затем — в твердое, т. е. из менее упорядоченного состояния во все более упорядоченное. Соответственно растет и информация о расположении частиц газа, достигающая максимальной величины при абсолютном нуле, когда все они займут вполне определенное положение в твердом теле.

Таким образом, информация эквивалентна отрицательной энтропии или, как предложил называть ее французский физик, один из творцов теории информации Л. Бриллюэн, «негэнтропии». Следовательно, информационная энтропия — это мера неопределенности сообщения.

Все сказанное выше относится к окружающему нас макромиру. В микромире элементарных частиц и мегамире космоса при движении со скоростями, близкими к скорости света, время «замедляется», а пространство под действием различных полей тяготения «искривляется», что допускает нарушение рассмотренных выше законов*.

* См.: Алексеев Г. Н. Энергия и энтропия. М., 1978, с. 178—182.

Энергетические эпохи. Энергоресурсы и потребность в энергии

Значение энергоэнтропии еще более возрастает в связи с тем, что увеличивается потребление энергии, истощаются запасы широко используемых в настоящее время источников энергии — нефти, природного газа, угля, а это требует жесткого контроля их расходования.

По мнению многих специалистов*, научно-технический прогресс определяется тремя основными факторами — знаниями (информацией), энергией и материалами, эффективность взаимодействия между которыми зависит от характера общественно-экономических отношений. В развитии знаний различают эпохи, отделяемые научными революциями, сменами научной картины мира; в развитии материалов — «века»: каменный, бронзовый, железный и т. д.; в развитии общественно-экономических отношений — формации: первобытно-общинную, рабовладельческую, феодальную, капиталистическую, коммунистическую.

Различные же этапы в развитии энергетики определяются господствующими источниками энергии и зависящей от них энерготехникой.

Эпоха мускульной энергетики. Начало ее теряется в глубине тысячелетий, конец можно отнести к VIII—X вв.

В это время источником энергии служила химическая энергия пищи, превращающаяся в мускульную силу человека, а позже и прирученных животных. Тепло Солнца, а затем и огня использовалось для обогрева и технологических нужд — приготовления пищи, выплавки металлов и т. п.; теплоэнергетики еще не было.

Эта эпоха делится на два «механических периода»: 1) когда применялась только мускульная сила и 2) когда мускульная сила приумножалась с помощью простых механизмов — рычага, ворота и т. п.

Овладение стихией огня прошло три этапа: 1) «безогневой», когда огонь не использовался; 2) «огнесохранительный», когда естественно возникавший огонь (от молнии, трения или гниения древесины) сохранялся искусственно; 3) «огнеполучательный», когда огонь стали

* См., например: Томсон Д. Предвидимое будущее. М., ИЛ, 1958, с. 40.

получать искусственно — трением. «Добывание огня трением впервые доставило человеку господство над определенной силой природы и тем окончательно отделило человека от животного царства», — писал Ф. Энгельс.

Энергетические ресурсы в эту эпоху не только полностью восстанавливались, но и накапливались. Окружающая среда не подвергалась загрязнению.

Эпоха механоэнергетики на возобновляющихся энергоресурсах охватывает время примерно с VIII—X до XVIII в.

В этот период человек в дополнение к мускульной стал использовать механическую энергию возобновляющихся энергоресурсов — энергию движущейся в реках воды и ветра. Часть работы выполнялась при помощи водяных колес и ветряных крыльев — человек получил в свое распоряжение силы, во много раз превосходящие и его собственные, и силы домашних животных. Огонь, как и в предыдущую эпоху, применялся только для обогрева и технологических нужд. Освоение техники получения огня и печного отопления позволили человеку заселять холодные климатические районы Земли.

Энергетические ресурсы и в эту эпоху полностью восстанавливались, а окружающая среда оставалась чистой.

Эпоха химической теплоэнергетики на невозобновляющихся энергоресурсах еще более коротка — начавшись в XVIII—XIX вв., она, вероятно, закончится в XXI в.

Главным источником энергии в промышленно развитых странах становится химическая энергия, выделяющаяся при сгорании органических ископаемых: каменного угля, нефти, природного газа и т. п., а основной движущей силой — энергия пара или газов, возникающая в тепловых двигателях.

Впервые в эту эпоху расходуемые энергоресурсы в природе не восстанавливаются — *человечество*, по выражению Р. Клаузиуса, «проматывает наследство», доставшееся ему как результат процессов, протекавших на Земле миллионы лет и имевших своим первоисточником энергию Солнца. Пронсходит все более заметное загрязнение окружающей среды продуктами сгорания и отходами производства. Возникает проблема создания безотходных процессов и целых производств.

Эпоха ядерной теплоэнергетики на невозобновляющихся энергоресурсах начнется, по мнению специалистов, в начале XXI в., когда потребность человечества

в энергии будет удовлетворяться главным образом за счет ядерных источников энергии.

Энергоресурсы ядерных топлив деления (в основном урана) при «сжигании» их в реакторах на медленных нейтронах, где они используются только на 0,2—0,3%, соизмеримы с энергоресурсами нефти. Поэтому надежды возлагаются на применение в XXI в. в 20—30 раз более эффективных реакторов на быстрых нейтронах, гибридных ядерно-термоядерных реакторов (в которых нейтроны, выделяющиеся при неполной термоядерной реакции, делят ядра урана, тория или плутония), а позже — термоядерных реакторов, работающих только на дейтерии — тяжелом водороде, запасы которого в морской воде считаются почти неисчерпаемыми.

Соответственно эта эпоха делится на три периода: 1) ядерной энергетики деления на медленных (тепловых) нейтронах, 2) ядерной энергетики деления на быстрых нейтронах и 3) термоядерной энергетики.

Транспорт придется переводить на вторичные источники энергии, вырабатываемые с помощью ядерных: водород, жидкие горючие, получаемые из каменного угля, электрохимические аккумуляторы и т. п.

Загрязнение окружающей среды в эту эпоху будет тормозить развитие энергетики. Использование ядерных реакторов деления ставит проблему надежного захоронения или удаления за пределы Земли радиоактивных продуктов реакций. С применением термоядерных реакторов возникают не менее сложные проблемы: 1) извлечение из морской воды более 10—20% содержащегося в ней дейтерия может вызвать глобальные катастрофы из-за понижения уровня вод в Мировом океане и нарушения водного обмена и 2) выделение тепла в количестве более 5% энергии падающего на Землю солнечного излучения (данные академика Н. Н. Семенова) приведет к глобальным катастрофам из-за таяния льдов Арктики и Антарктики; вследствие этого производство энергии можно будет увеличить по сравнению с вырабатываемой в настоящее время ($17,6 \cdot 10^{16}$ кДж/год) почти в 700 раз.

Эпоха сбалансированной энергетики на возобновляющихся энергоресурсах должна начаться после достижения указанного выше допустимого по условиям охраны окружающей среды предела использования термоядерных топлив (если не будут открыты и технически освоены пока неизвестные новые источники энергии).

В эту эпоху человечеству придется жить в состоянии динамического равновесия, потребляя столько энергии, сколько можно будет получить при использовании возобновляющихся энергоресурсов (солнечного излучения, движения вод в реках и морях, ветра и т. п.), плюс энергия термоядерных топлив в указанных выше пределах. В соответствии с вырабатываемой энергией и производимым с ее помощью продовольствием будет регламентироваться население Земли, обеспечение его бытовой, производственной, культурной и другой техникой.

Окружающая среда также будет приведена в состояние динамического равновесия, т. е. будет полностью восстанавливаться.

Мы живем в начале ядерной эпохи, которая выдвигает ряд проблем. Это освоение и широкое внедрение реакторов на быстрых нейтронах, разработка первого термоядерного реактора, все более широкое применение возобновляющихся источников энергии и повышение энергетической экономичности всех типов энергоустановок и энергопотребителей.

Теперь познакомимся с имеющимися в распоряжении человечества энергоресурсами и посмотрим, соответствуют ли они потребностям в энергии столь быстро развивающегося научно-технического и производственного базиса человечества.

Общие запасы энергии, на которые может рассчитывать человечество, оцениваются, естественно, ресурсами *первичных источников энергии* — невозобновляющихся и возобновляющихся (табл. 1).

В табл. 1 приведены ориентировочные цифры, оценить точно энергоресурсы Земли очень трудно.

Вторичные источники энергии являются, по существу, накопителями энергии: водород, получаемый электролизом, радиолизом или термохимическим разложением воды; электрохимические аккумуляторы: раскрученные маховики. (например, при спуске автомобиля с горы); заведенные пружины и т. п.

Пока человечество интенсивно расходует энергию органических минеральных горючих, запасы которых, составляя доли процента всех энергоресурсов Земли, быстро истощаются. Поэтому форсируется развитие ядерной энергетики, и к 2000 г. в ряде стран ядерные электростанции, вероятно, будут вырабатывать 20—40% всей электроэнергии. ~~Одновременно органические горючие все~~

Библиотека

СамСХИ

ИНВ. № 305256

Таблица 1

Ресурсы энергии на Земле

Наименование ресурсов	Количество энергии, МВт·ч
Невозобновляющиеся (общие запасы):	
термоядерная энергия	$100\,000 \cdot 10^{12}$
ядерная энергия деления	$547 \cdot 10^{12}$
химическая энергия ископаемых органических горючих	$55 \cdot 10^{12}$
внутреннее тепло Земли (геотермальная энергия)	$0,134 \cdot 10^{12}$
Возобновляющиеся в течение года:	
энергия солнечных лучей, достигающих земной поверхности	$580 \cdot 10^{12}$
энергия солнечных лучей, аккумулирующаяся в верхних слоях атмосферы (150—200 км) в виде атомарного кислорода	$0,000012 \cdot 10^{12}$
энергия морских приливов и отливов	$70 \cdot 10^{12}$
энергия ветра	$1,7 \cdot 10^{12}$
энергия рек	$0,018 \cdot 10^{12}$

больше будут использоваться как химическое сырье для производства материалов, уступая место на транспорте вторичным источникам энергии.

А как расходуются имеющиеся запасы энергии? Ответ на этот вопрос дает табл. 2.

Таблица 2

Мировое потребление энергии с 1860 по 2000 г.

Энергоресурсы, млрд. МВт·ч	Годы							
	1860	1900	1920	1940	1960	1970	1980	2000
Уголь	1,14	6,25	10,90	15,30	17,80	18,20	19—22	28—37
Нефть	Мало	0,25	1,14	3,66	10,80	24,00	28—37	49—61
Природный газ	—	0,08	0,25	0,98	4,65	11,80	20—25	32—49
Гидроэнергия рек	Мало	0,08	0,25	0,58	2,45	3,66	4,9	6—8,2
Ядерная энергия	—	—	—	—	—	0,33	5—6	41—53
Прочие	3,42	4,10	4,90	5,72	5,72	5,30	4,90	3,25
Всего	4,56	10,76	17,44	26,24	41,42	63,29	89—98	163—204
На одного человека, МВт·ч	3,82	6,25	9,75	12,05	13,85	17,40	19—21	27—31

Таблица позволяет сделать интересные выводы. За XX столетие общее потребление энергии человечеством возрастет в 16—20 раз, однако расход ее на одного человека увеличится только в 4—5 раз вследствие быстрого роста населения Земли и чрезвычайно неравномерного промышленного развития стран.

Потребление природного газа возрастет в 400—600 раз, нефти — в 200—250, гидроэнергии — в 75—100, а угля всего в 5—6 раз. При этом потребление ядерной энергии только за 30 лет должно увеличиться в 120—150 раз!

Мировое распределение потребления угля, нефти и газа в настоящее время примерно таково (в %):

Тепловые электростанции, включая теплофикационные	30—35
Промышленность, особенно металлургическая, химическая, машиностроительная и стройматериалов	30
Транспорт (автомобильный, железнодорожный, морской), а также трактора и другие сельскохозяйственные машины	25—30
Бытовые нужды	5—10

Естественно, что в разных странах эти величины могут резко отличаться от приведенных здесь средних цифр.

Поставим еще один вопрос: на какое время хватит самых легкодоступных энергоресурсов? Ответ зависит от характера закономерности роста потребностей в энергии. Многолетний опыт свидетельствует, что в промышленно развитых странах увеличение валового национального продукта (без чего невозможно повышение жизненного уровня народа) прямо пропорционально росту затрат энергии (рис. 1).

При составлении прогнозной части табл. 2 (1980—2000 гг.) было принято, что ежегодный рост потребности в энергии (если конечно, не будет войн и кризисов) составит 4—5%. Однако если считать, что с 1972 г. он равен только 3%, то без использования ядерных и возобновляемых источников

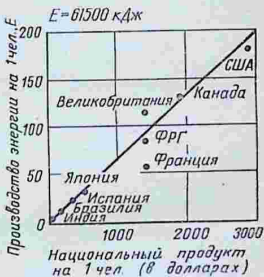


Рис. 1. Зависимость величины валового национального продукта от расхода энергии на одного человека ($E \times 61500$ кДж)

энергии мировые запасы органического горючего сократятся к 2025 г. до таких размеров, что их хватит на 120 лет, а при росте на 4—5% — всего на 40 лет.

Президент Академии наук СССР академик А. П. Александров отмечал, что наша страна (самая богатая энергоресурсами) более 50 процентов государственного бюджета тратит на топливно-энергетический комплекс — разведку и добычу природных энергоресурсов и систему преобразования энергии в нужные для потребления формы.

Лауреат Нобелевской премии академик П. Л. Капица, всю жизнь занимавшийся физикой, посвятил свою лекцию, прочитанную в Стокгольмском университете 5 мая 1976 г., «глобальным проблемам и энергии». Он говорил: «Сейчас мировое потребление энергии растет по геометрической прогрессии, и за последние 15 лет прирост составляет 5% в год. Это наиболее высокий показатель роста в мировом народном хозяйстве, и всюду капиталовложения в энергетику являются доминирующими... В силу этой ведущей роли энергетики в народном хозяйстве преодоление надвигающегося сейчас энергетического кризиса представляет для человечества наиболее крупную глобальную проблему».

Однако предполагается, что по мере совершенствования производства, его автоматизации указанная выше закономерность (см. рис. 1) будет изменяться в сторону уменьшения затрат энергии на единицу валового национального продукта. С другой стороны, немало энергии может быть получено дополнительно и за счет повышения эффективности добычи, обогащения, доставки, подачи и преобразования энергии природных энергоресурсов. Имеются также большие резервы увеличения энергопотребления без роста затрат энергоресурсов: путем более экономного использования тепла для промышленных нужд и отопления, сжигания промышленных и сельскохозяйственных отходов, бытового мусора, повышения экономичности всех энергопотребляющих установок, приборов и более рационального их использования.

Не следует забывать и о возможности применения в ряде областей, например в сельском хозяйстве, энергии тягловых животных. Ведь даже в настоящее время в Индии используется 80 млн. животных: 70 млн. волов, 8 млн. буйволов, 1 млн. верблюдов и 1 млн. лошадей. Этот живой парк производит энергию, эквивалентную 30 млн.

кВт, что пока значительно превышает суммарную мощность всех электростанций этой страны.

Интересно, что, по данным академика Н. Н. Семенова, в 1972 г. мировой урожай составлял примерно $7,5 \cdot 10^9$ т, а добыча горючего — $6 \cdot 10^9$ г. Если считать, что калорийность пищи и кормов в сухом виде составляет около $4 \cdot 10^6$ ккал/т против $7 \cdot 10^6$ ккал/т условного топлива, то окажется, что энергоемкость пищи и кормов, производимых в год, составляет около 70% энергоемкости добываемого за это же время горючего.

Такова в общих чертах картина развития мировой энергетики. Она свидетельствует о важнейшей роли энергии в жизни и прогрессе человечества. Рассмотрим теперь основные понятия энергоэнтропии и процесс ее становления.

Азбука энергоэнтропии

Как сказал один физик, в гигантской фабрике природных процессов закон возрастания энтропии выполняет роль директора, предписывающего вид и направление «сделок», закон же сохранения энергии играет роль бухгалтера, который сводит кредит и дебет — поступление и расход энергии — в те или иные части системы или взаимопревращение ее видов.

Иными словами, где бы и какие бы изменения ни происходили в материальных макроскопических системах, они, в общем, всегда сопровождаются теми или иными изменениями энергии и энтропии. В изолированных системах энергия сохраняется, а энтропия растет, в открытых системах с подводом энергии общий баланс энергии тоже сохраняется (с учетом ее поступлений и потерь), энтропия же уменьшается на определенную величину, зависящую от соотношения количеств подводимой и теряемой энергии (см. с. 30, 31).

Вот эта-то особенность энергии и энтропии сделала метод исследований с помощью составления и изучения энергоэнтропийных балансов — энергоэнтропикой — довольно универсальным. Самостоятельную ценность, как мы увидим дальше, представляет строгая дедуктивная логика развития понятий и аналитического аппарата энергоэнтропии (развитие суждений от общей идеи, общей закономерности к частным ее приложениям).

Важнейшую роль в формировании и все более широком применении энергоэнтропии сыграло создание в XVIII—XIX вв. тепловых двигателей и последовавшее за этим бурное развитие энергетики.

Впервые этот метод (пока еще без терминов «энергия» и «энтропия» и без четкой формулировки соответствующих законов) разработал и применил для исследования тепловых машин в 1824 г. сын крупнейшего ученого и выдающегося деятеля французской революции Лазарь Карно инженер и физик Сади Карно (1796—1832). Карно считал, что тепловым машинам «суждено совершить большой переворот в цивилизованном мире», и задался целью определить причины их несовершенства. Его работа называлась «Размышления о движущей силе огня (тепла) и о машинах, способных развивать эту силу». Поскольку «тепло», «огонь» по-гречески «терме», а «сила» — «динамикос», отсюда и родилось название нового метода «термодинамика», т. е. теория «движущей силы огня (тепла)», получаемой в тепловых двигателях.

К 1865—1875 гг. трудами Р. Клаузиуса, В. Томсона, У. Ранкина, Г. Гельмгольца, Д. У. Гиббса, М. Планка и других ученых были окончательно сформулированы все необходимые понятия и законы термодинамики, основы ее аналитического аппарата, которые начали применяться для исследования и совершенствования паровых двигателей и двигателей внутреннего сгорания.

И тогда же были сделаны первые попытки энергоэнтропийного подхода к анализу явлений в других объектах материального мира — неживой и живой природы, техники, производства и даже общества. Но уровень науки того времени не позволял и не требовал доведения разработки этих идей до масштаба универсального метода. Однако о двух попытках сделать это нельзя не упомянуть.

Первую предпринял Вильгельм Оствальд (1853—1932) — лауреат Нобелевской премии по химии 1909 г. Ему «не повезло»: он сформировался как ученый в разгар увлечения энергией и до открытия строения атома. И он стал главой «энергетизма» — полуфилософского учения, провозгласившего замену материи энергией, и — проповедником «принципа экономии мышления». Из последнего вытекало: зачем знать строение атома (излишняя информация!), если любые задачи можно решить с помощью термодинамики?

Оствальд предлагал «устранить противоположность» материи и духа сведением их к энергии, а это привело его к проповеди движения без материи. Но что же в таком случае движется? — спрашивал сторонников «энергетизма» В. И. Ленин. Если материя исчезает, растворившись в энергии, то движется, видимо, мысль? Но «если при исчезновении материи предполагается не исчезнувшей мысль (представление, ощущение и т. д.), то вы, значит, тайком перешли на точку зрения философского идеализма». С другой стороны, указывал Ленин, «выражение: «материя исчезает», «материя сводится к электричеству» и т. п. есть лишь гносеологически беспомощное выражение той истины, что удастся открыть новые формы материи, новые формы материального движения, свести старые формы к этим новым и т. д.».

Заметим, что после открытия строения атома и ряда связанных с этим физических явлений энергетизм быстро пошел на убыль. Но когда А. Эйнштейн установил зависимость между энергией E и массой m — $E=mc^2$ (где c — скорость света, равная 300 тыс. км/с), поднялась новая его волна — неоэнергетизм. Неоэнергетисты утверждают, что в соответствии с формулой Эйнштейна масса «исчезает», превращаясь в энергию... На самом же деле с выводом этой зависимости в материальном мире ничего не изменилось. Как и раньше, одни виды материи и формы движения превращались в другие, но, помимо понятия массы покоя m_0 , возникло представление о динамической массе m_d и о переходе их друг в друга, ибо $m = m_0 + m_d$. Так, при слиянии вещественных частиц электрона и позитрона общей массой Σm_0 образуются частицы электромагнитного поля — фотоны, общей массой Σm_d , но $\Sigma m_0 = \Sigma m_d$, где $m_d = h\nu/c$ (h — постоянная Планка — «квант действия», ν — частота).

Под влиянием идей Оствальда другая попытка распространить термодинамику за пределы теории тепловых машин была сделана А. А. Малиновским (1873—1928), выступавшим под псевдонимом Богданов. Его философские взгляды (изложенные в работе «Эмпириомонизм» и др.) критиковал В. И. Ленин в книге «Материализм и эмпириокритицизм». Богданов считал, что для создания идеального общества — «триединой организации — вещей, людей и идей» необходим весь «организационный опыт человечества», который разобщен на массу спе-

циальных наук. Для его обобщения требуется новая универсальная «организационная наука» — тектология.

В 1913—1917 гг. А. А. Богданов опубликовал объемистый труд в двух томах под названием «Всеобщая организационная наука (тектология)», в котором провозгласил рождение новой науки и показал возможности ее применения в различных областях. Эта наука, по его мнению, «должна была объяснить, какие способы организации наблюдаются в природе и в человеческой деятельности; обобщить и систематизировать эти способы; объяснить их, т. е. дать абстрактные схемы тенденций и закономерностей; опираясь на эти схемы, определить направление развития организационных методов и роль их в экономии мирового процесса». Богданов исходил из того, что «тот же самый принцип — превращения энергии,— по которому организуется машинное производство, является основной закономерностью познания в науках, технических и естественных»; он отмечал господствующее положение принципа сохранения энергии по отношению к другим законам сохранения и ограниченное действие закона возрастания энтропии.

Правда, Богданов не пошел дальше описательных рассуждений, допустив при этом ряд философских ошибок идеалистического толка. Однако основная его идея и, как писал академик В. Г. Афанасьев в 1968 г., «предпринятая... попытка отыскать принципы организации различных целостных образований сама по себе не лишена научного смысла. Его беда состоит в том, что эти принципы, обнаруженные им в одних областях действительности, он механически переносит на другие области, в которых эти принципы или вообще не действуют, или их действие носит ограниченный характер». Так, например, исходя из принципа максимальной организации, структурности, он абсолютизировал организацию общества и оторвал ее от материальной основы общественного развития — способа производства материальных благ. Проблему общественной организации он свел к отношениям между вещами, людьми и идеями, игнорируя при этом самое главное — производственные отношения людей.

Философские ошибки Богданова скомпрометировали тектологию, и эта теория развития не получила. Однако сфера приложений энергоэнтропийного метода, разработанного в форме термодинамики тепловых двигателей,

продолжала расширяться от этого источника, охватывая все новые области естествознания, техники, производства, экономики и даже частично социологии.

Особенно популярным и эффективным этот метод становится теперь, в период так называемой «современной научно-технической революции» (СНТР), когда происходит все большая автоматизация производства, слияние науки с производством, интеграция наук и т. п. (см. с. 118).

Знакомство с энергоэнтропикой мы начнем с определения предмета, основных понятий и метода.

Предмет энергоэнтропики — закономерности строения, функционирования и развития самых различных макроскопических статистических систем.

Энергоэнтропийной системой называют макроскопическую часть материи, выделенную для исследования, а *окружающей средой* — материю, расположенную вокруг системы. *Граничные поверхности*, отделяющие систему от среды, называют контрольными поверхностями, или проще — стенками. Примером энергоэнтропийной системы в технике может служить пар или газы над поршнем в цилиндре теплового двигателя, контрольные поверхности в этом случае — стенки цилиндра, его крышка и головка поршня, а окружающая среда — атмосфера; в природе — любое животное, растение и т. п.

Подчеркнем еще раз, что энергоэнтропика изучает только *макроскопические системы*, т. е. системы, состоящие из множества неупорядоченно движущихся элементов, совокупное поведение которых подчиняется статистическим, вероятностным законам. Это значит, что получаемые результаты тем вероятнее, чем больше элементов входит в систему и чем с большими скоростями они движутся, в противном случае возникают *маловероятные события* — *флуктуации*. Только к таким системам применимы, например, понятия температуры, тепла и энтропии, ибо температура или тепло одной молекулы и даже нескольких — бессмыслица.

Открытые системы в отличие от *замкнутых* (или *закрытых*) могут обмениваться с окружающей средой — другими системами — массой вещества. Среди замкнутых систем выделяют *изолированные*, не вступающие со средой в обмен ни массой, ни энергией, ни теплом. При отсутствии только теплообмена систему называют *адиабатной*.

Однородные, или гомогенные, системы имеют одинаковые в границах системы химический состав и физические свойства (например, воздух). Каждая гомогенная область системы называется *фазой*. Система же, состоящая из двух или более фаз — гомогенных областей, — называется *гетерогенной*. Свойства систем на границах фаз изменяются скачкообразно.

Состояние системы определяется совокупностью независимых макроскопических *параметров состояния* — среднестатистических величин. *Интенсивные параметры*, например, температура, давление, не зависят от размеров системы, *экстенсивные* же, например объем, зависят.

Если параметры состояния с течением времени не меняют своих численных значений, то состояние системы считается *стационарным*. Если же в дополнение к этому нет и никаких стационарных потоков в результате действия внешних источников, то система находится в состоянии *энергоэнтروпийного равновесия*.

Изолированная система, оказавшаяся в неизменных условиях, в соответствии со 2-м законом через некоторое время всегда приходит в состояние, при котором в ней прекращаются все макроскопические изменения — наступает энергоэнтропийное равновесие. Система самопроизвольно выйти из него никогда не может. При одинаковых температурах между телами устанавливается *тепловое равновесие*; самопроизвольный переход тепла возможен только к телам более низкой температуры.

Энергоэнтропийные процессы — это переходы систем из одного состояния в другое. Переходы сопровождаются определенными изменениями величины параметров состояния, что позволяет математически точно описать каждый процесс и оценить величины изменения энергии и энтропии в нем.

Если при переходе системы из одного состояния в другое в каждый момент времени во всех ее точках одинаковые параметры имеют одинаковые численные значения, процесс считается *равновесным*. *Равновесные процессы обратимы*, т. е. систему можно вернуть в первоначальное состояние, проводя ее в обратном направлении через те же промежуточные состояния, приложив к ней воздействие той же величины. *Условия обратимости*: 1) бесконечно медленное осуществление процесса, чтобы непрерывно сохранялось равновесие системы, и 2) отсутствие трения.

В реальных условиях из-за конечной скорости процесса равновесие не успевает установиться на всей протяженности системы, а из-за потерь энергии на трение и теплообмен с окружающей средой для возврата системы в первоначальное состояние требуется больше энергии, чем получается в прямом процессе. Поэтому *все реальные процессы в макроскопических материальных системах неравновесны и необратимы.*

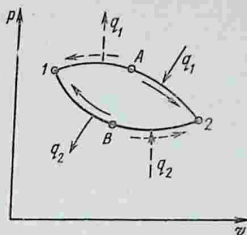


Рис. 2. Прямой (сплошные стрелки) и обратный (пунктир) произвольные политропные циклы

С приходом системы в состояние равновесия, как мы уже знаем, энергоэнтропийные процессы в ней прекращаются. И только подвод энергии или негэнтропии может их возобновить, снова «подняв» состояние системы над уровнем ее равновесия. Если «подъем» возвращает систему в начальное состояние, то процесс замыкается, образуя цикл 1A2B1 (рис. 2).

Разомкнутые процессы протекают естественно до полного использования энергии и негэнтропии внутри функционирующей, развивающейся системы или в системах, откуда они подводятся к ней.

Чаще приходится иметь дело с *изотермическим, изобарным, изохорным и адиабатным* процессами, в которых постоянны соответственно температура, давление, удельный объем и энтропия (чему соответствует и отсутствие теплообмена), т. е. основные параметры состояния газов.

Энергоэнтропика выросла из термодинамики, где и были разработаны ее основные методы: классический феноменологический, феноменологический метод исследования необратимых процессов и статистический метод. Познакомимся с их сущностью.

Классическая феноменологическая термодинамика сформировалась раньше других. В ней явления, или, по-гречески «феномены», рассматриваются в целом, макроскопически, а при изучении процессов, в действительности неравновесных и необратимых, предполагается, что они «как будто бы равновесны и обратимы», или, по-гречески, «квазистатичны». Это позволило разработать до-

вольно простой математический аппарат, основывающийся на простых исходных понятиях и представлениях. При этом отклонение равновесных значений величин от истинных, характеризующих реальные процессы, не очень велико (в большинстве случаев до 10—30%). Последние получают умножением конечных результатов равновесных расчетов на опытные поправочные коэффициенты.

Более 50 лет разрабатывается *феноменологическая термодинамика необратимых процессов*, в которой зависимости классической термодинамики применяют к малым элементам изучаемых систем, где предполагается сохранение равновесия при неравновесности системы в целом. В основу этой методики положена оценка нарастания необратимости во времени — *скорости возникновения энтропии* в соответствии со 2-м законом. Величина необратимости зависит от скорости процессов рассеяния энергии в результате диффузии, теплообмена, трения и т. д. Поэтому здесь важную роль играет расчет явлений переноса массы, теплоты, электричества и т. п., взаимно влияющих друг на друга так, что два из них порождают какое-то третье, например перенос теплоты и электричества — термоэлектричество. В 1931 г. нидерландский ученый Л. Онзагер установил «соотношения взаимности» — взаимозависимость между «кинетическими коэффициентами» проводимости тепла, электричества, массы (при диффузии), что открыло путь к расчетам степени необратимости. Однако *коэффициенты проводимости, как и поправочные коэффициенты в равновесной термодинамике, определяются опытным путем*, хотя и вводятся не в конце расчетов, а где-то в середине. В результате точность расчетов зависит от точности выбора этих коэффициентов.

Статистическая термодинамика — самая строгая и всеобъемлющая, однако ее понятийный и математический аппарат все еще сложен для широкого применения, а кроме того, в использовании ее часто нет необходимости. Статистический метод возник на основе работ по молекулярно-кинетической теории газов Д. Максвелла, Л. Больцмана и других и после открытия Л. Больцманом в 1871—1872 г. связи между энтропией и вероятностью состояния систем $S = k \ln A$. Эта зависимость позволила определять энтропию систем, не достигших внутреннего равновесия, т. е. не находящихся в стационарном состоянии, а следовательно, и возрастание ее в необратимых процессах.

Статистический метод эффективнее феноменологического и в других отношениях. В частности, он позволяет определить границы применимости вероятностных законов, в том числе 2-го и 3-го. Поэтому его используют и для обоснования ряда положений феноменологической термодинамики.

В конце XIX в. статистический метод получил развитие в трудах Д. У. Гиббса — скромного преподавателя американского колледжа. Он распространил этот метод, разработанный только для идеального газа, частицы которого между собой не взаимодействуют, на жидкие и твердые тела, где взаимодействие между частицами очень велико. Кроме того, он разработал всеобъемлющий математический аппарат. Сначала его работы, публиковавшиеся в мало известных трудах Йельского университета (США), оставались незамеченными. И только в 1902 г. (за год до смерти) после выхода в свет его книги «Основные принципы статистической механики, излагаемые со специальным применением к рациональному обоснованию термодинамики» научный мир по достоинству оценил его труды. Однако овладеть методом Гиббса оказалось настолько трудно, что позже к этой небольшой книге пришлось издать комментарии в двух томах объемом в 1700 страниц! Осваиваться и применяться этот метод стал сравнительно недавно. Его теоретическое и логическое совершенство так поразили некоторых специалистов, что они стали поговаривать о «конце» феноменологического метода и о полной замене его статистическим. На самом деле для этого, конечно, нет оснований. Достоинства феноменологического метода остаются в силе, особенно на фоне трудностей применения статистического. (Однако иногда последний незаменим, например, в химии для теоретического определения связи между строением вещества и его свойствами.)

Поэтому мы и *продолжим знакомство с азбукой феноменологической энергоэнтропии.*

В основу энергоэнтропии должны быть положены самые фундаментальные и широкие принципы — законы, которые позволяли бы в совокупности количественно и качественно исследовать поведение самых различных систем.

Тщательный анализ материалов, относящихся к рассматриваемой проблеме, позволяет выделить пять таких законов.

1-й закон энергоэнтропии — закон сохранения энергии: ни одна материальная система не может развиваться или функционировать, не потребляя энергии ΔE , которая расходуется на совершение работы W , на изменение внутренней энергии системы ΔU и на рассеяние тепла в окружающую среду $Q_{o.c.}$

$$\Delta E = \Delta U + W + Q_{o.c.}$$

Если можно принять, что $Q_{o.c.} = 0$ и энергия потребляется в форме тепла $\Delta E = Q$, то уравнение 1-го закона принимает более простой вид

$$Q = \Delta U + W.$$

Работа W может совершаться в различных формах (механическая, электрическая и т. п.); расходуется она на изменение состояния внешних систем — перемещение в пространстве, упорядочение структуры, извлечение информации и т. д.

2-й закон энергоэнтропии — закон возрастания энтропии: реальные изолированные макроскопические системы стремятся самопроизвольно перейти из менее вероятного состояния в более вероятное или из более упорядоченного в менее упорядоченное (при отсутствии сил, препятствующих этому), т. е. их энтропия $S = k \ln A = k \ln D$ может только возрастать (см. с. 9):

$$\Delta S = S_2 - S_1 \geq 0.$$

Знак больше ($>$) относится ко всем реальным — неравновесным, необратимым процессам, а знак равенства ($=$) — только к нереальным — идеальным, обратимым.

Абсолютно изолированные реальные системы найти трудно. Разрушающийся иногда целые столетия дом, съедаемый коррозией кузов автомобиля, разлагающийся труп животного и т. д. только приближенно, условно можно рассматривать как «изолированные системы», поскольку в активной форме «упорядочивающие действия» над ними за счет затрат энергии не совершаются — дом, кузов не ремонтируются, не восстанавливаются, труп не сохраняется и тем более не оживляется.

Если рассматриваемая система не изолирована, а получает извне количество тепла Q при температуре T или количество энергии в другой форме ΔE , снижающей уровень ее структуры $T_{стр}$ или уровень информации о ней

$T_{\text{инф}}$, то энтропия тоже будет возрастать, однако не самопроизвольно, как это происходит в соответствии со 2-м законом, в изолированных системах, а вследствие внешнего воздействия. Поэтому нельзя путать эти два случая роста энтропии — между ними нет ничего общего. Итак, для второго из них можно записать:

$$\Delta S_T \geq Q/T; \Delta S_{\text{стр}} \geq \Delta E/T_{\text{стр}}; \Delta S_{\text{инф}} \geq \Delta E/T_{\text{инф}}.$$

Из двух необратимых процессов с одинаковой величиной возрастания энтропии ΔS более необратимым можно считать тот, у которого скорость возрастания энтропии $\Delta S/\tau$ (где τ — время) больше. С учетом этого 2-й закон можно записать в такой форме:

$$\Delta S/\tau \geq (1/T) \sum_i j_i X_i \text{ или } dS/d\tau \geq (1/T) \sum_i j_i dX_i,$$

где j — потоки энергии различных субстанций (массы вещества при диффузии, тепла при теплообмене, заряда при электротоке и т. п.), X_i , dX_i — энергоэнтропийные движущие силы (удельные разности концентраций, разности температур, разности электрических потенциалов и т. д.).

Л. Бриллюэн, основываясь на 2-м законе, виды энергии по ценности делит на три категории: А) механическая и электрическая, Б) химическая, В) тепловая. Наиболее ценны виды энергии А, которые способны полностью превращаться в виды Б и В. Химическая энергия занимает промежуточное положение из-за тепловых эффектов, сопровождающих химические реакции.

Возрастание энтропии приводит к постепенной деградации энергии, которая последовательно переходит все ниже — из класса А в класс Б и далее в класс В.

Во всякой изолированной системе энтропия возрастает, а неэнтропия убывает. Следовательно, неэнтропия характеризует качество энергии, а 2-й закон выражает закон деградации, обесценения, снижения уровня энергии. Поэтому система, способная производить механическую или электрическую работу, должна рассматриваться как источник неэнтропии (сжатая пружина, поднятый груз, заряженный электроаккумулятор и т. п.).

В неживой природе, где действует 2-й закон, понятие ценности связано с инертной материей, или, точнее, с энергией. В других областях «ценность», по-видимому,

можно определить независимо, но и в большинстве таких случаев она подчиняется закону естественной убыли.

Как уже говорилось раньше, из 2-го закона следует, что в состоянии полного равновесия системы с окружающей средой ее энтропия достигает максимального значения

$$S = S_{\max}.$$

После этого система не может как-либо изменяться — функционировать, развиваться.

Поскольку энтропия в состоянии равновесия системы, достигнув максимума, больше не изменяется, скорость ее возрастания в этом состоянии равна нулю

$$\Delta S/\tau = 0.$$

Однако в некоторых случаях достижению системой равновесного состояния препятствуют какие-то внешние условия (теплоизоляция холодильного шкафа, герметизация баллонов со сжатым газом и т. п.). Тогда она приходит в состояние *стационарно неравновесное*, характеризующееся минимальным значением скорости возникновения энтропии при данных внешних условиях

$$\Delta S/\tau = (\Delta S/\tau)_{\min}.$$

Это положение было впервые сформулировано в 1947 г. И. Пригожиным и названо *принципом минимума возникновения энтропии*.

В уточненном виде, позволяющем применять этот принцип для решения ряда задач, он формулируется так: *из всех устойчивых стационарных состояний системы, допускаемых граничными условиями, законами переноса и сохранения, а также 2-м законом, реализуется состояние с минимальным производством энтропии*. В такой форме этот принцип приобретает смысл принципа максимально возможного сохранения структуры системы в неравновесном состоянии.

3-й закон энергоэнтропики — закон уменьшения энтропии открытых систем при прогрессивном развитии:

энтропия открытых систем в процессе их прогрессивного развития всегда уменьшается за счет потребления энергии от внешних источников, т. е.

$$\Delta S_{\tau} < Q/T; \Delta S_{\text{стр}} < \Delta E/T_{\text{стр}}; \Delta S_{\text{инф}} < \Delta E/T_{\text{инф}}.$$

При этом энтропия систем, служащих источниками энергии и негэнтропии (например, Солнца), возрастает. В связи с этим можно сказать, что *любая упорядочивающая деятельность осуществляется за счет расхода энергии и роста энтропии внешних систем и без такового вообще происходить не может.*

Таким образом, этот закон как бы противоположен 2-му закону, но не противоречит ему, поскольку относится не к самопроизвольно изменяющимся изолированным системам, а к системам, над которыми производится та или иная организующе-упорядочивающая их деятельность.

4-й закон энергоэнтропии — закон предельного развития материальных систем:

материальные системы (природные, технические и др.) при прогрессивном развитии, т. е. при совершенствовании, достигают характерного для каждой совокупности внешних и внутренних условий предела, который можно выразить максимальным значением соответствующего вида негэнтропии ($-\Delta S^{\max}$). Это значение отсчитывается от некоторого нулевого или же максимального значения какого-то критерия эффективности развития или функционирования систем, например коэффициента полезного действия (кпд) — η ; при этом критерии практически всегда можно свести к отношению или полезно использованной энергии ко всей затраченной, или же достигнутого роста негэнтропии к затраченной энергии (или негэнтропии), т. е. негэнтропийному коэффициенту использования энергии (НКИЭ) ξ_S

$$\eta = \Delta E_{\text{пол}} / \Delta E_{\text{затр}}; \quad \xi_S = (-\Delta S) / \Delta E_{\text{затр}}.$$

Например, каждой конструкции тепловых двигателей — поршневой, турбинной, реактивной — соответствует свой предел развития, оцениваемый или совершенством конструкции-структуры через негэнтропию, или достижимым значением кпд, удельной мощности и т. д.

Этот закон, как мы увидим дальше, имеет важнейшее значение для оценки перспектив прогресса техники, производства и т. д., оценки предельных возможностей развития их отдельных направлений и объектов.

К этому закону примыкает и упоминавшаяся выше теорема В. Нернста, в соответствии с которой с приближением абсолютной температуры к нулю тепловая энтро-

пия системы также стремится к нулю $\lim_{I \rightarrow 0} S \rightarrow 0$, поскольку при этой температуре прекращается всякое движение молекул и система приобретает максимальную упорядоченность, т. е. $S=0$, или $(-S) = (-S)^{\max}$.

Эта теорема позволяет получить нулевую точку отсчета значений тепловой энтропии. Правда, на практике за таковую чаще принимают более близкое к реальным условиям значение S при 0° стоградусной шкалы Цельсия.

5-й закон энергоэнтропии — закон преимущественного развития, или закон конкуренции:

в каждом классе материальных систем преимущественное развитие получают те, которые при данной совокупности внутренних и внешних условий достигают максимального значения негэнтропии или максимальной энергетической эффективности (кпд, НКИЭ, удельной производительности, долговечности, надежности и т. п.).

В повседневной жизни мы всюду встречаемся с действием этого закона: чем более совершенна вещь и менее дорога в производстве, чем выше ее долговечность, надежность и экономичность (например, расход бензина автомобилем на 100 км пробега), тем с большей охотой она выпускается и приобретается. Конечно, мода и дефицит вносят свои коррективы в этот закон, но коррективы эти временны и имеют духовный, психологический характер, находясь за пределами чисто материальных понятий и оценочных критериев.

Саморазвивающиеся, несаморазвивающиеся и энтропийные системы

Поддающиеся энергоэнтропийным исследованиям системы можно подразделить по разным признакам на много классов. Мы остановимся на указанных в заглавии трех классах, поскольку они наиболее характерны для энергоэнтропии*.

Саморазвивающиеся системы представляют собой совокупность элементов, объединенных общим процессом

* Подробней см.: Фурман А. Е., Давыдов С. С. Критериум и прогресс в развитии материальных систем. М., 1978.

развития, совершающимся на основе внутренних противоречий и воспроизводящим необходимые для своей целостности условия. Воспроизведение этих условий может быть частичным, полным и расширенным.

К саморазвивающимся системам относятся галактики, звездно-планетные системы, Солнечная система, отдельные небесные тела, земная кора, органический мир как целое, человеческое общество и т. п.

Эти системы состоят обычно из *функциональных систем*, представляющих собой совокупность взаимодействующих элементов, объединенных общей функцией или специфической ролью в процессе саморазвития, например система водного обмена в атмосфере Земли. Переход функциональных систем из одного качественного состояния в другое, более высокое, осуществляется благодаря их связи с соответствующими саморазвивающимися системами.

Функциональные системы делят на два вида: 1) возникшие раньше данной саморазвивающейся системы и независимо от нее, но включенные в эту систему и подчиняющиеся определенной функции в процессе саморазвития (почва в биологической системе, природные элементы в общественной системе и т. п.); 2) формирующиеся вместе с саморазвивающейся системой как ее специфические элементы (производство, наука и т. п. в социальной системе; пищеварительная, кровеносная, нервная, опорно-двигательная и другие системы в организме животных и т. п.).

Несаморазвивающиеся системы развиваются за счет источников энергии и негэнтропии, находящихся в других системах. К ним относятся искусственные системы, например: вся техника, отдельные технические объекты и т. д.

Для деградирующих, или энтропийных, систем характерна тенденция возрастания энтропии, рассеяния вещества и энергии. К таким системам относятся, например, упавшие деревья, металлические конструкции, ржавеющие на свалках железного лома, химические элементы, подвергающиеся естественному распаду, и т. п.

Бывает, что одна и та же система обладает свойствами как функциональной, так и энтропийной системы, т. е. объединяет в себе две системы. Например, объект техники как устройство, машина — функциональная система, а как совокупность материалов, из которых она изготов-

ливается,— система энтропийная, подвергающаяся естественному распаду.

Все системы так или иначе связаны с саморазвивающимися системами, однако это не дает оснований распространять особенности саморазвивающихся систем на системы функциональные, что бывает причиной ошибок и идеалистических представлений.

Взаимосвязь между саморазвивающимися и несаморазвивающимися системами имеет как структурный, так и генетический характер.

В структурном отношении все несаморазвивающиеся системы либо входят в качестве элементов в саморазвивающиеся, либо выбрасываются в окружающую среду как конечные продукты, из которых впоследствии формируются новые саморазвивающиеся системы — растения и т. п.

В генетическом отношении саморазвивающиеся и несаморазвивающиеся системы представляют собой разные ступени существования одних и тех же систем. Иными словами, можно сказать, что всякая саморазвивающаяся система когда-то была несаморазвивающейся или выросла из несаморазвивающейся, как, например, живая природа из земной коры. Правда, не всякая несаморазвивающаяся система со временем превращается в саморазвивающуюся.

Функциональные системы, отторгнутые от саморазвивающихся, превращаются в энтропийные, которые изменяются в направлении энергоэнтропийного равновесия и полной деградации. Внутри же саморазвивающихся систем они взаимодействуют друг с другом, саморазвиваясь.

Все процессы саморазвития протекают с рассеянием вещества и энергии. Поэтому со временем саморазвивающиеся системы могут сократиться до таких размеров, при которых саморазвитие окажется невозможным, и они превратятся в энтропийные, порождающие при известных условиях саморазвивающиеся.

Таким образом, приведенная классификация позволяет относить к изолированным системам не только системы, не взаимодействующие с окружающей средой, но и системы, которые в этой среде не находят условий, достаточных для саморазвития. При этом они изменяются в направлении возрастания энтропии, вплоть до полной деградации и распада. Теоретически можно себе представить и такие изолированные системы, которые, обладая внутренними источниками развития и способностью

их воспроизводства, испытывают не регресс, деградацию, а, наоборот, прогресс и развитие в сторону уменьшения энтропии — роста негэнтропии. Правда, в земных условиях полностью соответствующих такому определению изолированных систем нет. Приближающийся к нему органический мир в целом пока в полной мере не может обеспечить себе круговорот тепла и света.

Развитие — сложный интегральный процесс, включающий и прогресс, и регресс, и круговороты.

Везде, где есть движение, должны быть и устойчивость, сохранение, покой, являющиеся не менее общими понятиями, чем движение. При этом устойчивость, равновесие, покой так же многообразны, как и движение, и имеют столь же различные формы. Покой в механическом движении отличается от химического равновесия, а устойчивость в живой природе иная, чем устойчивость в общественных явлениях. Различные материальные системы, таким образом, обладают разным движением, разной устойчивостью.

Саморазвитие систем в такой же степени не может происходить без постоянных круговоротов их элементов, как и без прогресса целого. Вообще *всякое развитие систем начинается там, где устанавливается круговорот их элементов*. Это положение особенно глубоко раскрыто К. Марксом в «Капитале» на примере анализа капиталистического производства, постепенно воспроизводящего не только свои важнейшие элементы, но и капиталистические производственные отношения. Человеческое общество вынуждено воспроизводить и природные элементы, иначе ему грозит экологический кризис — уничтожение «питательной» окружающей среды.

Итак, развитие как сложный интегральный процесс, свойственный материальным системам, включает в себя ряд элементов: сохранение систем и их изменчивость, рассеяние вещества и энергии и их использование, прогресс системы как целого и круговороты элементов, изменение на одном и том же уровне сложности, регресс и деградацию и т. п. Между всеми этими сторонами и элементами процесса развития существуют закономерные связи, характеризующие структуру процессов развития.

Однако идентичность структуры процессов развития не исключает специфических черт прогресса, регресса и круговоротов — циклов в конкретных саморазвивающихся и несаморазвивающихся системах.

Свободная энергия и максимальная работа

Как уже отмечалось, первые понятия и закономерности энергоэнтропии формулировались применительно к термодинамическим системам — газам и парам — «рабочим телам» тепловых двигателей. Для простоты начнем с этого и мы.

Удивительный факт, с которым мы сразу же столкнемся, — невозможность использования всей подведенной к рабочему телу энергии. Например, в автомобильном двигателе только 25—40% энергии топлива превращается в работу, остальная буквально «вылетает в трубу». Часть этих потерь объясняется несовершенством рабочего процесса, трением и теплообменом, но другая часть, называемая «связанной энергией», ни при каких идеальных условиях не может быть превращена в работу.

Заметив это, Р. Клаузиус в 1865 г., Ф. Массье в 1869 г. и Д. У. Гиббс в 1875 г. сформулировали понятие *свободной энергии системы*, которое стало широко известным из статьи Г. Гельмгольца (1882 г.) и получило название *термодинамического потенциала Гельмгольца*.

Свободная энергия системы $F = U - TS$ — это часть ее внутренней энергии U , которая может быть превращена в любую немеханическую работу W^* при постоянном объеме системы и постоянной температуре T , равной температуре окружающей среды. Такие процессы происходят в гальванических элементах, где химическая энергия превращается в электрическую работу, при фазовых превращениях и т. д. (т. е. когда механическая работа не совершается).

Внутренняя энергия систем состоит из двух частей $U = (U - TS) + TS$, из которых одну $F = U - TS$ можно превратить в работу, за что ее и называют свободной, а другую TS — нет, за что ее называют связанной.

На основании сказанного мы можем утверждать, что *максимальная работа*, которую система может совершить при постоянной температуре и постоянном объеме, должна быть равна уменьшению свободной, а не полной энергии системы $W_{\max}^* = -\Delta F = -\Delta U + T\Delta S$. Совершается максимальная работа только в идеальных, нереальных обратимых процессах.

Действительная работа, производимая системой в реальных, необратимых, процессах, всегда меньше максимальной на величину необратимых потерь тепла в окружающую среду $T\Delta S_n$, где ΔS_n — увеличение энтропии системы вследствие необратимости процесса:

$$W_d^* = -\Delta F - T\Delta S_n = -\Delta U + T\Delta S - T\Delta S_n < W_{\max}^*$$

В изотермически-изобарных (при постоянных температуре и давлении) процессах работа совершается за счет уменьшения *свободной энтальпии* — полной энергии системы, складывающейся из внутренней энергии U и внешней запасенной механической (упругостной) энергии pV , где p — давление окружающей среды (например, атмосферное), а V — объем системы. Свободную энтальпию называют также *потенциалом Гиббса*. Если обозначить энтальпию $I = U + pV$, то свободная энтальпия будет равна $G = I - TS$. В этих процессах, протекающих, например, в топливных элементах, при парообразовании и т. д., максимальная и действительная работы будут соответственно равны $W_{\max}^* = -\Delta G$;

$$W_d^* = -\Delta G - T\Delta S_n < W_{\max}^*$$

Величины свободной энергии и свободной энтальпии определяют, как мы видели, исходя из равенства температур системы и окружающей среды — из изотермичности процесса. Поэтому, как и энергия, эти потенциалы являются функциями состояния системы, т. е. их изменение в процессе не зависит от его характера, а определяется лишь разностью конечного и начального значений.

Однако в реальных условиях температура системы (например, продуктов сгорания в цилиндрах автомобильного двигателя перед расширением) и среды обычно различны. Поэтому в конце XIX в. француз Ж. Гюн и чех А. Стодола ввели новое понятие, учитывающее это различие, — *технической работоспособности* или *максимальной технической работы*, которую может совершить система при переходе из данного состояния в состояние равновесия с окружающей средой, включающее и выравнивание температур. В 1956 г. Р. Рант подобрал для этой величины название, созвучное «энтропии», — «эксергия», часть же, не превращающаяся в работу, была названа «анергия».

Закон Гюн — Стодолы гласит: *потеря эксергии из-за необратимости процессов равна произведению температуры*

окружающей среды на сумму приращений энтропии всех тел, участвующих в исследуемых процессах, — $T\sum\Delta S_{\text{нi}}$. Таким образом, эксергия зависит от температуры окружающей среды, а потому, строго говоря, не является функцией состояния системы, хотя ее условно и принимают за таковую.

Следовательно, если полная энергия идеальной системы складывается из свободной энергии и связанной энергии, то полная энергия реальных систем делится на эксергию и анергию. Из сказанного выше ясно, что в одних и тех же условиях эксергия всегда меньше свободной энергии, а анергия всегда больше связанной энергии.

Из 2-го закона следует, что во всех необратимых процессах эксергия уменьшается, превращаясь в анергию, а в обратимых процессах она остается неизменной. Значит, в отличие от энергии, которая, строго говоря, не может «расходиться» и «теряться» по закону сохранения ее (допускающего лишь переход энергии из одной формы в другую), эксергия, характеризуя запас работоспособности системы, по мере совершения последней работы или при протекании других необратимых процессов всегда уменьшается, расходуется. Это позволило ввести, например, *эксергетический коэффициент полезного действия двигателей* — отношение использованной для получения движения эксергии к подведенной и *теплообменных аппаратов* — отношение эксергии теплоносителя на выходе к его эксергии на входе. В результате получается, что в отличие от энергетического кпд, например автомобильных двигателей, равного 25—40%, эксергетический кпд достигает 80—90%, и, наоборот, у паровых котлов первый равен 92—96%, а второй — 50—60%. Эксергетический кпд лучше отражает действительную эффективность рабочего процесса, поскольку показывает, какая часть работоспособности продуктов сгорания была использована в двигателе для совершения работы, а в паровом котле — для получения пара с параметрами его входа в турбину, т. е., например, с температурой порядка 500 °С — в 4 раза более низкой, чем в автомобильном двигателе.

Эти достоинства эксергии сделали ее чрезвычайно популярной в последние годы в качестве критерия оценки эффективности тепловых машин и аппаратов. Однако иногда забывают, что *эксергетический баланс позволяет учесть потери лишь из-за необратимости процессов*, а это не всегда является главным. Так, при сравнении теоре-

тических циклов реальных тепловых машин, все процессы которых принимаются обратимыми, с идеальным обратимым циклом Карно (см. дальше) эксергетический КПД всех их равен 100%. При использовании же тепла для технологических нужд (плавки металлов, выпарки, сушки и т. п.) запас работоспособности теплоносителя — его эксергия — не имеет прямого значения.

Энергоэнтропика «движущей силы огня» — термодинамика

Днем рождения термодинамики, как уже говорилось выше, считается тот день 1824 г., когда вышла в свет работа С. Карно «Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу». Однако появление этого труда Карно, не содержавшего ни одной математической зависимости, осталось почти незамеченным. И только через 10 лет, после публикации сочинения «О движущей силе теплоты» члена-корреспондента Петербургской Академии наук Б. Клапейрона, мемуар Карно стал чуть ли ни сенсацией. Клапейрон «перевел» этот труд на математический язык, вскрыв его великое содержание. Он первым стал применять графический метод теоретического исследования работы тепловых машин. Например, величину работы газа он определял как площадь под кривой процесса в системе координат $p-v$, так как работа равна $W = p(v_2 - v_1)$, если p — давление постоянно (рис. 3), а v — удельный объем газа.

Напомним, что окончательное оформление термодинамики в особый метод и научную дисциплину произошло во второй половине XIX в. благодаря трудам В. Томсона, Р. Клаузиуса, Г. Гельмгольца, У. Ранкина, Д. У. Гиббса, Д. Максвелла, М. Планка и других ученых, которые дали ясное определение энергии, развили толкование закона сохранения энергии, ввели (Р. Клаузиус) понятие и термин «энтропия», установили закон ее

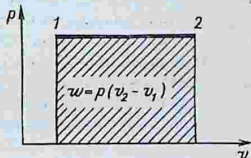


Рис. 3. Работа, совершаемая газом в процессе расширения при постоянном давлении

возрастания, разработали основной аналитический аппарат термодинамики, ряд методов и приемов его применения.

Познакомимся с принципами и сущностью классической термодинамики, с ее фундаментальными положениями.

Основные расчетные зависимости термодинамики получаются на базе балансовых уравнений 1-го закона — закона сохранения энергии и 2-го закона — закона постоянства энтропии в квазистатических процессах изолированных систем.

$$Q = \Delta U + W; \Delta S = 0, \Delta S = Q/T \text{ (при } Q \neq 0).$$

В качестве исследуемой системы рассматривается «рабочее тело» — газ, пар и т. п., с помощью которого энергия источника, подводимая в виде тепла, или же внутренняя тепловая энергия рабочего тела превращаются в механическую (или электрическую) работу.

Для упрощения зависимостей, допуская лишь небольшие погрешности, их сначала выводят для некоей условной системы — «идеального газа», объем молекул которого принимается равным нулю, а силы взаимодействия между ними пренебрежимо малыми. Параметры состояния такого газа связаны между собой простейшим уравнением состояния Клапейрона — Менделеева — $pv = RT$ (для 1 кг газа), где R — газовая постоянная — работоспособность 1 кг газа в процессе при постоянном давлении при изменении температуры на 1 град, измеряемая в Дж/кг · град. Двухатомные газы — кислород, азот и т. п. при комнатных температурах и близких к атмосферному давлении достаточно хорошо подчиняются этому уравнению, а трехатомные, например углекислый газ, приближаются к нему с повышением температуры и понижением давления. Для водяного пара уравнение состояния имеет сложный вид, поэтому с его помощью строятся диаграммы, которые более удобно применять при расчетах.

Важным свойством рабочего тела, широко используемым в термодинамике, является *удельная теплоемкость* c — количество тепла, необходимое для изменения температуры единицы количества вещества (килограмма, кубического метра и т. д.) на 1 град. Поскольку тепло можно подводить при постоянном давлении и при постоянном объеме, различают соответственно и теплоемкости — при

постоянном давлении c_p и при постоянном объеме c_v . Один из творцов закона сохранения энергии Р. Ю. Майер еще в 1842 г. установил связь между ними для идеальных газов $c_p - c_v = R$, отношение же их $\kappa = c_p/c_v$ называют «показателем адиабаты», поскольку уравнение кривой адиабатного процесса в системе координат $p - v$ имеет вид $pv^\kappa = \text{const}$.

Зная величину теплоемкости того или иного рабочего тела, легко подсчитать изменение его внутренней энергии $\Delta U = c_v \Delta T$, энтальпии $\Delta i = \Delta(u + pv) = c_p \Delta T$, подводимого (отводимого) тепла $q = c \Delta T$ в любом процессе.

Механическая работа — работа расширения газа — определяется как произведение величины силы P на путь точки ее приложения. Так, в поршневом двигателе газы (или пар) давят на поршень с силой $P = pF$ (p — давление газа, а F — площадь поршня), вследствие чего он перемещается на расстояние h . Отсюда величина работы $W = pFh = pV$. Однако только при постоянном давлении $W = p(V_2 - V_1)$ в других процессах приходится вычислять площадь под кривой, зависящей от характера процесса, как сумму бесконечно малых площадей, т. е. интеграл

$$W = \int_1^2 p dV.$$

Удельные величины внутренней энергии u , энтальпии $i = u + pv$, свободной энергии $f = u - Ts$ и свободной энтальпии $g = i - Ts$ (измеряемые в Дж/кг) называются *термодинамическими потенциалами*, так как они представляют собой величины удельной потенциальной энергии, которой обладает система в данном состоянии. Поскольку же с их помощью можно определить любые другие термодинамические характеристики системы, их называют также *характеристическими функциями*. Соотношение между ними таково: $i = u + pv = f + Ts + pv = g + Ts$.

Разность значений каждого из этих потенциалов в начале и конце обратимого процесса, протекающего при постоянной величине соответствующей пары термодинамических параметров, выражает полную работу, которая совершается рабочим телом в этом процессе за вычетом работы расширения, т. е., например, электрическую работу в топливном элементе; в необратимых процессах эта разность больше совершаемой работы. Так, в процессе

парообразования, когда p и T постоянны, g пара и жидкости одинаковы, разность же их энтальпий равна теплоте парообразования — работе дисгрегации, разделения молекул, а разность свободных энергий — совершаемой испаряющейся жидкостью работе расширения против внешнего давления p_0 ($v_2 - v_1$).

Из сказанного ясно, что в обратимых процессах термодинамические потенциалы остаются постоянными, а в необратимых — уменьшаются. Следовательно, *равновесие систем, наступающее в результате необратимых изменений, достигается при минимальном значении соответствующего потенциала* (и, как мы уже знаем, при максимальном значении энтропии данной системы).

Все задачи классической термодинамики могут быть решены с помощью четырех *дифференциальных уравнений термодинамики* в частных производных — «*соотношений взаимности*» между термодинамическими потенциалами и параметрами состояния. Эти соотношения выводятся с помощью уравнений 1-го и 2-го законов энергоэнтропии, выражаемых последовательно через u , i , f и g .

Для читателя, знакомого с началами дифференциального исчисления, мы приводим эти важнейшие четыре уравнения без вывода:

$$1) (\partial T / \partial v)_s = -(\partial p / \partial s)_v = \partial^2 u / \partial v \partial s;$$

$$2) (\partial T / \partial p)_s = (\partial v / \partial s)_p = \partial^2 i / \partial p \partial s;$$

$$3) (\partial s / \partial v)_T = (\partial p / \partial T)_v = -\partial^2 f / \partial v \partial T;$$

$$4) (\partial s / \partial p)_T = -(\partial v / \partial T)_p = -\partial^2 g / \partial p \partial T.$$

В термодинамике используется еще один *потенциал* — *химический*. Рассмотренные выше потенциалы зависят от количества вещества, т. е. являются экстенсивными величинами. К интенсивным величинам, помимо температуры, плотности, давления, вязкости и т. п., относится и химический потенциал, который фигурирует при исследовании открытых систем.

Если взять в m раз больше вещества, сохраняя интенсивные параметры постоянными, то термодинамические потенциалы тоже увеличатся в m раз. Но они имеют размерность энергии, следовательно, можно рассматривать изменение энергии системы не только при подводе или отводе тепла или совершении работы, но и при равновесном, обратимом добавлении настолько малого количества вещества dm , что S и V сохраняются постоянными.

Тогда (при $dS = dV = 0$):

$$dU = TdS - pdV + \mu dm = \mu dm.$$

Величину $\mu = (dU/dm)_{S, V}$ называют химическим потенциалом.

Когда постоянны T и p , для однокомпонентной однофазной системы постоянны и u , s , v . Можно доказать, что в этом случае химический потенциал равен свободной энтальпии $\mu = g$.

На основе этих исходных законов, понятий и зависимостей решаются все задачи теории тепловых машин — тепловых двигателей (поршневых, турбинных, реактивных и т. п.) и холодильных и теплонасосных установок, предназначенных для повышения или понижения теплового потенциала тела — температуры.

Проще и нагляднее решаются термодинамические задачи на изменение состояния систем (рабочего тела) из идеального газа.

В этом случае общее уравнение обратимых процессов при постоянной теплоемкости имеет простой вид: $pv^n = \text{const}$, где показатель $n = (c_n - c_p)/(c_n - c_v)$. Такие процессы называют *политропными*, приведенное уравнение — уравнением политропы, а n — показателем политропы; c^n — теплоемкость в данном политропном процессе.

Уравнения четырех характерных термодинамических процессов получаются из уравнения политропного процесса при соответствующих значениях показателя n ; в адиабатном процессе $n=k$; в изобарном $n=0$; в изохорном $n=\infty$; в изотермическом процессе $n=1$ (так как по уравнению состояния идеального газа получается, что при $T = \text{const}$ и $pv = RT = \text{const}$).

Анализ термодинамических процессов обычно производят для получения зависимости между параметрами и для определения количеств работы, теплоты, изменения энтальпии, внутренней энергии, энтропии. С этой целью совместно решаются уравнения 1-го и 2-го законов, уравнение состояния и уравнение процесса.

Так, например, во всех процессах изменение внутренней энергии и энтальпии выражается одинаковыми зависимостями

$$\Delta u = c_v(T_2 - T_1) \text{ и } \Delta i = c_p(T_2 - T_1).$$

Величина же работы вычисляется по разным формулам:

в адиабатном процессе $w_{q=0} = R(T_1 - T_2)/(k - 1)$;

в изобарном процессе $w_p = p(v_2 - v_1)$;

в изохорном процессе $w_v = 0$;

в изотермическом процессе $w_T = RT \ln(v_1/v_2)$, $w = q$.

Самым выгодным с точки зрения получения работы является изотермический процесс — в нем все подведенное к рабочему телу тепло превращается в работу. В изохорном процессе работа вообще не совершается.

Аналитический аппарат классической термодинамики, с которым мы кратко познакомились, позволяет исследовать любые процессы, протекающие в тепловых машинах, топливных элементах и т. д.

Рабочий процесс тепловых машин — двигателей и трансформаторов тепла — цикличен (см. рис. 2). Рабочее тело над поршнем в цилиндре, например, автомобильного двигателя после совершения работы в процессе расширения 1—А—2 должно быть возвращено в первоначальное состояние (на что надо затратить работу 2—В—1), чтобы затем снова совершить работу в процессе расширения. В реальном двигателе расширяются газообразные продукты сгорания бензина, а сжимается смесь засасываемого из атмосферы воздуха и бензина, которая затем зажигается от электрической свечи, сгорает, и процесс повторяется. Так совершается рабочий цикл двигателя. В термодинамике же для простоты условно принимают, что система — рабочее тело, совершающая такой замкнутый процесс, не изменяет своего состава, т. е. что ни выброса продуктов сгорания, отработавших в процессе расширения, ни всасывания свежей порции воздуха из атмосферы не происходит.

Одним из первых правильно описал термодинамический цикл тепловой машины — парового двигателя — Д. Папен в 1690 г. В 1824 г. С. Карно предсказал рабочий цикл другой тепловой машины — поршневого двигателя внутреннего сгорания, о котором только что шла речь. Этот цикл соответствовал четырем ходам поршня: 1 — всасывание воздуха; 2 — сжатие его, в конце которого подается и сгорает горючее; 3 — рабочий ход — расширение газообразных продуктов сгорания; 4 — выпуск их. Изобретатели не сразу осуществили этот цикл — в их машинах сначала отсутствовал ход сжатия, вследствие чего кпд первых ДВС был невысок (до 10—15%). С введением же хода сжатия кпд возрос до 25—40%, значительно превысив кпд паровых машин (до 10—15%).

На рис. 2 изображен произвольный политропный (т. е. состоящий из политропных процессов) тепловой цикл 1—А—2—В—1. В соответствии со 2-м законом для превращения тепла в работу необходимо иметь не менее двух *источников* тепла: горячий с температурой T_1 и холодный с температурой T_2 . Из подводимой от горячего источника к рабочему телу теплоты q_1 часть q_2 должна быть отдана холодному источнику. Следовательно, в работу превратится $w = q_1 - q_2$. Из уравнения 1-го закона для цикла, когда $\Delta u = 0$, получается тот же результат

$$q_1 - q_2 = \Delta u + w = 0 + w = w.$$

Для оценки эффективности циклов используется понятие *термического кпд* — отношение количества полученной работы w к количеству затраченной теплоты g_1 :

$$\eta_t = w/q_1 = (q_1 - q_2)/q_1 = 1 - q_2/q_1.$$

Мы рассмотрели случай, когда цикл совершается по часовой стрелке — *прямой цикл*. В прямых циклах теплота превращается в работу, т. е. это циклы двигателей.

Циклы же, совершающиеся против часовой стрелки, 1—В—2—А—1, называют *обратными*; это циклы тепловых трансформаторов — теплонасосных и холодильных установок. Здесь за счет затрат работы w теплота q_2 передается от холодного источника к горячему, в результате чего происходит охлаждение холодного источника и нагрев горячего (при их конечных размерах) и трансформация теплоты с низкого температурного уровня T_2 на высокий T_1 — как бы «перекачка» его «тепловым насосом». Цикл, осуществляемый с целью охлаждения, называют *холодильным*, а с целью нагрева — *теплонасосным*.

Критерии эффективности холодильного и теплонасосного циклов, несмотря на их одинаковое изображение, различны. Но в обоих случаях в отличие от термического кпд прямых циклов полезный эффект составляет не часть затраченной работы w , а превышает ее. Действительно, в зависимости от T_1 и T_2 (см. рис. 2) количество теплоты, отводимой от холодного источника q_2 может быть и меньше и больше затрачиваемой работы $q_2 \gtrless w$, а подводимой к горячему $q_1 = q_2 + w > w$. Поэтому для оценки эффективности обратных циклов применяют не понятие кпд < 1 ,

а понятие коэффициента использования энергии (КИЭ) ≥ 1 .

Для холодильных циклов холодильный коэффициент

$$\xi_x = q_2/w.$$

Для теплонасосных циклов — коэффициент теплоиспользования (или теплонасосный)

$$\xi_T = (q_2 + w)/w = q_2/w + 1 = \xi_x + 1.$$

Мы рассмотрели основные понятия, относящиеся к циклам тепловых машин. Каждый тип тепловой машины имеет цикл специфической конфигурации, но все они состоят из четырех процессов, предсказанных когда-то С. Карно для поршневых двигателей внутреннего сгорания.

Спрашивается, какая конфигурация циклов реальных тепловых машин позволит получить их максимальную эффективность?

Ответ на этот вопрос также был дан С. Карно в 1824 г. в его единственном научном труде, о котором говорилось выше.

Идеальный тепловой цикл при наличии двух источников тепла разной температуры $T_1 > T_2$ определяется очень просто. Будем рассуждать следующим образом. Идеальный, без потерь, т. е. обратимый, подвод теплоты к рабочему телу от источника неизменной температуры можно осуществить только изотермически при температуре T_1 , бесконечно мало отличающейся от T_1 , т. е. $T_1' \approx T_1$. Иначе процесс будет необратим, как противоречащий 2-му закону (без затраты работы нельзя передать тепло от холодного источника к горячему). Идеальный, обратимый, без потерь отвод теплоты от рабочего тела к холодному источнику с неизменной температурой T_2 можно осуществить также только изотермически при T_2 , бесконечно мало отличающейся от T_2 , т. е. $T_2' \approx T_2$.

Поскольку другие источники теплоты отсутствуют, переходы с температурного уровня T_1 на уровень T_2 и обратно возможны лишь по адиабатам — изоэнтропам. В результате и получается идеальный тепловой цикл двигателей и тепловых трансформаторов 1—2—3—4—1 (рис. 4) — цикл Карно, который состоит из четырех обратимых процессов: двух изотермических — подвода и от-

вода теплоты и двух адиабатных — перехода с одной изотермы на другую.

Поскольку количество тепла можно определить по формуле $q = T\Delta s$, то, подставляя соответствующие выражения q_1 и q_2 в полученные выше формулы кпд и КИЭ произвольного цикла, получим:

для тепловых двигателей, электрогенераторов и т. п.:

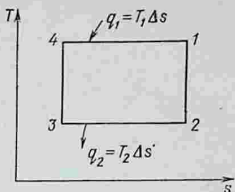


Рис. 4. Идеальный тепловой цикл Карно

$$\eta_{tk} = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{T_2 (s_2 - s_3)}{T_1 (s_1 - s_4)} = 1 - \frac{T_2}{T_1};$$

для термотрансформаторов:

$$\xi_{sk} = \frac{q_2}{w} = \frac{q_2}{q_1 - q_2} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{1}{(T_2/T_1) - 1};$$

$$\xi_{rk} = \frac{q_1}{w} = \frac{q_1}{q_1 - q_2} = \frac{T_1}{T_1 - T_2} = \frac{1}{1 - (T_2/T_1)}.$$

Из полученных выражений и методики их вывода следует, что эти критерии эффективности идеальных тепловых машин не зависят от свойств рабочего тела, используемого в них, а целиком определяются только температурами источников T_1 и T_2 .

Однако цикл Карно не осуществляется в реальных машинах. И не только потому, что реальные процессы необратимы. У каждой машины есть свои конструктивные особенности, препятствующие этому. В результате все они работают по циклам другой конфигурации и поэтому имеют более низкую эффективность, чем цикл Карно. Тем не менее, применяя различные усовершенствования, приближающие форму этих циклов к форме цикла Карно и увеличивающие разницу между температурами T_1 и T_2 , удается поднять их эффективность, хотя она все еще остается в 1,5—2 раза ниже, чем по предельному циклу Карно (табл. 3).

Предельный цикл Карно получается, если провести изотермы через точки максимальной и минимальной температуры, и адиабаты — через точки максимальной и минимальной энтропии действительного цикла.

Таблица 3

Значения действительных кпд — η_e и соответствующих кпд предельных циклов Карно — η_{lk} для основных преобразователей энергии

Двигатель, электрогенератор	T_1 , К	T_2 , К	η_{lk} , %	η_e , %
Паротурбинные двигатели	800	300	60—75	35—40
Газотурбинные двигатели	1200	400	67—70	25—35
Двигатели внутреннего сгорания (поршневые)	2500	600	75—78	35—40
Полупроводниковые электрогенераторы	1200	300	70—75	10—15
Термоэмиссионные электрогенераторы	2500	1000	60—65	15—20
Магнитогазодинамические электрогенераторы	3000	2000	33	5—7
МГД-установки с паротурбинными двигателями	3000	300	75	45—50

Термодинамика позволяет исследовать и рабочий процесс нетепловых преобразователей энергии — топливных элементов (и других), в которых химическая энергия реакции (например, соединения водорода и кислорода) непосредственно превращается в электрическую, минуя тепловой этап, как в электроаккумуляторных батареях (их кпд достигает 80% и более).

Получаемая в этом случае электрическая энергия будет равна уменьшению свободной энтальпии; изменение же энтальпии равно тепловому эффекту химической реакции при постоянном давлении. Тогда с учетом потерь вследствие необратимости процессов $T \sum \Delta s_n$ получим:

$$w_s = q_p + T \Delta s - T \sum \Delta s_n.$$

КИЭ топливного элемента — отношение полученной электрической энергии (работы) к затраченному теплу — составит

$$\xi_{\tau s} = w_s / q_p = 1 + T \Delta s / q_p - T \sum \Delta s_n / q_p.$$

Таковы принципиальные возможности энергоэнтропикки применительно к теории тепловых и близких к ним преобразователей энергии. Рассмотрим теперь, каковы эти возможности в других областях, и, прежде всего, — в теории информации.

Информация сквозь призму энергоэнтропии

Общежитейский смысл информации прост и ясен — это сведения о предметах и явлениях: что, где, когда. Газеты, радио, телевидение ежедневно информируют нас обо всем, научные журналы — о специальном.

Поскольку все предметы и процессы окружающего нас мира так или иначе взаимосвязаны, между ними неизбежно происходит обмен не только веществом и энергией, но и информацией. Самым существенным фактором в организации целостной системы, к какой бы категории эта система ни относилась (машины, организмы, общество), считает академик П. К. Анохин, является циркуляция в ней информации. Только благодаря непрерывному обмену информацией между отдельными частями системы может осуществляться их организованное взаимодействие, заканчивающееся полезным эффектом.

В информации находят отражение особенности организации взаимодействующих объектов: более организованные объекты способны извлекать из окружающей среды большую информацию, чем менее организованные, одновременно они сами служат источником большей информации.

При этом не следует забывать, что каждая система может быть охарактеризована бесконечным количеством свойств, а поэтому бесконечно и количество информации, которое в принципе может быть из нее извлечено. Таким образом, *информационная ценность системы зависит не от количества вообще заключенной в ней информации (оно бесконечно!), а от того, кто и как эту информацию использует.* Например, очень ценная математическая статья не содержит никакой информации для человека, в математике не разбирающегося или разбирающегося в ней, но в данный момент интересующегося не математикой, а поисками мастерской для ремонта своей автомашины.

Это создает большие трудности для измерения информации, и к настоящему времени разработана лишь формальная математическая теория передачи количества информации по каналам связи. Она исходит из представления об информации, как о степени снятой неопределенности, которую можно установить, например, выбором одного из двух решений.

Энергоэнтропийная основа информации была ясна специалистам еще до возникновения теории информации, историю которой принято обычно отсчитывать со дня выхода в свет в 1949 г. труда американского математика и инженера Клода Шеннона «Математическая теория связи».

Поскольку информацию относят к исследуемой системе, считая ее функцией состояния последней (а не к интеллекту, памяти человека, как иногда принято думать), *увеличение данных о системе означает уменьшение ее неопределенности*. Последнее же наводит на мысль о связи информации с вероятностью состояния системы, а следовательно, и с энтропией.

Один из первых шагов в этом направлении сделал еще в 1928 г. американский инженер-связист Р. Хартли. Он предложил измерять степень неопределенности опыта с A различными результатами величиной $\log A$. Эта мера была удобной для решения некоторых практических задач передачи сообщений по линиям связи, но в других случаях оказывалась мало показательной, поскольку не учитывала различие между характером результатов (почти невероятному результату придавалось примерно такое же значение, как и весьма вероятному). Хартли считал, что различия между результатами должны определяться в первую очередь факторами психологического характера, а потому должны учитываться психологами, а не инженерами и математиками.

Следующий шаг в определении зависимости между энтропией и информацией был сделан столь же давно — в 1929 г. Лео Сциллардом, но его работа не была понята должным образом.

Поэтому К. Шеннон в 1949 г., по существу, заново установил эту зависимость, хотя и подразумевал под энтропией соответствующую величину со знаком «минус». В 1956 г. Л. Бриллюэн обратил на это внимание и предложил для «энтропии Шеннона», т. е. энтропии со знаком «минус», название «негэнтропия». Он же ввел «негэнтропийный принцип информации», который накладывает новые ограничения на физические эксперименты и не зависит от известного соотношения неопределенности квантовой механики. Сущность этого принципа соответствует 3-му закону энергоэнтропики — *с ростом информации о системе увеличивается негэнтропия, энтропия же есть мера недостатка информации*. Любое наблюдение или экспе-

римент над физической системой автоматически ведет к увеличению энтропии лаборатории. Поэтому эффективность эксперимента можно определять как отношение полученной информации к связанному с ней увеличению энтропии (или к затраченной для этого и рассеянной энергии), и она всегда меньше единицы. С другой стороны, в соответствии с 2-м законом энергоэнтропии в изолированной системе негэнтропия и информация стремятся к минимуму, а энтропия и «негинформация» к максимуму, т. е. совершенно так же, как и во всех других неорганических системах.

Таким образом, если некоторая макросистема наподобие газа находится при температуре близкой к абсолютному нулю, то $\ln A = 0$, а энергоэнтропийная вероятность $A = 1$. В этом случае данное макроскопическое состояние системы может быть реализовано только одним микроскопическим способом, так как каждая молекула занимает вполне определенное положение, поскольку скорость ее равна нулю. Это предельное состояние соответствует кристаллическому состоянию химически однородного тела, при котором количество информации о теле максимально.

Другой крайний случай — идеальный газ, заключенный в сосуд с адиабатическими стенками и находящийся в состоянии энергоэнтропийного равновесия. Здесь можно лишь вычислять степень незнания системы, т. е. число микросостояний A , позволяющих получить данное макросостояние. Следовательно, информация о макросостоянии тем меньше, чем больше A , а значит, и энтропия S , имеющая в состоянии равновесия, как мы уже знаем, максимальное значение. Поэтому можно записать следующее выражение, связывающее информацию I с энтропией и негэнтропией S_n :

$$I = K \ln A = -S = S_n,$$

где K — постоянная, в общем случае не равная постоянной Больцмана в аналогичной формуле энтропии. Если же условиться измерять информацию в единицах негэнтропии S_n , т. е. принять $K = k = 1,380 \cdot 10^{-23}$ Дж/град, то I и S_n станут тождественными.

В теории информации условились принимать основание логарифма вероятности равным 2, что существенно упрощает рассуждения, так как при этом ставится

задача выбора решения «да» — «нет» — двоичного, или бинарного (по англ. — binary digit *, сокращенно bit, т. е. бит). Бит принят в качестве единицы измерения количества информации. Например, путник стоит у развилки дороги, не зная, куда идти дальше, чтобы дойти до поселка А. Встречный прохожий указывает на правую дорогу. Неопределенность устраняется путем выбора одной из двух дорог. Указание прохожего оценивается в 1 бит. Если же путник, для того чтобы попасть в поселок А, должен сделать еще два выбора, сначала выбрать левую, а потом — правую дорогу, то ему для достижения поселка А придется сделать всего три выбора, т. е. получить информацию величиной в 3 бита. Приятель из поселка А, к которому направляется наш путник, мог заранее передать информацию о пути следования по телефону или телеграммой в виде сочетания букв ПЛП (правая, левая, правая), или, обозначив П-1, Л-0, в виде числа 101. Количество переданной информации при этом равнялось бы 3 бит. В сочетании букв ПЛП или в числе 101 нет ни путника, ни дороги, ни поселка А, но в них есть полная информация — указание маршрута следования. Математическая теория информации и позволяет подсчитывать в битах количество информации, содержащейся в том или ином сообщении.

Работы К. Шеннона вследствие их общего характера оказали большое стимулирующее влияние на все исследования, относящиеся к передаче и сохранению какой бы то ни было информации в технике: линиями, по которым передается информация, могут быть не только телеграфные и телефонные провода или среда, проводящая радиосигналы, но и нервы, по которым передаются сигналы (и энергия!) от органов чувств к мозгу и от мозга к мускулам, или те, почти совсем еще не исследованные пути, которыми от зародышевой клетки передаются указания о построении живого организма.

Рассмотрим детальнее связь между энтропией и информацией.

Пусть какая-то система имеет A_0 различных состояний с одинаковыми вероятностями, т. е. $1_0 = 0$. Для уменьшения числа состояний с A_0 до A_1 требуется информация I_1 ; тогда логарифм отношения A_0/A_1 есть мера I_1 , т. е. $I_1 = K \ln(A_0/A_1)$. В ситуации, когда $A_1 < A_0$,

* Двоичный разряд.

$I_0 = 0$ и $I_1 \neq 0$, соответствующие значения энтропии будут $S_0 = k \ln A_0$ и $S_1 = k \ln A_1$. Очевидно, что в такой схеме система не изолирована — энтропия убывает с получением информации, уменьшающей число микросостояний, и эта информация должна поступать от внешней системы, энтропия которой будет возрастать. Тогда можно записать:

$$I_1 = K(\ln A_0 - \ln A_1) = S_0 - S_1 \text{ или } S_1 = S_0 - I_1.$$

Мы получили соотношение, выражающее уже известный негэнтропийный принцип информации, или 3-й закон энергоэнтропии, в приложении к информации. В соответствии с этим законом информация и энтропия могут взаимопревращаться.

Если же систему изолировать, то согласно 2-му закону при любой ее дальнейшей самопроизвольной эволюции $\Delta S_1 \geq 0$ или $\Delta(S_0 - I_1) \geq 0$.

Возрастание энтропии может произойти за счет любого слагаемого: S_0 или I_1 или их обоих одновременно. Когда система изолирована и предоставлена самой себе, то она, естественно, стремится к наиболее вероятной средней структуре, соответствующей физическим условиям, зависящим от некоторых макроскопических параметров (объем, энергия, химическое строение и т. д.).

Таким образом, система может быть переопределена в начальных условиях, соответствующих энтропии S_0 . Величина переопределения равна дополнительной информации $I_1 = S_0 - S_1$.

Можно уточнить ряд микроскопических параметров, изменение которых нельзя проследить в подробностях. Например, можно построить систему из некоторых известных количеств химических соединений, но затем они вступают в реакцию и химический состав системы будет с течением времени изменяться. При этом не будет возможности наблюдать детали ее химического строения. Подобного рода переопределение структуры может содержаться как в слагаемом S_0 , так и в слагаемом I_1 , и общее возрастание энтропии иногда трудно разделить между ними.

Интересен случай, когда S_0 соответствует общей структуре, получаемой в результате свободной эволюции изолированной системы, так что S_0 не переопределена. В этой задаче S_0 остается постоянной, и выражение $\Delta(S_0 - I_1) \geq 0$ сводится к $\Delta I_1 \leq 0$, а через негэнтропию —

$\Delta S_{n1} \leq 0$ и $\Delta(S_{n0} + I_1) \leq 0$ (если начальное состояние не переопределено). Пользуясь негэнтропией как мерой ценности энергии, получим 2-й закон, или принцип деградации энергии. Символически его можно выразить через равенство $\Delta(S_{n0} - I_1) = 0$ для обратимых процессов и неравенством $\Delta(S_{n0} - I_1) \leq 0$ — для необратимых.

Таким образом, если энтропия есть мера трудности возврата системы в первоначальное состояние, то негэнформация — мера трудности познания микросостояния системы. Но первую можно объяснить второй — из-за незнания положения и скоростей элементов системы надо затратить энергию для ее упорядочения.

Помимо энтропии и энергии, в теории информации применяются и другие понятия энергоэнтропики: температура T характеризует уровень «теплового шума» (помех), нарушающего передачу информации; теплота $Q = T\Delta S$ участвует в процессах в различной форме; работа $W = T\Delta I$ затрачивается на извлечение и передачу информации и т. п.

Правда, определить все эти специфические характеристики — тепловой шум, энергию, затрачиваемую, например, автором текста, докладчиком и т. п., — довольно сложно. Однако эти и многие другие задачи успешно решаются с помощью статистических методов. Более того, разработана даже система универсальной энергоэнтропики — «термодинамики», основанная на теории информации. Автором ее является американский математик М. Трайбус*, который, в свою очередь, опирался на работу Э. Т. Джейнса «Теория информации и статистическая механика», изданную в 1957 г.

В заключение напомним, что в изменениях, происходящих в предметах и явлениях в процессе развития, наблюдаются две тенденции: стремление к усложнению организации и одновременно — к упрощению. Тенденция к усложнению равносильна накоплению информации, а тенденция к упрощению означает уменьшение информации и накопление энтропии. Хотя развитие — это одновременно и усложнение и упрощение формы организации, ведущей все же является тенденция усложнения, т. е. накопления информации, или возрастания негэнтропии (всегда за счет расхода энергии).

* См.: Трайбус М. Термостатика и термодинамика. М., Энергия, 1970.

Энергоэнтропике подвластна и кибернетика

Кибернетика — наука об общих закономерностях и характеристиках управления и информационной связи в живых системах, технике и обществе, основывающаяся на общих законах получения, хранения и преобразования информации. Поскольку в предыдущем разделе была показана связь энергоэнтропике и теории информации, теперь ясно, что последняя служит как бы «мостом», соединяющим энергоэнтропике с кибернетикой. Более того, при желании и необходимости кибернетика с языка «сигналов» может быть целиком переведена на энергоэнтропийный язык. Остановимся сначала на основных понятиях и принципах кибернетики, чтобы легче было показать каналы, соединяющие ее с энергоэнтропикой.

Итак, кибернетика — наука об оптимальном управлении и связи. Ее предмет — общая теория управления.

Управление, как и работа тепловой машины, представляет собой замкнутый процесс — цикл (рис. 5). Этот цикл совершается в замкнутом контуре, по которому циркулирует информация. Контур состоит из органа управления, каналов прямой связи и каналов обратной связи.

Управляющие воздействия (команды в виде различных сигналов) представляют собой информацию о том, что надлежит сделать объекту управления. Это *командная информация*. Сведения о состоянии объекта и другие данные, поступающие от него к органу управления, называют *информацией состояния*. Следовательно, управление — это совокупность процесса сбора, обработки, преобразования и передачи информации для осуществления целенаправленных действий. Любую неживую или живую систему, осуществляющую эти процессы, называют «кибернетической машиной»; она включает исполнителя, источник (накопитель) энергии, источник и приемник сигналов, систему передачи сигналов от источника к исполнителю.

В начальном состоянии такая машина полна неопределенности, и энтропия ее имеет максимальное значение. Как только машина начинает работать, естественно, потребляя энергию, в нее поступает информация, которая все больше уменьшает неопределенность и разнообразие, делает поведение системы предсказуемым, — энтропия

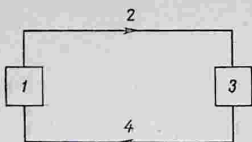


Рис. 5. Кибернетический контур — цикл управления:

1 — орган управления: переработка информации состояния в командную информацию; 2 — канал прямой связи: командная информация; 3 — объект управления; 4 — канал обратной связи: информация состояния

уменьшается. Эта особенность — поступление информации — и позволяет управлять «кибернетизируемыми» системами. Информация уничтожает разнообразие, а уменьшение разнообразия является одним из главных методов регулирования. Наличие «шума» в системе, т. е. помех при передаче сигналов информации, ведет к увеличению разнообразия, а следовательно, и неопределенности (энтропии!), не увеличивая содержания информации.

Если энтропия системы имеет тенденцию к возрастанию, машина «деградирует», т. е. становится менее дифференцированной.

Это положение справедливо как для энергоэнтропийных систем, так и для кибернетических машин. Если же требуется, чтобы машина не деградировала, то в нее необходимо ввести дополнительную информацию — негэнтропию (за счет затраты энергии), ибо естественным поведением любой системы, обладающей способностью изменять свои вероятностные характеристики, является увеличение энтропии, а следовательно, потеря информации.

В кибернетике в качестве единицы информации, передаваемой по контуру, также используется бит. Например, если условная словесная «кибернетическая машина» имеет форму сообщения «вход запрещен», то, чтобы измерить количество информации, содержащееся в этом сообщении, условно принимают, что каждое из 13 мест должно быть заполнено одной из 34 букв алфавита (считая пропуск за букву) — $I_{\Sigma} = 13 \log_2 34$ бита (всего) или $I = \log_2 34$ бита на место.

Обобщая, можно выразить число возможных выборов (в данном случае 34) на место в виде дробной вероятности ($1/34$), обозначаемой A_i для i -го места. Тогда обобщенное выражение среднего содержания информации на одно место будет иметь вид

$$I = - \sum_i A_i \log_2 A_i = -S.$$

Оно называется *энтропией выбора*. Энтропия выбора дает возможность определить тенденции поведения системы на различных интервалах времени, а также сравнить эффективность кибернетических машин, оцениваемую числом «двоичных переключателей», которое требуется для построения каждой машины.

Наивыгоднейшими считаются те машины, которые для достижения одинаковой цели используют минимальное количество информации, принимаемое за «абсолютный стандарт». Все остальные машины того же назначения страдают *избыточностью информации*. Например, промышленные системы управления отличаются большой избыточностью. Ряд других систем с одинаковым образом обладает тенденцией к увеличению энтропии. Это объясняется тем, что они плохо запроективаны и не способны сохранять вложенную в них дифференциацию, которую система как бы теряет.

Так в общих чертах выглядит энергоэнтропика кибернетики. Однако между управлением и превращением энергии имеется и непосредственная связь — *управление сводится к изменению потока энергии того или иного вида в различных системах*. Поскольку интенсивность потока энергии есть мощность, то и соответствующие характеристики систем называют мощностными. С их помощью можно дать теоретическое описание систем, позволяющее изучить взаимодействие элементов системы, выбрать методику расчета и определения оптимальных режимов функционирования, а значит, и оптимального управления.

Для осуществления управления потоком энергии всегда необходимо меньшее количество энергии, чем то, которым управляют. Если бы это было не так, то управление было бы невозможно. Любое управляющее устройство имеет в своем составе «клапан», который открывает или закрывает путь большому количеству энергии и который требует для своего «срабатывания» сравнительно малого усилия. Все устройство подобного рода можно рассматривать как усилители, которые получают на «вход» слабое воздействие и дают на «выходе» соответствующее действие большой силы, для чего энергия черпается из постороннего источника.

Исходя из этого и активное воздействие человека на природу, т. е. труд, можно рассматривать как управление энергетическими потоками внешней природы, причем

источником энергии для этого служит сама природа, а трудовая деятельность совершается только тогда, когда энергии получается, накапливается больше, чем затрачивается. Например, древний человек, целенаправленно расходуя в сутки примерно 10 тыс. кДж мышечной энергии, в результате получал у природы не менее 20 тыс. кДж.

Такой механизм обмена возможен в том случае, считает П. Г. Кузнецов, если внутри человеческого организма имеется логическое управляющее устройство, которое работает примерно по следующей программе:

- 1) «запоминает» физическую последовательность мышечных движений;

- 2) «вычисляет» полную величину затрат энергии на них;

- 3) «запоминает» последовательность результатов воздействия на природу;

- 4) «вычисляет» эффективность трудового процесса — среднее отношение полученного результата к затратам на него;

- 5) производит «логическую операцию»: принимает программу последовательности движений, если эффективность выше средней, и отвергает ее, если ниже.

По такой программе в принципе можно построить работа, который будет совершенствовать свою деятельность, непрерывно повышая среднее отношение результата к затрате. И вообще действие любого устройства, которое ведет активный поиск оптимального режима управления, описывается подобной программой и имеет конечной целью экономию расходования энергии.

Следовательно, *общественная деятельность людей в процессе производства есть неэквивалентный обмен энергией с природой, в результате которого должен увеличиться энергетический бюджет общества (или, соответственно, негэнтропия).*

Из сказанного ясно, что и для кибернетики более естествен и показателен не информационный подход, выражающийся в изучении и описании вопросов генерирования, преобразования и использования *сигналов* для целенаправленных действий, а энергоэнтропийный, опирающийся на количественные и качественные показатели *потоков энергии и энтропии*. Это позволяет оценить энергоэнтропийную эффективность кибернетических «машин» — главный критерий их эффективности.

В качестве последнего можно использовать отношение роста негэнтропии к затратам энергии или, по Л. Бриллюэну, отношение роста негэнтропии, т. е. полученной информации, к увеличению энтропии во внешних системах, откуда черпалась энергия.

Энергоэнтропийная картина жизни

Жизнь существует за счет постоянного притока из окружающей среды энергии, вещества и информации.

Попытки объяснения биологических процессов с помощью энергии и энтропии начали предприниматься сразу же после установления законов сохранения энергии и возрастания энтропии — в конце XIX— начале XX в. Среди первых естествоиспытателей, выступавших с подобными объяснениями, можно назвать Р. Ю. Майера, В. Томсона, Г. Гельмгольца, С. А. Подолинского, Л. Больцмана, Н. А. Умова, В. Оствальда, К. А. Тимирязева и других.

В 1934 г. академик В. И. Вернадский отмечал, что в истории идей, относящихся к энергетике жизни, можно обнаружить, что ряд мыслителей, ученых и философов приходили самостоятельно к почти одинаковым представлениям, но, правда, не разрабатывая их углубленно.

На энергетическое отличие живого и мертвого указывали Майер, В. Томсон и Гельмгольц, но их идеи не были должным образом поняты, оценены и развиты, хотя позже они стали все шире проникать в науку.

Нельзя не отметить здесь важные разработки С. А. Подолинского (1850—1891), украинского марксиста, получившего физико-математическое образование в Киевском университете и медицинское — во Вроцлавском, встречавшегося в 1872 г. с К. Марксом. Подолинский еще в 1880 г. утверждал, что в растениях совершается работа по «подъему» части солнечной энергии с низшей ступени на высшую, а вся механическая работа в организме животных имеет своим началом энергию, «сбереженную растениями в пище в виде химической энергии». Причем он отмечал, что только часть этой энергии может быть превращена во внешнюю работу в процессе труда. Он считал, что организмы выживают в борьбе с неорганической природой, если у них запас «превратимой энергии» больше, чем в неорганических веществах вокруг.

В 1886 г. Л. Больцман в докладе о втором законе говорил, что *всеобщая борьба за существование живых существ — это борьба за энергию*, которую можно использовать при переходе энергии от Солнца к Земле. Для использования этой энергии растения распускают «неизмеримо огромную поверхность своих листьев» и заставляют солнечную энергию, «прежде чем она упадет до уровня температуры земной поверхности», выполнять химические синтезы, о которых в лабораториях того времени еще не имели никакого понятия. Продукты этой химической кухни являются предметом борьбы в мире животных.

Интереснейшие мысли неоднократно высказывал по этому вопросу крупнейший русский физик Н. А. Умов. Так, в 1901 г. на XI съезде русских естествоиспытателей и врачей он выступил с докладом «Физико-механическая модель живой материи», где особое внимание уделил «стройности» — упорядоченности, как «необходимому признаку живой материи».

Н. А. Умов говорил, что *эволюция живой материи в общих чертах увеличивает количество и повышает качество упорядоченности в природе (т. е. происходит в соответствии с 3-м законом энергoэнтропикки — негэнтропия растет)*. По отношению к человеку эволюция выражается в том, что он «вводит в круг своих стройностей растительное и животное царство, в своих орудиях и машинах распространяет эти стройности на неорганическую материю и борется во имя этих стройностей со случайным порядком событий в природе».

Высшие формы упорядоченности, по Умову, могли возникнуть в природе только с помощью таких приспособлений, которые давали бы возможность оберегать среди случайностей «самую нить стройности». К таким приспособлениям он относит органы чувств, память, психику и утверждает, что *«закон роста энтропии имеет громадное значение в осуществлении этих приспособлений»*. И здесь он подходит к кибернетическим понятиям, выражаемым энергoэнтропийным языком. Энергия, говорит он, пробегающая от наших органов чувств к центральным частям нервной системы, должна затухнуть, т. е. излучиться, но должна в то же время оставить след. Такой след на языке физики есть запись энтропии (теперь бы мы сказали — информации), и механизмы, осуществляющие наиболее упорядоченные движения, представляют собой «*памятные книжки энтропии*». Записи энтропии, накапливаясь, сохра-

няют свою раздельность, они образуют память, основу психической деятельности. *«Вне закона энтропии психическая деятельность была бы невозможна»*. В нервной материи остаются следы, способные производить отбор или сортировку, которые могут быть и физическими и химическими. Приспособления сортировки в этом последнем случае будут образованы веществами, способствующими возникновению определенных химических реакций, или катализаторами.

В конечном итоге Н. А. Умов приходит даже к выводу о существовании, помимо 1-го и 2-го законов энергоэнтропии, 3-го закона, выражающего специфические функции живой материи, функции саморазвивающихся систем. Он пишет: «Все акты материи, способной к стройным движениям и снабженной физико-химическими приспособлениями отбора, представляются стороннему зрителю сознательными актами. Отбор есть орудие борьбы с нестройностью, с ростом энтропии: это сортирующий демон Максвелла*, наблюдающий и отбирающий молекулы по своему усмотрению. Отбор включается в понятие стройности. Мы имеем два закона термодинамики, управляющих процессами природы; мы не имели закона или понятия, которое включало бы процессы жизни в процессы природы. Существование в природе приспособлений отбора, восстанавливающих стройность и включающих в себя живое, должно, по-видимому, составить содержание третьего закона» (курсив мой.— Г. А.).

Великий русский биолог К. А. Тимирязев тоже не обошел вниманием энергоэнтропийную сущность жизни. Так, в 1903 г. в лекции «О космической роли растений», прочитанной в Лондоне, он говорил, что зерно хлорофилла является тем фокусом, той точкой в мировом пространстве, в которой *«живая сила» солнечного луча, превращаясь в «химическое напряжение», слагается, накапливается для того, чтобы впоследствии исподволь освобождаться в тех разнообразных проявлениях движения, которые нам представляют организмы как растительные, так и животные*. Вопрос о космической роли растений, по К. А. Тимирязеву, является «какой-то пограничной областью между двумя великими научными обобщениями прошлого века, связанными с именами лорда

* См. подробнее: Алексеев Г. Н. Энергия и энтропия. М., Знание, 1978.

Кельвина и Чарлза Дарвина,— между учением о рассеянии энергии и учением о борьбе за существование» (курсив мой.— Г. А.).

В том же 1903 г. в русском переводе выходит курс лекций известного ученого, однако и главного апологета «концепции» об исчезновении материи и замене ее энергией — «энергетизма» В. Оствальда «Философия природы». С энергетических позиций он рассматривает не только физико-химические процессы в живых организмах, но и нервно-психические, духовные и т. п. В его рассуждениях много наивного и ошибочного, но сам энергетический подход к изучению живой природы для того времени был прогрессивным.

С 1905 г. попытки энергоэнтропийного изучения жизни делаются в ряде работ немецкого физика Ф. Ауэрбаха. В 1911 г. он обобщил их в работе «Энтропизм или физическая теория жизни», где вводится новое для того времени понятие «эктропия», равноценное отрицательной энтропии, или негэнтропии, и жизнь рассматривается как процесс извлечения эктропии из окружающей среды, т. е. вполне современно. Однако другие его суждения страдают повышенной претенциозностью и малой обоснованностью.

Подобных примеров приложения относительно недавно открытых законов сохранения энергии (1845—1847 гг.) и возрастания энтропии (1856—1865 гг.) к живой материи можно привести много. Однако дальше приведенных общих высказываний разработка этого направления не продвинулась. Вероятно, это объясняется отсутствием новых научных данных в биологии и ограниченностью метода равновесной термодинамики, а также неблагоприятными общественно-политическими условиями того времени.

Можно остановиться еще на «машинном направлении», в соответствии с которым живые организмы рассматривались как некие особые «машины», действующие по законам термодинамики... Академик А. И. Опарин предостерегает против такого упрощенчества. Он пишет, что различие между организмами и машинами отчетливо является и в их вещественной природе, в том, что живые существа, по выражению Ф. Энгельса, являются «белковыми телами», и в поточном характере организации протоплазмы (основная же конструкция машин статична),

и в характере энергетики, в методах «преодоления организмов энтропии» и т. д. Особое внимание он обращает на то обстоятельство, что проводимая механицистами аналогия между организмами и машинами ни в какой мере не может объяснить именно того, что она призвана объяснить, — целесообразности организации живых существ, приспособленности их строения к выполнению определенной работы. Жизнь может быть познана лишь как особая форма движения материи, возникшая на определенном этапе ее развития.

Дальнейшее развитие энергоэнтропийного направления в биологии связано с именами советского биолога Э. С. Бауэра, посвятившего этой проблеме свой основной труд «Теоретическая биология», изданный в 1935 г., и австрийского физика Э. Шредингера, в 1943 г. прочитавшего на эту тему в Тринити-колледже в Дублине лекции, которые в 1945 г. были изданы в Великобритании, а в 1947 г. — в СССР под названием «Что такое жизнь с точки зрения физики?». Если первая работа прошла почти незамеченной, то вторая наделала много шума. Причиной последнего было прежде всего громкое имя автора, прославившегося трудами в области квантовой механики и вдруг обратившегося к совершенно чуждой ему области — биологии. Немалую роль здесь сыграла и обстановка — окончание почти шестилетней кровопролитнейшей мировой войны, за время которой человечество устало от жестокости, бездуховности и жаждало свежей творческой «мирной» мысли. По существу же в книге Э. Шредингера не содержалось особо новых утверждений.

Наконец, в 1965 г. советский биофизик К. С. Тринчер в книге «Биология и информация, элементы биологической термодинамики» применил к биологии принципы феноменологической термодинамики необратимых процессов, что позволило получить ряд закономерностей, управляющих функционированием живой материи.

С этими разработками энергоэнтропикки живых организмов мы кратко и познакомимся.

Жизнедеятельность организмов — это сложная система окислительных и восстановительных реакций, в основе которых лежит перенос электронов. Поток электронов, вызванный фотонным излучением Солнца, сохраняется в результате их строго упорядоченного перемещения в малых системах — организмах, клетках, частях

клеток, особенно в митохондриях *. *Энергетический цикл жизни*, пишет специалист в области биоэнергетики А. Сент-Дьердь, «состоит в том, что электроны сначала поднимаются на более высокий энергетический уровень фотонами, а затем в живых системах падают обратно на свой основной уровень, отдавая при этом порциями свою избыточную энергию, которая приводит в действие всю машину жизни» (курсив мой.— Г. А.).

Поэтому жизнь может осуществляться лишь с помощью веществ, способных воспринимать фотоны, переводить их энергию в энергию электронного возбуждения с относительно длительным временем возбуждения — хлорофиллсодержащих фотосинтезирующих растений, выполняющих *функцию восприятия энергии*. Затем эта энергия превращается в энергию химических связей, выполняющих *функцию аккумуляции энергии*, и передается по пищевой цепи от фотоавтотрофов ** через гетеротрофы *** к деструкторам, выполняющим *функцию связи и транспорта энергии*. При этом жизненный субстрат должен воспроизводить свою *структуру* вопреки постоянным химическим превращениям, мутациям и гибели особей, т. е. выполнять *функцию наследственности*.

Такими функциями обладает система из асимметрично построенных биополимеров — белков и нуклеиновых кислот. В этой системе сложные белки обеспечивают все функции жизни, за исключением воспроизводства. Способность к воспроизводству имеет особенно большое значение, тем более что осуществляется она с помощью механизмов, не встречающихся в неживой природе. В основе воспроизводства лежит синтез белка, протекающий в клетках при посредстве нуклеиновых кислот.

Энергоэнтропика абстрагируется от механизма этих процессов, оперируя своими понятиями и законами.

Растения и животные представляют собой химические системы в неустойчивом состоянии с очень низкой структурной энтропией. В связи с этим Бауэр выделил три основные особенности живых систем: 1) самопроизволь-

* Митохондрии — очень мелкие тельца, выполняющие роль преобразователей энергии в клетках.

** Фотоавтотрофы — «самопитающиеся» организмы, синтезирующие необходимые для них питательные вещества из неорганических соединений.

*** Гетеротрофы — организмы, живущие за счет автотрофов или питающиеся разлагающимися остатками.

ное изменение состояния; они похожи на заведенные машины — аккумуляторы, часы и т. п.; 2) противодействие внешним силам, приводящее к изменению первоначального состояния окружающей среды; 3) *постоянная работа против сил уравнивания с окружающей средой*. Первые две черты встречаются у многих систем, а вот третья присуща только живым, почему Бауэр и назвал ее всеобщим законом биологии. Как в неживых системах устойчиво их равновесное состояние, характеризующееся минимальным значением свободной энергии и максимальным — энтропией, так *в живых системах устойчиво их стационарно неравновесное состояние, характеризующееся запасами свободной энергии и негэнтропии, носителем которых является их структура*.

Это положение можно записать аналитически (см. с. 31), если обозначить: F — свободную энергию системы; X_i — энергоэнтропийные движущие силы (разности соответствующих потенциалов); Δx_i — вызванные этими силами изменения структуры; τ — время изменения: $J_i = \Delta x_i / \tau$ — энергетические потоки; величины со штрихом относятся к окружающей среде:

$$F - F' = \sum_{i=0}^n X_i j_i \Delta \tau - \sum_{i=0}^n X'_i j'_i \Delta \tau';$$

$$[Q / \Delta \tau = T \Delta S / \Delta \tau = \sum_{i=1}^n X_i \Delta x_i / \tau].$$

Здесь под знаками суммы Σ — количество работы живой системы и окружающей среды во время выравнивания их состояния. Разность работ равна работе живой системы против уравнивания.

Из этого закона вытекает важное положение об исторической закономерности увеличения внешней работы живых систем.

Структурные или системные силы в машинах производят работу только при наличии внешнего источника энергии, а не за счет изменения структуры частей машины — стенок котельного агрегата, блока поршневого двигателя и т. п. Составные части машины необходимы для превращения какого-то вида энергии в работу. *В живых же системах в работу превращается энергия структуры живой материи. Энергия же питательных веществ идет на возобновление структуры живой материи*. Таким образом, и по этой причине живые системы нельзя рассмат-

ривать как разновидность термодинамических или «химокиодинамических» машин.

Э. Шредингер тоже считает главной особенностью живых систем их неуравновешенность с окружающей средой. Будучи открытыми *эти системы поддерживают свое неравновесное состояние путем непрерывного обмена — «метаболизма» с окружающей средой дыханием, едой, питьем и т. п.* Но обмен сам по себе ничего дать не может: любой атом азота, кислорода, серы и т. п. так же хорош, как и любой другой того же рода. «Может быть, целью обмена является поглощение энергии?» — спрашивает Шредингер. «Но ведь во взрослом организме содержание энергии так же постоянно, как и содержание материи», — отвечает он сам себе. Поэтому замена одного джоуля энергии другим ничего не меняет. Правда, с этим полностью согласиться нельзя, ибо энергия все же расходуется на процессы жизнедеятельности организмов.

Неравновесное состояние живых систем поддерживается за счет извлечения ими из окружающей среды отрицательной энтропии — негэнтропии. *Назначение обмена — освободиться от производимой положительной энтропии и извлечь отрицательную.* Но чем выше энтропия, тем больше беспорядок, и наоборот. Поэтому извлечение отрицательной энтропии есть «извлечение порядка» для поддержания упорядоченности организма, его структуры.

По Э. Шредингеру, есть два различных механизма, производящих упорядоченные явления: статистический, *создающий порядок из беспорядка, и механизм, создающий порядок из порядка низшего уровня.* Закон сохранения энергии ничего не дает для их объяснения. Видимо, его надо искать на основе 3-го закона энергоэнтропики. Мы знаем, что высшие животные питаются хорошо упорядоченными органическими соединениями (например, человек ест овощи, каши, мясо и т. п.). Используя упорядоченность продуктов, животные возвращают в окружающую среду вещества в очень деградированной, неупорядоченной форме; там они усваиваются растениями, и цикл повторяется. Для последних же источником, обеспечивающим выработку отрицательной энтропии, служит солнечное излучение, с помощью которого в хлорофилле происходит повышение упорядоченности деградировавших веществ — фотосинтез. *Это единственный на Земле естественный, самопроизвольный процесс, в котором эн-*

ропия уменьшается — за счет потребления даровой солнечной энергии.

Поскольку в живых системах упорядоченность поддерживает себя сама и производит упорядоченные явления, здесь должны действовать принципиально новые законы. Новые законы естествознания, а не непостижимой «жизненной силы», «духа» и т. п. Поисками этих законов и заняты сейчас математики, биологи, физики, химики и даже... техники, работающие в области биофизики, биохимии, биомеханики... Вероятно, именно на этом направлении человечество ждут самые великие открытия...

Непрерывный обмен веществ организма приводит к непрерывному возникновению в нем негэнтропии и возрастанию энтропии в окружающей среде. Скорости этих процессов равны.

Скорость возникновения энтропии в открытой системе — скорость разрушения структурности в ходе необратимых процессов — можно определить через движущие силы и потоки, как это было показано выше (см. с. 31, 67). В биологических процессах, протекающих, как правило, на основе химических реакций, движущие силы эквиваленты химическому сродству* реагирующих веществ, а потоки — скорости химических реакций.

Если бы живые системы всегда находились в одинаковом стационарно неустойчивом состоянии, т. е. уровень обмена был бы у них постоянен во времени, то к ним был бы применим 3-й закон в форме теоремы Пригожина и их эволюция характеризовалась бы уменьшением скорости возрастания энтропии. Однако живые системы имеют стадии размножения и развития, когда обмен веществ нестабилен и скорость возникновения энтропии возрастает. К этим стадиям ни теорема Пригожина, ни другие закономерности энергоэнтропика необратимых процессов в существующем виде неприменимы.

Для сохранения своего стационарно неустойчивого состояния живая система непрерывно потребляет энергию. Эволюция такой системы, приближающейся к стационарному состоянию, когда теорема Пригожина применима, заключается в том, что переход системы в новое стационарное состояние связан с уменьшением потребления энергии из-за ослабления движущей силы.

* Химическое сродство — сила стремления веществ к химическому соединению (реакции), измеряемая разностью их свободных энергий.

В процессе эволюции организмов возникают многочисленные приспособления против деструктивного влияния внешних воздействий — приспособления саморегуляции. По И. П. Павлову, организм — в высшей степени саморегулирующаяся система, сама себя поддерживающая, восстанавливающая, направляющая и даже совершенствующая. Разнообразие форм поведения, а следовательно, и способность к саморегуляции, зависит от богатства внутренних связей: чем меньше их в системе, тем меньше у нее возможных форм поведения. Вместе с тем саморегуляция осуществляется лишь в тех случаях, когда в организм поступает информация из внешней среды, т. е. саморегуляция в своей основе является приспособительной реакцией. Так как способность к саморегуляции — свойство, несомненно противодействующее возрастанию энтропии, — поступление и переработка внешней информации — способ борьбы с ростом энтропии.

А как действуют энергоэнтропийные закономерности при естественном отборе? В 1930 г. Р. Фишер вывел «основную теорему естественного отбора», в соответствии с которой в ходе эволюции у живых организмов возрастает способность использовать жизненные ресурсы, что неизбежно выражается в росте организованности органического мира. Эта теорема, по существу, равноценна закону эволюции живых систем, сформулированному с помощью теоремы Пригожина уже в последние годы. Об этом мы говорили выше.

Согласно теореме Фишера более активные особи, лучше использующие ресурсы внешней среды для роста, жизни и размножения, вытесняют в процессе смены поколений менее активных особей. Более устойчивые особи, т. е. лучше противостоящие различным вредным влияниям, также вытесняют путем преимущественного размножения менее устойчивых особей. В обоих случаях более упорядоченные формы организации с более низким уровнем энтропии вытесняют менее упорядоченные формы организации с более высоким уровнем энтропии. Иными словами, в процессе естественного отбора повышается информационное содержание органического мира, степень его организованности. Приспособленность представляет собой биологическую форму организации.

Академик В. А. Энгельгардт считает, что пока математические аспекты теории информации еще не находят

отчетливых приложений к анализу элементарных основ жизненных явлений. Однако имеются основания предполагать, что благодаря универсальности принципов этой теории дальнейшее ее развитие откроет возможности для такого рода приложений, которые будут все расширяться и углубляться.

Действительно, попытки связать энергоэнтропику информации с биологией делаются. Так, К. С. Тринчер продемонстрировал это на примере анализа функционирования одноклеточного организма — эритроцита, который обладает способностью хранить, преобразовывать и передавать информацию. Другие ученые пытаются перевести на энергоэнтропийный язык генетический код.

Биосфера, биологический круговорот и ноосфера

Рассмотрим теперь энергоэнтропику функционирования и развития биосферы — области распространения жизни на земном шаре *, в пределы которой входят водная оболочка Земли, часть земной коры и тропосфера — нижний слой атмосферы, толщиной 9—11 км. Биосфера состоит из живых организмов, минеральных веществ, участвующих в биологическом круговороте, и продуктов деятельности организмов, временно выключенных из этого круговорота.

Биологический круговорот происходит с участием всех населяющих биосферу организмов — растений, животных, микроорганизмов. Благодаря этому круговороту длительное время существует и развивается жизнь на Земле — система ограниченного размера, обладающая ограниченными запасами доступных минеральных веществ, необходимых для обеспечения функций жизни. И если бы они только потреблялись, жизнь бы относительно быстро прекратилась.

«Единственный способ придать ограниченному количеству свойство бесконечного, — писал академик В. Р. Вильямс, — это заставить его вращаться по замкнутой кривой. Поэтому каждый вид организмов составляет звено в биологическом круговороте». Причем *один из главных*

* См. подробнее: Камшилов М. М. Эволюция биосферы. М., 1974.

парадоксов жизни заключается в том, что ее непрерывность и развитие обеспечиваются процессами распада, деградации, деструкции — разрушения структуры. Разрушаются сложные органические соединения, освобождается энергия, теряется запас информации. В результате деятельности деструкторов (преимущественно микроорганизмов, быстро приспосабливающихся к различным условиям и способных извлекать углерод и энергию из самых разных источников) любая форма жизни неизбежно включается в биологический круговорот.

Главный организационный принцип эволюции — усложнение, дифференциация форм движения материи, основанная на прогрессирующем объединении, интеграции все новых структурных элементов, постоянно возникающих в ходе этой дифференциации. При этом происходит и концентрация рассеянной информации, а каждый шаг к большей дифференциации требует огромного количества менее дифференцированной материи.

Академик А. И. Опарин считает, что, когда в процессе развития возникают новые формы движения материи, темп их развития резко возрастает, но ускорение сосредоточивается на все более ограниченной области развивающейся материи. Поэтому моделью эволюции материи может служить конус. Его широкое основание как бы соответствует относительно медленно преобразующимся космическим факторам, а вершина — органической эволюции, которая характеризуется прогрессивным ускорением процессов развития.

Общее количество протоплазмы всех живых существ, населявших Землю в течение порядка одного миллиарда лет, во много раз превышает массу нашей планеты. Следовательно, материя использовалась за это время многократно. Каждый элемент — углерод, водород, кислород, азот, фосфор и другие — извлекается из окружающей среды, входит в состав живой протоплазмы и возвращается в окружающую среду через различные организмы для повторного использования.

Восходящая линия биологического круговорота (цикла) — накопление химической энергии органических соединений. Последнее может совершаться только за счет фотосинтеза — химического процесса связывания воды и углекислого газа с образованием углеводов и других более сложных соединений — и химического синтеза. Чаще всего главную роль играет фотосинтез, который совер-

шается за счет энергии солнечного излучения. Химический синтез происходит в телах всех организмов за счет химической энергии образовавшихся высокомолекулярных веществ.

Нисходящая линия биологического круговорота (цикла) — разрушение органического вещества, которое осуществляется или в результате гибели организма и деструкции его микроорганизмами или в результате употребления одними организмами других в виде пищи. Энергия разрушенного организма идет на осуществление жизненных процессов самообновления, роста, воспроизведения, размножения, повышения температуры тела и т. п. поглотившего его организма. В конце концов отдельные организмы гибнут, и происходит полная минерализация органических веществ: они превращаются в углекислый газ, воду, азот, азотную кислоту, серную кислоту и т. д., т. е. становятся строительными материалами, которые вновь используются в биологическом цикле.

Однако этот цикл в энергетическом отношении разомкнут, так же как и в тепловых двигателях, где энергия подводится к циркулирующему рабочему телу извне в виде тепла сжигаемого топлива. Здесь же подвод энергии происходит за счет солнечного излучения, достигающего поверхности Земли и улавливаемого растениями в процессе фотосинтеза и роста зеленой массы. Правда, значительная часть земной поверхности лишена растительности, а растения используют в процессе фотосинтеза всего около 3% падающей на них энергии.

Интересно проанализировать цифры, характеризующие фотосинтез на Земле. В соответствии с классическим уравнением фотосинтеза $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = (\text{CH}_2\text{O}) + \text{O}_2$ для производства $46 \cdot 10^9$ т органического углерода (суммарная годовая продукция фотосинтеза в биосфере без учета других реакций) требуется, чтобы ежегодно $170 \cdot 10^9$ т углекислого газа связывалось с $68 \cdot 10^9$ воды, образуя $115 \cdot 10^9$ т сухого органического вещества и $123 \cdot 10^9$ т кислорода. При этом усваивается $185 \cdot 10^{16}$ кДж энергии фотосинтетически активной солнечной радиации. Однако в процесс фотосинтеза вовлечены не только CO_2 и H_2O . Ежегодно используется около $6 \cdot 10^9$ т азота, около $2 \cdot 10^9$ т фосфора и других элементов минерального питания (калий, кальций, магний, сера, железо, медь, марганец, молибден, кобальт и т. д.). Большое количество воды расходуется на испарение. Поэтому численные значения сос-

тавляющих фактического круговорота органического вещества отличаются от ориентировочных данных, полученных по уравнению фотосинтеза.

По более точным расчетам, в год воспроизводится 232,5 млрд. т сухого органического вещества (т. е. в 2 раза больше рассчитанного по уравнению фотосинтеза). Из этой массы готовой продукции на долю континентов приходится 172,5 млрд. т, а на долю Мирового океана — 60 млрд. т, т. е. 25,8%. Таким образом, фитомасса океана, составляющая менее 0,01% от суммарной фитомассы, дает 25,8% всей первичной продукции Земли.

Весьма показательно сопоставление этих цифр с биомассой организмов Земли.

Т а б л и ц а 4

Биомасса организмов Земли

Сухое вещество	Континенты			Мировой океан			Всего
	Зеленые растения (фитомасса)	Животные и микро-организмы	Итого	Зеленые растения (фитомасса)	Животные и микро-организмы	Итого	
Тонны	$2,4 \cdot 10^{12}$	$0,02 \cdot 10^{12}$	$2,42 \cdot 10^{12}$	$0,0002 \cdot 10^{12}$	$0,003 \cdot 10^{12}$	$0,0032 \cdot 10^{12}$	$2,4232 \cdot 10^{12}$
Проценты	99,2	0,8	100	6,3	93,7	100	

Здесь обращает на себя внимание сравнительно малая биомасса организмов океана — всего 13% от суммарной биомассы живых организмов планеты, несмотря на то что поверхность океана занимает 70,2% всей поверхности Земли.

Из этой таблицы можно также сделать вывод о том, что живое вещество планеты в основном сосредоточено в зеленых растениях суши. Организмы, не способные к фотосинтезу, составляют менее 1%. При этом число видов растений составляет около 21% от общего учтенного числа организмов, а число видов животных — 79%, хотя их биомасса равна менее 1% всей биомассы Земли!

Эти цифры подтверждают отмеченную выше закономерность биологической эволюции — все более высокий уровень дифференциации сосредоточивается во все меньшем объеме.

Из сопоставления биомассы растений ($2400 \cdot 10^9$ т) и ежегодной продукции ($232,5 \cdot 10^9$ т) следует, что за год возобновляется менее 10% биомассы. Для сохранения относительной стабильности биологического круговорота органическое вещество, получаемое за счет фотосинтеза, должно компенсироваться расходом его животными и микроорганизмами. Как говорилось выше, они потребляют около $232,5 \cdot 10^9$ т сухого органического вещества, что соответствует примерно $6000 \cdot 10^{12}$ кДж энергии. Суммарная масса животных и микроорганизмов планеты в сухом весе $23 \cdot 10^9$ т. Отсюда видно, что наземные организмы (животные, грибы, микроорганизмы) должны ежегодно разрушать массу органического вещества, в 10 раз превосходящую их собственный вес.

Ярким показателем интенсивности биологического круговорота могут служить скорости оборота углекислого газа, кислорода и воды. Весь кислород атмосферы совершает полный цикл через организмы примерно за 2 тыс. лет, углекислота — за 300 лет, а вода океанов, морей и рек разлагается и восстанавливается в биологическом круговороте за 2 млн. лет. Следовательно, *за время эволюции жизни не только углекислота и кислород, но и вода прошла через живое вещество планеты не одну тысячу раз.*

Источником движения органической эволюции биосферы является никогда не затухающее противоречие между безграничной способностью к воспроизводству и ограниченными возможностями на каждом историческом этапе использования материальных ресурсов внешней среды. Активная сторона противоречия — способность к воспроизводству (обусловленная синтезом) макромолекул протоплазмы), т. е. то, чем живое вещество отличается от неживой природы.

Способность к воспроизводству приводит к так называемому «давлению жизни», в результате которого живые организмы захватывают новые места обитания. Захват нового места — нового источника вещества или энергии — неизбежно сопровождается изменением живого. Если это изменение в новых условиях жизнеспособно, оно сохранится, если нет — погибнет. В случае выживания организмы приобретают информацию о новом способе взаимодействия со средой — приспосабливаются к новым условиям.

Естественный отбор, как об этом неоднократно писал Ч. Дарвин, не может вызвать изменчивость. Однако, закрепляя признаки, он придает наследственной изменчивости ту или иную форму, предопределяя тем самым дальнейшие эволюционные возможности. Обуславливая приспособительную форму эволюционного процесса, естественный отбор выступает как творческий фактор эволюции.

Энерговооруженность жизни в ходе эволюции, как мы уже знаем, должна возрастать. Те организмы, которые приобрели способность усваивать новую порцию фотонов или лучше использовать химическую энергию, запасенную в других организмах, получают преимущества в ходе эволюции, постепенно включаются в биологический круговорот, рационализируя его, увеличивая суммарный поток энергии через живую систему.

Эволюция органического мира прошла несколько этапов: 1) возникновение биологического круговорота — биосферы; 2) усложнение циклической структуры жизни в результате появления надстройки из многоклеточных организмов; эти два этапа называют периодом биогенеза; 3) возникновение человеческого общества.

Деятельность людей, разумная по своим намерениям, в масштабе биосферы часто оказывается разрушительной, ограничивающей возможности дальнейшего развития. Промышленность функционирует на природном сырье, но вносит в природу вещества, не используемые живыми организмами планеты, а нередко и весьма ядовитые. Биологический круговорот становится незамкнутым. Происходит не только уничтожение отдельных видов растений и животных, не только нарушение их естественных комплексов — биогеоценозов (экосистем), разрушается структура биосферы — ее циклическая организация, способность к самоочищению. Однако с помощью все расширяющегося прогнозно-планового регулирования происходит постепенное *превращение биосферы в сферу разума — ноосферу.*

Понятие «ноосфера» впервые введено в науку французским философом Э. Ле Руа в 1927 г. По его мнению, ноосфера — это оболочка Земли, включающая человеческое общество с его индустрией, языком и прочими видами разумной деятельности. Считалось, что ноосфера идет на смену стихийно складывающейся и функционирующей биосфере. Дальнейшее развитие это понятие

получило в работе палеонтолога и теолога, друга Ле Руа П. Т. де Шардена «Феномен человека» (переиздана на русском языке в 1965 г.). Заметим, что в 1922—1923 гг. перед публикацией своих работ эти французы прослушали в Сорбоннском университете в Париже курсы лекций В. И. Вернадского по проблемам геохимии и биогеохимии.

Высказав в принципе правильную идею о ноосфере, они трактовали ее в идеалистическом плане — как «мыслящий пласт», который, зародившись в конце третичного периода, разворачивается с тех пор над миром растений и животных вне биосферы и над ней.

В. И. Вернадский же развил материалистическое представление о ноосфере и наполнил это понятие реальным естественноисторическим содержанием. Поэтому именно В. И. Вернадского чаще называют основоположником учения о ноосфере. В отличие от французских ученых он понимал под ноосферой не нечто внешнее по отношению к биосфере, а саму биосферу на ее новом этапе развития, когда будет происходить разумное регулирование отношений человека и природы. Именно об этом говорил К. Маркс, предвидя, что граждане свободного социалистического государства будут рационально регулировать свой обмен веществ с природой, ставить его под свой общий контроль «вместо того, чтобы он господствовал над ними как слепая сила». Ноосфера, по Вернадскому, — это новая геологическая оболочка Земли, создаваемая на научных основах. «Единая научная мысль, — писал он, — охватила всю поверхность планеты, все на ней находящиеся государства. Всюду создались центры научной мысли и научного искания. Это первая основная предпосылка перехода биосферы в ноосферу. Реально наука есть максимальная сила создания ноосферы».

Перейдем теперь к деятельности человека в системе ноосферы и рассмотрим возможности энергоэнтропии как метода исследования этой деятельности. Начнем с процессов труда и материального производства, благодаря которым сначала появился человек, а затем — вся человеческая цивилизация.

Труд как средство накопления энергии и негэнтропии

В предыдущем разделе мы познакомились с естественным, самопроизвольным обменом веществом, энергией и негэнтропией между биологическими системами и окружающей природой. Более высокой формой такого обмена является *осознанный обмен, происходящий между человеком и природой в процессе его трудовой деятельности, материального производства и потребления.*

По известному выражению К. Маркса, *труд есть прежде всего процесс, совершающийся между человеком и природой, в котором человек своей собственной деятельностью опосредствует, регулирует и контролирует обмен веществ между собой и природой.* Этот процесс складывается из трех основных компонентов: *целесообразной деятельности, предметов труда и средств труда.* К предметам труда относятся земля, деревья, камни, металлы и т. п. Средствами труда служат все те вещи или комплексы вещей (палка, каменный топор, инструменты, машины, аппараты и т. д.), при помощи которых человек воздействует на предмет своего труда и видоизменяет его с целью производства материальных благ. Совокупность предметов и средств труда, используемых в материальном производстве, составляет *средства производства.* С энергоэнтропикой материального производства мы познакомимся дальше.

На энергоэнтропийную сущность труда одним из первых обратил внимание, как уже отмечалось выше, С. А. Подолинский. Он посвятил этому вопросу статью «Труд человека и его отношение к энергии», опубликованную в 1880 г. в Петербурге в научном, литературном и политическом журнале «Слово». В этой статье ученый высказал следующие весьма оригинальные для того времени мысли

«Труд есть такое потребление механической и психической работы, накопленной в организме,— писал Подолинский,— которое имеет результатом увеличение количества превратимой энергии на земной поверхности. Увеличение это может происходить или непосредственно, через превращение новых количеств солнечной энергии в более превратимую форму, или опосредственно, через сохранение от рассеяния, неизбежного без вмеша-

тельства труда, известного количества уже существующей на земной поверхности превратимой энергии».

Сказанное он иллюстрирует примером: участок земли среди дикой степи или первобытного леса без вмешательства человека производит из года в год определенное количество питательного материала; человек прилагает к земле свой труд, и сейчас же ее производительность возрастает в 10, 20 и более раз.

Исследуя различные виды труда, Подолинский показывает, что все они подчиняются закону накопления энергии трудом. В прямой форме у Подолинского не фигурирует понятие о накоплении негэнтропии — этот термин тогда вообще не был известен, однако косвенно он, по существу, пользуется им. Понятием же энтропии как мерой рассеяния энергии он владеет свободно.

Шитье одежды и постройку жилищ Подолинский тоже считал полезным трудом, потому что их конечная цель та же самая — сберечь часть превратимой энергии, накопленной в человеческом теле, защищая его от холода, ветра, дождя и т. д. При этом он подчеркивал, что одежда и жилище точно так же ведут к сбережению и наивыгоднейшему распределению энергии в теле человека, как, например, обучение ведет к наивыгоднейшему потреблению энергии во время работы.

Бывает, что человек многие годы тратит свою механическую работу как будто напрасно — на вещества, не заключающие в себе почти никакого запаса превратимой энергии, и своим трудом непосредственно не превращает и самого незначительного количества низшей энергии в высшую. Тем не менее, затрачивая свою энергию, он в конце концов получает такую перестановку частей вещества (т. е. на современном языке — изменение структуры, сопровождающееся ростом негэнтропии), что сбережение энергии происходит само собой или по крайней мере появляется удобная возможность сохранить от рассеяния ту превратимую энергию, которая в сбереженном виде уже существует в распоряжении человека. Так затрачивается труд на строительство различных зданий, складов для хранения топлива, мостов и т. п.

Вместе с тем С. А. Подолинский не упускает из виду, что такой, казалось бы, самый энергетически выгодный труд, как добыча угля и торфа, позволявший получить в те времена в 20 раз больше энергии, чем затрачива-

лось, лишь относительно выгоден. «Не следует забывать,— писал он,— что каменный уголь есть запас солнечной энергии, собранный за громадный период времени, и что, потребляя его в большом количестве, мы вводим в наш бюджет случайно собравшиеся доходы прежних лет, а расчет ведем так, как будто мы действительно сводим концы с концами. Если бы мы посредством того труда, который идет на добывание каменного угля, умели фиксировать ежегодно такое количество солнечной энергии на земной поверхности, которое равняется энергии добытого угля, тогда действительно весь этот труд мог бы считаться полезным».

Высказав эти чрезвычайно современные (через 100 лет!) соображения, С. А. Подолинский отмечал, что потребность в каменном угле так неизбежна, запасы его еще так велики и возможность новых изобретений (позволяющих использовать другие источники энергии) до их истощения так вероятна, что люди не могут поступать иначе, как до сего времени поступали, т. е. стараясь, по возможности, увеличить добыванием угля свой запас «превратимой энергии».

И здесь же он рассматривает возможности практического использования солнечной энергии в виде сконцентрированного зеркалами тепла: солнечный насос Соломона де Ко, испытанный в Англии в 1616 г.; солнечную паровую машину-двигатель А. Мушо, построенную во Франции в 1861 г. и показанную на Всемирной выставке в Париже в 1878 г.; воздушный поршневой солнечный двигатель шведского инженера (переселившегося в Америку) Эриксона и т. д.

Подолинский считал, что и умственный труд, и труд в области искусства может в определенных условиях способствовать накоплению энергии. Интеллектуальные решения, способствующие рационализации человеческой деятельности в различных областях, музыка, поэзия, живопись и т. д., вызывая прилив психической энергии, благородных чувств, взлет творческой мысли, тоже преобразуются в дальнейшем в новые запасы энергии.

Он отмечал также, что *человеческая деятельность, противоположная труду, например войны, есть расхищение энергии*, т. е. увеличение количества энергии, рассеиваемой в пространстве.

Далее С. А. Подолинский обращается к анализу рабочего процесса «человеческой машины» при выполне-

нии ею механической работы. Он приводит результаты опытов Гирна по определению «экономического эквивалента человеческой машины», т. е. кпд, оказавшегося равным порядка 20% *. Его удивляет, что тело человека, рассматриваемое как тепловая машина, имеет такой высокий кпд, поскольку оно работает в незначительных интервалах температуры, давления и других показателей. Подолинский отмечал, что эта необыкновенная способность к превращению низшей энергии в высшую в отдельных органах человеческого тела, например в некоторых мышцах, еще выше. Гельмгольц подсчитал, что если бы энергию, расходуемую сердцем, затратить на его же подъем, то оно за 1 ч достигло бы высоты 6,67 км. Самые же мощные в те времена локомотивы, работавшие на крутых склонах Тироля, за 1 ч не могли поднять собственный вес более чем на 0,825 км, т. е. были в 8 раз слабее сердца.

Скорректировав средний кпд «человеческой рабочей машины» до 10% (с учетом периодов детства, старости, болезней и т. п.), С. А. Подолинский приходит к выводу, что в процессе трудовой деятельности накапливается энергии в 10 раз больше, чем потребляется, но именно столько, сколько нужно для того, чтобы получить «в высшей форме механической энергии такое же количество, какое было потреблено».

При этом он добавляет: «...но тут нам необходимо оговориться... Если бы людей в настоящее время поставить лицом к лицу с солнечной энергией и неорганическим миром, то, при нынешних условиях производства, они не могли бы свести концы с концами. Не могли бы, пока просто потому, что не умеют еще представлять питательные вещества непосредственно действием солнечной энергии на неорганические вещества... Таким образом, в настоящее время можно назвать совершенной машиной не одно человечество, но человечество, взятое вместе со всем его хозяйством, то есть нивами, стадами, машинами и пр.». Как известно, в наше время и ведутся поиски возможностей получения пищи из неорганических веществ.

Так представлялась энергоэнтروпийная сущность трудовой деятельности 100 лет назад. Основными проблемами и закономерностями, указанными или установлен-

* По современным данным, этот кпд достигает 28%.

ными тогда, в самое последнее время специалисты вынуждены заниматься как самыми новейшими.

Конечно, ряд примеров и толкований С. А. Подолинского нельзя считать безукоризненными. Его рассуждениям, основанным на научных данных 100-летней давности, в ряде мест присуща чрезмерная энергетическая односторонность, он еще не имел возможности использовать структурную и информационную формы энтропии, а тем более понятие негэнтропии.

Но все это не помешало ему в основном правильно сформулировать главные принципы и закономерности и прийти к удивительно современно звучащему выводу: *«усовершенствование» человеческой жизни должно заключаться главным образом в количественном увеличении энергетического бюджета каждого человека, а не только в качественном превращении низшей энергии в высшую, так как последнее возможно только в очень ограниченной степени, значительно меньшей, чем количественное накопление. Поэтому только общество, стремящееся к быстрому накоплению энергии, может быстро идти вперед. Застой в данном случае почти равносильен рассеянию накопленной энергии, так как общественная жизнь без развития теряет всякую ценность и всякий смысл. На этом основании С. А. Подолинский считал и произвольное ограничение населения Земли равноценным рассеянию энергии — росту энтропии.*

Используя в своих работах труды К. Маркса, Подолинский вместе с тем высказывает свои соображения о роли двигателя как одного из трех элементов любой машины (двигатель + передаточный механизм + рабочая машина) в социально-экономическом прогрессе человечества. «Очень может быть, — писал он, — что Маркс прав и что промышленная революция XVIII в. была совершена изобретением инструментов для рабочих машин, а не применением пара, как обыкновенно думают, но в таком случае это чисто случайный факт и произошел оттого, что ко времени применения пара эти инструменты рабочих машин еще не были изобретены. Если бы они уже существовали в то время, то все-таки применение пара произвело бы немалый переворот в промышленности». В подтверждение своего мнения он приводил слова Маркса: «Если мы посмотримся поближе в рабочую машину, то мы откроем в ней, хотя нередко в очень измененной форме, те же самые аппараты и инструменты,

которыми работают ремесленник или мануфактурный работник; но только они являются теперь не инструментами человека, а инструментами механизма или механическими инструментами». «Итак,—резюмирует Подолинский,—рабочей машине мы можем приписать только сбережение энергии при работе, в том же смысле, как мы его приписываем нашим простейшим орудиям вроде ножа, топора, веретена и т. п.».

Иными словами, с технологической точки зрения машина-двигатель, выполняющая функции человека-двигателя, по существу, тоже представляет собой «рабочую машину», которая с помощью «орудий труда» — водяных колес, ветряных крыльев, поршней, турбинных дисков и т. д. — преобразует энергию природных источников в упорядоченную полезную энергию — работу инструментальных машин. Ведь если бы и при К. Марксе рабочий выполнял, как в древности, и функции двигателя, то применение паровой машины увеличило бы армию безработных еще в большей степени, чем передача технологических, инструментальных функций человека машинам.

Ф. Энгельс высоко оценил статью С. А. Подолинского и в письме К. Марксу специально подчеркнул, что «его действительное открытие состоит в том, что человеческий труд в состоянии удерживать на поверхности земли и заставить действовать солнечную энергию более продолжительное время, чем это было бы без него».

Но труд всегда движим каким-то психологическим импульсом, который порождается потребностями — как материальными, так и духовными. Без них не бывает и трудовой деятельности. Поэтому остановимся на взаимовлиянии этих двух категорий.

Труд, потребности и «психоэнергия»

Посмотрим, нельзя ли труд и потребности связать энергоэнтропийно.

Непосредственной целью всякого труда является удовлетворение потребностей. Это известно давно. Но С. А. Подолинский рассматривал потребности как осознанное стремление человеческого организма к определенному обмену энергией между ним и окружающей

природой. Труд же он считал «проявлением энергии человеческого организма, посредством которого он добывает те количества энергии, которых без его вмешательства недостает в природе для обменов, нужных человеку...» Конечно, такой «прямолинейно-одухотворенный» энергетизм принять нельзя, поскольку всем известно, что человек живет в обществе и его потребности формируются под влиянием социально-экономических условий.

Некоторые потребности могут удовлетворяться без затрат труда — за счет природных запасов энергии, другие же — только с помощью труда.

На основании своих рассуждений С. А. Подолинский приходит к заключению, что «с увеличением потребностей... идет увеличение производительности самого труда, т. е. благодаря различным усовершенствованиям меньшее количество превратимой энергии человеческого труда способно превращать большие количества низшей энергии в высшие формы, чем это делалось прежде». Иными словами, *в ходе исторического развития возрастают возможности людей совершать все большую работу при все меньших затратах физического труда. Эта особенность представляет собой закон роста производительности труда.* Здесь он является частным случаем общего принципа.

Таким образом, *труд есть управление энергетическими потоками окружающей человека природной среды, причем источником энергии для этого служит сама природа.*

Трудовая деятельность осуществляется в основном в форме общественного производства в условиях определенных производственных отношений. Ее цель — преобразование природных веществ, энергии и информации в продукты, удовлетворяющие потребности человека.

У растений и животных потребности и способы их удовлетворения предопределены природой, эволюцией вида. У человека же лишь физиологическая основа потребностей и способов их удовлетворения имеет природное начало, а все их качественное многообразие есть продукт истории, результат социально-экономической жизни.

Потребности можно разделить на *физические, или биологические, социальные и интеллектуальные, или духовные.*

Потребление «порождает способности производителя, возбуждая в нем направленную на определенную цель потребность», — писал К. Маркс. Производство же в свою очередь возбуждает «в потребителе потребность, предметом которой является создаваемый им продукт. Оно производит поэтому «влечение к потреблению», «производство создает потребление, создавая... саму способность потребления как потребность». Таким образом, *производство и потребности — это противоположности, а противоречия между ними — один из источников развития общества.*

Потребности чрезвычайно активны. Пока «потребность человека не удовлетворена, — писал К. Маркс, — он находится в *состоянии недовольства* своими потребностями, а стало быть, и самим собой», поэтому мир не удовлетворяет человека, и человек своими действиями решает изменить его. Но *первая удовлетворенная потребность, действие удовлетворения ведут к новым потребностям*, «и это порождение новых потребностей является первым историческим актом». При этом *потребности человека в отличие от потребностей животных, утверждал К. Маркс, безграничны, обладают способностью к расширению* (курсив мой. — Г. А.).

К. Маркс подчеркивал, что *та или иная организация материальной жизни зависит, конечно, от развившихся уже потребностей, а порождение этих потребностей, равно как и их удовлетворение, само есть исторический процесс... Причем решающая роль в этом процессе принадлежит производству* (курсив мой. — Г. А.).

На зачаточных ступенях культуры производительные силы ничтожны. Но таковы же и потребности, развивающиеся вместе со средствами их удовлетворения и в непосредственной зависимости от развития последних. Поэтому если первоначально труд малопроизводителен, то и потребности в высшей степени просты.

Именно эту *взаимосвязь производства и потребностей* В. И. Ленин назвал «законом возвышения потребностей». Этот закон в чистом виде не действует ни в одной из общественно-экономических формаций. Его относят к таким законам, о которых К. Маркс говорил, что они присущи «*всем ступеням производства, которые фиксируются мышлением как всеобщие*». В результате этот закон реализуется косвенно — через основные экономические

законы общественных формаций, специфические для каждой исторической эпохи.

В изложенном выше нет терминов «энергия» и «энтропия» или «негэнтропия», но на основе предыдущих материалов сквозь общественно-экономическую оболочку этих положений и закономерностей легко просматривается их энергоэнтروпийная сторона.

Развитие теории потребностей продолжается. Важное значение приобретает *проблема управления потребностями, возможность их изменения — формирования одних и искоренения других*, например потребности в спиртных напитках. Процесс развития потребностей не может быть ни абсолютно стихийным, ни полностью управляемым. Иными словами, часть потребностей органически, в какой-то степени биологически присуща человеку и развивается неосознанно с изменением внешних условий. Другая же часть может быть объектом сознательного воздействия, поддается воспитанию, изменению и стимулированию тех из них, которые наиболее соответствуют интересам личности и общества.

Поэтому выделяют два класса потребностей: *потребности физического существования и потребности социального существования*. К первым относят биологические потребности (в пище, тепле и т. п.), преобразованные общественным бытием человека, и материальные условия (работа, жилье, транспорт и т. д.), необходимые для их удовлетворения. Ко вторым — потребности в социально значимой деятельности (политической, литературной и т. д.), в познании, в определенном положении в различных социальных группах и в обществе в целом, разнообразные морально-этические потребности, а также потребности в материальных благах, выходящих за рамки необходимых для физического существования (радиоприемники, телевизоры, музыкальные инструменты, картины и т. п.).

Потребности физического существования пробуждаются под действием недостатка в чем-то (в пище, тепле и т. п.) и угасают, когда этот недостаток ликвидирован. Потребности социального существования более устойчивы, они часто превращаются в долгодействующие черты личности, формируя психологический облик человека. С последними и имеет дело система воспитания и идейно-психологического воздействия.

Поиск «общей базы» надбиологических, социальных потребностей уже длительное время идет по двум направлениям — существуют две группы теорий. Одна группа теорий в качестве единственной *общей базы различных надбиологических потребностей* *выдвигает активность, присущую всем живым организмам*. Формы этой активности, т. е. конкретные потребности, представляют собой реакцию на внешние условия, которыми они как бы и задаются. В этом случае мотивы человеческой деятельности вызываются потребностями, которые целиком определяются готовыми стандартами, присущими данному обществу и его культуре, или же системой целенаправленных воздействий. Другая группа теорий *основу надбиологических мотивов человеческой деятельности связывает с инстинктами, изначально присущими биологической конституции человека*. Исходя из этого любая конкретная потребность сводится к более широкой «базовой» потребности — в любви, уважении, самоутверждении, познании, эстетизме и т. д. Таким образом, каждая из этих групп теорий фиксирует внимание на одной из сторон сложного, диалектически противоречивого явления — человеческих потребностей, определяющих тот или иной характер, вид, направленность, *человеческой мотивации — побудительных причин деятельности*.

Профессор Г. Г. Дилигенский пишет, что *в советской психологии поставлена проблема энергетической природы мотивации, той своеобразной «психоэнергетики», которая представляет собой психическую основу мотива, принципиально отличную от его физиологической основы*. Значит, в идеях Подолинского было рациональное зерно. Однако теперь энергетическая природа мотивации усматривается в столкновении двух противоположных тенденций: к слиянию с общественным и к выделению индивидуального, что составляет объективное противоречие в характере человеческого бытия и деятельности.

Дилигенский выдвигает гипотезу, в соответствии с которой это столкновение порождает особый вид глубинной психологической напряженности, которая становится источником, потенциальной энергетической «базой» развития и закрепления ряда потребностей; эту напряженность он называет *«базовой напряженностью»*.

У каждого человека базовая напряженность возникает и накапливается в процессе формирования его личности и развития контактов с другими людьми. Человек

тяготится этой напряженностью и ищет способов ее разрядки или хотя бы ослабления. В результате вырабатываются такие стимулы деятельности, которые позволяют ему сохранять устойчивое равновесие между стремлением к укреплению связей с обществом и стремлением к личной независимости, свободе. Эти стимулы охватывают все виды деятельности человека и в процессе борьбы различных мотивов формируют его конкретные потребности. Так постепенно вырабатываются относительно устойчивые потребности личности, образующие в совокупности ее духовный облик.

Отсюда ясны и разнонаправленность человеческих потребностей, и сходство многих из них у людей, живущих в разных социально-исторических условиях. Ведь ослабление напряженности осуществляется через потребности, в разном объеме и форме сочетающие противоположные мотивационные тенденции (к слиянию с обществом и к независимости от него), но сами эти тенденции носят общечеловеческий характер. Это и собственное благо, и благо других людей, и власть над другими, и выполнение требований группы, и творческий труд, и пассивное потребление. Они «разнонаправленны» и исторически устойчивы, поскольку соответствуют неизменной социально-индивидуальной природе человеческого бытия.

От энергоэнтропийного анализа труда как такового и его мотивов вполне логично перейти к энергоэнтропийному анализу развития искусственных средств труда, которые человек создает для увеличения своих возможностей воздействия на природу, — техники, а затем материального и духовного производства. В процессе материального производства осуществляется расширенное воспроизводство техники и продуктов личного потребления, а в процессе духовного производства (наука, образование, искусство) — расширенное воспроизводство знаний и культуры. Без того и другого невозможно существование человека, научно-технический и социально-экономический прогресс человечества.

Между человеком и природой — техника

Казалось бы, все знают, что такое техника, так как она всюду вокруг нас и без нее мы не можем сделать буквально ни шагу, — газовые плиты, холодильники, телевизоры, автомобили и поезда, шахты и рудники, металлургические печи и домны, всевозможные станки, электростанции, линии электропередач, опоясавшие страну, и т. д. Однако существует множество научных определений техники, которые основываются на различных концепциях — точках зрения, фиксируют внимание на тех или иных сторонах объектов техники.

Выделяя самые общие и самые существенные признаки, можно сказать, что *техника — это созданные и создаваемые человеком материальные средства, используемые им с целью расширения его функциональных возможностей в самых различных областях деятельности для удовлетворения своих материальных и духовных потребностей.*

Функционально однотипные *технические средства образуют отрасль техники* (горная техника, транспортная техника, энергетическая техника и т. п.), а вся совокупность технических средств — *технику в целом. Объекты техники представляют собой открытые целостные материальные системы, которые занимают промежуточное положение между общественным человеком и природой, взаимодействуя с ними, а также — между собой* (рис. 6).

Приведенное определение дано на основе предметного значения термина «техника». Этим определением мы и будем пользоваться дальше. Тем более что К. Маркс называл технику «модифицированными предметами природы». Но это значение не следует путать с технологическим, в соответствии с которым, например, известный английский ученый Дж. Бернал определял технику как «индивидуально приобретенный и общественно закрепленный способ изготовления чего-либо».

Возникнув как элемент трудового процесса в сфере производства, техника затем проникла и в непроеизводственную сферу — общественную, культурную и т. д. В результате образовалось множество видов технических

средств, которые группируют по-разному. Например, профессор Ю. С. Мелещенко выделяет следующие группы.

I. Производственная техника: 1) энергетическая; 2) добычи и производства исходных материалов; 3) первичной обработки материалов, выпуска сырья и частично готовой продукции; 4) технологическая; 5) транспортная; 6) контроля и управления и т. д.

II. Непроизводственная техника: 1) сферы управления, финансов и т. п. (вычислительная, конторская и др.); 2) военная; 3) техника культуры (науки, образования, искусства, воспитания и т. п.); 4) здравоохранения; 5) связи; 6) быта (жилищного и коммунального хозяйства); 7) пассажирского транспорта и т. д.

Профессор Г. Н. Волков считает нужным делить технику на «активную», которая помогает человеку активно воздействовать на природу, и «пассивную», обеспечивающую возможность активного воздействия. К последней он относит производственные помещения, железные доро-

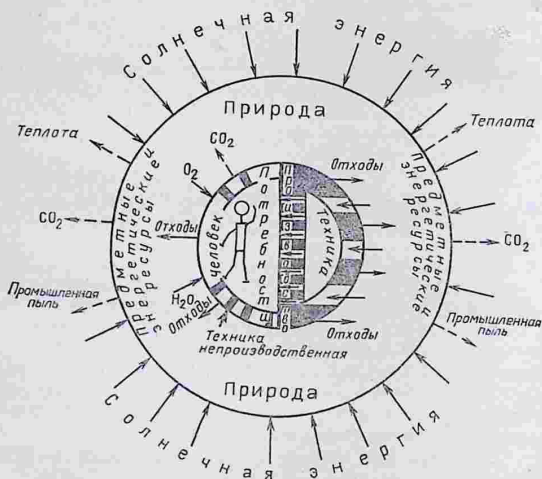


Рис. 6. Человек, техника, природа — обмен веществом, энергией и информацией

ги, мосты, каналы, гидромелноративные сооружения, телефон, радио, телевидение и т. п. При этом он отмечает, что пассивную технику не всегда удастся четко выделить из предметов материальной культуры — гораздо более широкого, чем техника, понятия (например, здания, служащие для жилья, он к технике не относит).

Эти вопросы продолжают дискутироваться.

Основным принципом «самодвижения», законом развития техники, как известно, является замена «естественных производственных инструментов» (К. Маркс) человека искусственными, превращение этих последних в орудия механического аппарата или замена «человеческой силы силами природы» (К. Маркс). В. И. Ленин писал: «...Прогресс техники в том и выражается, что человеческий труд все более и более отступает на задний план перед трудом машин».

Машина — это устройство, которое заменяет человека в тех или иных его действиях. Раньше первыми машинами считались водяные и ветряные мельницы, которые заменили физическую силу человека, иногда — часы, автоматически выполнявшие функцию отсчета времени. После работ немецкого этнографа Ю. Липса (1895—1950) первыми машинами стали называть охотничьи ловушки, которые были придуманы тысячелетия назад.

Каждая машина состоит из трех основных элементов — двигателя, передаточного механизма и рабочей машины. Последняя представляет собой «механизм, который, получив соответственное движение, совершает своими орудиями те самые операции, которые раньше совершал рабочий подобными же орудиями» (К. Маркс).

По К. Марксу, развитие машинной техники происходило как восхождение по следующим ступеням: «Простые орудия, накопление орудий, сложные орудия; приведение в действие сложного орудия одним двигателем — руками человека, приведение этих инструментов в действие силами природы; машина; система машин, имеющая один двигатель; система машин, имеющая автоматически действующий двигатель».

Совокупность производственных машин К. Маркс образно называл «костной и мускульной системой производства» (в отличие от «сосудистой системы производства» — труб, сосудов и т. п., например, в химическом производстве).

Функции, которые человек постепенно передает машинам, можно разделить на следующие основные группы: 1) энергетические («силовые»); 2) технологические; 3) транспорта и связи; 4) контрольно-управленческие; 5) вычислительно-логические; 6) военные; 7) замещения органов человека, животных и т. д.

В мануфактурном производстве при ручном труде каждый рабочий выполнял какую-то одну операцию. И К. Маркс писал в «Капитале», что здесь рабочий превращает свое тело в «автоматически односторонний орган», в машинном же производстве он представляет собой «наделенный сознанием придаток частичной машины». Машина же, «обладающая вместо рабочего умением и силой, сама является тем виртуозом, который имеет собственную душу в виде действующих в машине механических законов и для своего постоянного самодвижения потребляет уголь, смазочное масло и т. д. (вспомогательные материалы), подобно тому как рабочий потребляет предметы питания».

Таким образом, *каждая машина есть преобразователь энергии и производитель энтропии окружающей среды. Причем в отличие от животных, использующих постоянно возобновляющиеся энергоресурсы (в виде пищи), машины потребляют в основном более невозобновляемые источники энергии — нефть, природный газ, уголь, ядерное топливо и т. п.*

Создавая технику за счет быстро истощающихся природных запасов энергии, человек накапливает энергию и негэнтропию в овеществленном виде технических средств, с помощью которых затем борется с естественно протекающими всюду процессами энтропизации. Поэтому *количество энергии, затрачиваемое на производство объекта техники, может служить абсолютной мерой стоимости объекта, так как денежная цена его «скачет» в зависимости от конъюнктуры рынка.* В связи с этим развитие техники всегда происходит, кроме всего прочего, в направлении все более экономного расходования энергии на функционирование и производство техники и на все большее увеличение негэнтропии объектов техники, что отвечает требованиям 3-го и 4-го законов энергоэнтропии. 5-й же закон в соответствии с этим определяет «выживаемость», победу в конкурентной борьбе энергоэнтропийно наиболее эффективных объектов техники. В связи с этим введение автоматического управления объектами техни-

ки бывает целесообразным только в тех случаях, когда оно приводит к повышению энергоэнтропийной эффективности функционирования техники, т. е. когда автомат обеспечивает работу на самых экономичных режимах.

Для определения закономерностей развития техники и их энергоэнтропийного выражения необходимо прежде всего установить *параметры развития техники*, т. е. *параметры состояния ее объектов как открытых материальных систем, функционирующих и развивающихся в окружающей социально-природной среде*. Как мы знаем (см. с. 25, 26, 42), необходимое и достаточное для однозначного определения состояния таких систем независимых параметров должно быть равно числу взаимодействий систем с окружающей средой и качественно соответствовать этим взаимодействиям. Поскольку же техника строится из «вещественного материала» (в противоположность науке, создаваемой, по Ф. Энгельсу, из «мыслительного материала») и в разной степени удовлетворяет потребности общественного человека (производственные, духовные и т. д.), то *параметры состояния должны быть качественно-количественными показателями объектов техники*.

Тщательный анализ многих объектов техники показал, что к таким параметрам можно отнести: *критерии эффективности* $\xi = \varphi(F, \kappa)$, *критерии развития* $\kappa = \alpha(f)$, *внутренние факторы* $f = \beta(F)$ и *внешние факторы* F .

Можно предположить, что эти параметры наподобие параметров состояния идеального газа (см. с. 42) должны быть связаны между собой каким-то уравнением состояния развития техники $\xi = \varphi\{F, \kappa = \alpha[f = \beta(F)], \tau\}$, где τ — время.

Критерии эффективности — это социально-технические параметры, оценивающие качественно (виды «услуг» — функций, оборудования, предметов культуры, бытовой техники и т. п.) и количественно (производительность, удельный расход энергии, надежность, экологическую чистоту и т. п.) степень соответствия того или иного объекта техники удовлетворяемой им потребности. Это «внешние показатели» объектов техники.

Связь техники с природой выражается с помощью критериев развития через внутренние и внешние факторы. *Критерии развития* — это те *внутренние показатели, изменение которых ведет непосредственно к изменению критериев эффективности*. Так, уменьшение расхода топ-

лива в автомобильных двигателях, т. е. повышение кпд $\eta = 1 - 1/\varepsilon^{k-1}$, определяется в основном величиной степени сжатия ε (показатель адиабаты k зависит от вида топлива и изменяется мало), которая и является в данном случае критерием развития. Повышение же удельной мощности (производительности) зависит от *нескольких критериев развития*: среднего индикаторного давления газов в цилиндре p_i , рабочего объема цилиндра V_h , числа оборотов коленчатого вала двигателя n , числа цилиндров z , числа тактов Θ , массы двигателя m , механического кпд η_m , связанных зависимостью $N_{уд} = \eta_m p_i V_h n z / 3 \cdot 10^4 \Theta m$.

Критерии развития зависят от *внутренних факторов* развития — всех остальных количественных показателей объектов техники, которые влияют на величину критериев эффективности через критерии развития. Внутренние факторы можно разделить на две группы: 1) факторы, характеризующие материальную основу техники, — материалы, виды энергии и т. п.; 2) факторы, характеризующие структурно-функциональную основу техники, — строение и количество рабочих органов, особенности рабочего процесса и т. п.

Количество и вид внутренних факторов не только у разных типов, но и у разных видов одноптипных объектов техники различны. Так, при совершенствовании тепловых двигателей в направлении экономного расходования топлива для бензиновых поршневых двигателей внутренними факторами будут: количество и расположение свечей в головке цилиндра, форма ее и другие особенности, влияющие на степень сжатия; для газотурбинных двигателей — термостойкость материала лопаток, системы их охлаждения и т. п.

Внутренние же факторы, в свою очередь, в большинстве случаев зависят от действия *внешних факторов*: социально-экономических, политических, личностных, интеллектуально-психических особенностей и уровня образования людей (ученых, инженеров, администраторов), географических условий, геологических запасов энергетических и предметных ресурсов (угля, железной руды и т. п.) и т. д.

Социально-экономические и политические факторы могут не только ускорять или замедлять развитие техники, но и видоизменять закономерности этого процесса, выдвигая в качестве критериев эффективности, стимулирующих

развитие, а иногда и критериев развития, различные показатели. Например, в тех странах, где много мелких крестьянских хозяйств, сельскохозяйственная техника должна выпускаться в расчете на них — меньшего размера, небольшой производительности и стоимости. В периоды войн прекращается выпуск одних видов техники и бурно развивается производство других, критерием эффективности становится не экономичность, надежность и т. п., а главным образом боевая эффективность и сохранение своих сил.

Наличие или отсутствие тех или иных энергоресурсов, запасов редких металлов и т. п. тоже оказывает существенное влияние на развитие техники.

Воздействие личных качеств людей на развитие техники проявляется по-разному. Так, Герон Александрийский, движимый духовной потребностью познания и творчества, благодаря своему таланту построил прототип реактивной турбины за 1800 лет до того, как в ней возникла потребность и появилась производственная возможность ее изготовления. Открытие ядерной энергии и метода ее практического использования (1896—1940 гг.) также стимулировалось не потребностью человечества в энергии — в то время такой потребности не было. Однако всегда была и останется неутолимая потребность человеческого духа и пытливого разума проникать в тайны природы и создавать искусственный мир техники для увеличения скромных природных возможностей человека, потребность в самоутверждении, первенстве и т. п.

Выявляя критерии эффективности для того или иного объекта техники и соответствующие им критерии развития, можно построить качественно-количественные социально-технические историко-прогнозные закономерности развития этого объекта в системе координат «критерий эффективности, критерий развития, время» (рис. 7). Анализ этих закономерностей позволяет получать самые различные научно-технические, социологические, идеологические и другие результаты, имеющие практическое значение. Та-

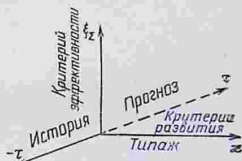


Рис. 7. Система координат закономерностей развития техники: ξ — критерий эффективности; x — критерий развития; τ — время

кие закономерности можно перевести и на энергоэнтропийный язык.

Правда, из-за разнообразия видов каждого объекта техники нелегко обнаружить общий критерий развития. Поэтому обычно координата «критерий развития» совмещается с координатой «время» и на ней откладывается изменение «типажа» видов объекта во времени (рис. 8, а).

Здесь на графике в интервале времени с 1700 по 2030 г. отражены: 1) основные типы энергоустановок, эксплуатировавшиеся в прошлом, настоящем и ориентировочно прогнозируемые на будущее; 2) законы изменения кпд, характерные для каждого типа энергоустановок (форма и расположение кривых); 3) общий закон изменения кпд энергоустановок как объекта техники (оггибающая кривая); 4) предельные возможности совершенствования по этому критерию (кпд) как отдельных видов энергоустановок, так и всего этого объекта техники.

На первый взгляд может показаться, что такого рода графики не отражают влияния социально-экономических и других внешних факторов, но это не так. Влияние внешних факторов отражено в протяженности кривых во времени, в их форме, зависящей также от содержания и размерности координаты «типаж» — критерий развития. Да и сами критерии эффективности могут быть различными

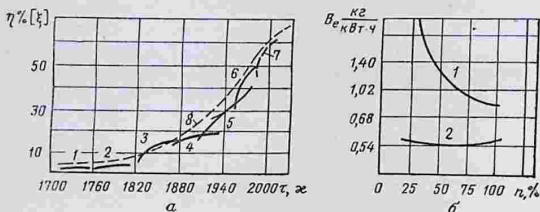


Рис. 8. Законы развития а и законы функционирования б техники.

а: 1 — паровые машины Сэвери—Ньюкомена; 2 — паровые машины Уатта; 3 — усовершенствованные паровые машины; 4 — паровые машины с тройным расширением пара; 5 — первые паровые турбины; 6 — двигатели внутреннего сгорания (поршневые); паровые турбины высокого давления; 7 — топливные элементы; магнитогазодинамические электрогенераторные установки; 8 — оггибающая кривая;

б: внешняя характеристика: удельный расход горючего в зависимости от числа оборотов вала у 1 — газотурбинных и 2 — карбюраторных поршневых двигателей внутреннего сгорания

в зависимости от внешних факторов; например, в одних условиях главным критерием эффективности транспортного самолета может быть экономичность, а в других — скорость, грузоподъемность и соответственно удельная мощность двигателя.

Существенный недостаток этого графика — отсутствие данных о критерии развития на соответствующей координате, где вместо них нанесен лишь «типаж». Причина этого кроется в том, что по традиции критериями развития каждого из этих типов двигателей принято считать на первый взгляд разные величины (степень сжатия, степень расширения, разность температур, максимальную температуру и т. д.). Однако все эти частные критерии развития (как и любых других объектов техники) можно свести к единым, общим критериям. В данном случае это будет отношение реально «срабатываемой» разности температур к максимальной температуре (называемое специалистами кпд эквивалентного цикла Карно), умноженное на величину механического кпд — η_m , учитывающего потери на трение, привод вспомогательных механизмов и т. д. — $\eta_e \approx \eta_m \frac{T_1 - T_2}{T_1}$. Этот критерий выражает отношение

полезно использованной энергии ко всей затраченной, т. е. является чисто энергетическим. Поскольку же его увеличение в каждом типе двигателя достигается разными конструктивными (структурными) средствами, можно полезный эффект связать и с ростом величины негэнтропии. В результате мы «выходим» на 4-й и 5-й законы энергоэнтропии и получаем возможность сравнивать объекты техники с помощью соответствующих энергоэнтропийных показателей.

Выше мы говорили о законах и закономерностях развития техники в течение десятков и сотен лет, т. е. о законах ее совершенствования, прогресса в результате различных изменений конструкции (поршней с цилиндрами, турбинных колес с соплами и т. п.), характера рабочего процесса и его параметров (скорости, давления, температуры и т. п.). Эти закономерности не следует путать с законами функционирования (см. рис. 8,б), когда и конструкция, и рабочий процесс остаются неизменными.

Изучать законы функционирования и законы развития реальных систем можно только взаимосвязанно, поскольку их организация, функционирование и развитие неотделимы друг от друга.

Материалистическая диалектика учит, что источником всякого развития, движения являются противоречия. Это в полной мере относится и к технике, с помощью которой общество, люди производят вещи для удовлетворения материальных и духовных потребностей (рис. 9), являющихся движущими силами развития техники.

Материальные потребности выражаются прежде всего через потребности производства (хотя в этом процессе участвуют и политика, и наука, и культура и т. п.), которые составляют *внешние потребности развития техники*. *Внутренние же потребности ее развития* проявляются через потребности в повышении ее совершенства, «самодвижения».

Противоречия, служащие источником развития техники, можно разделить на три группы:

1) противоречия между потребностями человека и

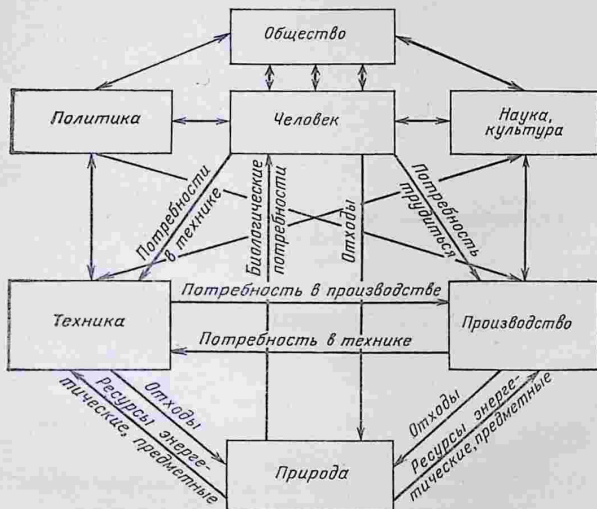


Рис. 9. Взаимосвязь между основными потребностями в окружающем человека материально-духовном мире

возможностями производства — определяют точки приложения и интенсивность *движущих сил развития производства*; эти противоречия и движущие силы особенно велики в тех или иных экстремальных условиях;

2) противоречия между потребностями производства и существующей техникой — определяют характер и интенсивность *внешних движущих сил развития техники*; например, потребность в выпуске новой продукции стимулирует создание более совершенных станков;

3) противоречия между потребностью повышения совершенства, эффективности техники и ее вещественно-энергетическими и структурно-функциональными возможностями определяют характер и интенсивность *внутренних движущих сил развития техники*; например, потребность дальнейшего повышения экономичности газовых турбин стимулирует создание термостойких материалов для лопаток.

Говоря о внешних и внутренних движущих силах развития техники, не следует забывать, как это иногда делают, что сами по себе эти силы мертвы, как мертвы техника и производство. Они лишь стимулируют через возвышение потребностей деятельные, живые силы человека, человеческого общества, которые и наполняют мертвую материальную форму внешних и внутренних движущих сил развития техники живым, активным содержанием.

Внешние тенденции развития техники, отвечающие всевозвышающимся материальным и духовным потребностям общественного человека, но прежде всего — потребностям производства, таковы: расширение спектра замещаемых функций человека, максимальная автоматизация выполнения каждой функции, максимальная удельная производительность, минимальное расходование энергии и материалов, высокая технологичность (минимум затрат на изготовление), максимальная надежность и оптимальная долговечность, экологическая чистота и максимальная безотходность функционирования и т. д.

Для удовлетворения этих внешних требований к технике она должна непрерывно совершенствоваться внутренне. *Внутренние тенденции развития техники*: применение все более термостойких, твердых, упругих, малокоррозирующихся материалов; переход от механической формы движения к химической, электрической и т. д.; переход от органических источников энергии к ядерным

и возобновляемым; совершенствование структуры — уменьшение деталей на принципиально новом уровне строения, унификация элементов и т. п.; интенсификация и повышение напряженности рабочего процесса с введением его внутренней автоматизации; все большее использование опыта живой природы («биологизация»); развитие биотехнических систем и т. д.

Внешние и внутренние тенденции конкретизируются как внешние и внутренние закономерности развития объектов техники.

Внешние закономерности формируются на основе законов диалектического и исторического материализма. Буржуазные же специалисты прогнозируют изменение потребностей в «услугах» техники с помощью всевозможных абстрактных социологических моделей движения в направлении к «идеальной организации общества», основывающихся на различном понимании «всеобщего и индивидуального материально-духовного блага». Эти модели часто ориентируются на «полную технизацию» человеческой деятельности, жизни. В реальных же условиях действуют реальные внешние закономерности развития техники, определяемые самыми различными видами ограничений. Так, задолго до «полной технизации» развитие техники может затормозиться из-за истощения тех или иных предметных и энергетических ресурсов, загрязнения окружающей среды, гиподинамии человека и других факторов.

Внутренние закономерности развития объектов техники выражаются зависимостями критериев эффективности от критериев развития, а через них — и от внутренних факторов. Выше это было показано на примерах зависимости кпд двигателя от степени сжатия и показателя адиабаты, зависимости удельной мощности от ряда критериев развития (индикаторного давления, числа оборотов и т. д.); о трех направлениях развития см. на с. 102.

В исследованиях по развитию техники часто употребляется термин «*внутренняя логика развития техники*» и по аналогии с внутренней логикой развития науки подразумевается однозначность этой логики. На самом деле это не так. Например, логика развития ядерной техники в зависимости от внешних факторов может вести к созданию и атомных бомб и атомных электростанций. В зависимости же от критериев развития и внутренних факторов та-

ких «логик» может быть множество. В общем случае их число равно произведению количества критериев эффективности, критериев развития и внутренних факторов. Иными словами, система внутренней логики — внутренних закономерностей развития выражается матрицей.

Движение по различным направлениям и ступеням этой матрицы в соответствии со всей совокупностью внешних факторов, действующих в каждый данный момент времени, составит комплексные социально-технические закономерности развития техники.

Механизм образования их таков. В трехмерной системе координат строятся две закономерности — внешняя и внутренняя, причем первая выражает изменение внешних (производственных и др.) социальных потребностей, а вторая — изменение внутренних, технических возможностей реализации этих потребностей. На пересечении этих двух кривых возникает «узловая техническая проблема» (рис. 10), которая может быть разрешена в данный момент времени при выполнении третьего условия — экономической целесообразности.

Однако, как мы увидим дальше (см. с. 115), эти условия необходимы, но еще недостаточны для реализации узловой проблемы. К ним надо добавить *определенный интеллектуально-психический и образовательный уровень специалистов*, а также необходимые для его полного использования *уровень организации работ и уровень общественного развития страны*. Геометрическое место точек, соответствующих реализованным узловым проблемам, и составит социально-техническую историко-прогностическую закономерность развития объекта (см. рис. 8,а).

Взаимодействие указанных выше необходимых трех движущих сил развития техники производства — социальных потребностей, технических возможностей и экономической целесообразности — изображают в виде «при-

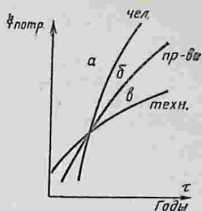


Рис. 10. Возникновение узловой технической проблемы:

а — закономерность возвышения потребностей человека; б — закономерность возвышения потребностей производства; в — закономерность изменения возможности развития объекта техники

чинного треугольника» (рис. 11), стороны которого выражают обоюдные связи между ними.

Теперь обратимся к другой важной проблеме — *теоретическому определению всех возможных видов каждого объекта техники* — пропущенных историками в прошлом и будущем. Эти виды должны базироваться на *сущностных признаках*, соответствующих трем основным направлениям внутреннего развития: 1) повышение напряженности, интенсивности рабочего процесса (увеличение температур, давлений и т. п. за счет применения новых материалов, новых видов энергии и т. п.); 2) изменение характера функционирования, т. е. конфигурации рабочего цикла; 3) изменение структуры объекта.

Возможность решения этой задачи основывается на том очевидном факте, что *искусственный мир техники, развиваясь в пределах общих законов естествознания, подчиняется и своим собственным законам развития*. Так, например, несмотря на то что животные передвигаются с помощью ног, плавников и крыльев, человек не может искусственно воссоздать эти естественные движители и вынужден использовать на транспорте колеса, винт и реактивную струю. Но конечно, такие задачи могут решаться только с позиций науки сегодняшнего дня. То новое, что будет открыто в будущем в науке и технике, предсказать очень трудно.

Наиболее подходящим методом для этого является *морфологический анализ*, на основании которого затем составляются *естественные историко-прогнозные классификации различных вариантов исследуемого объекта*. Основы этого метода были заложены в 1620 г. Ф. Бэконом в его «Новом органоне», в зачаточном же виде он применялся еще в глубокой древности.

Морфологический анализ позволяет выявить — предсказать, обозначить, подсчитать и классифицировать все

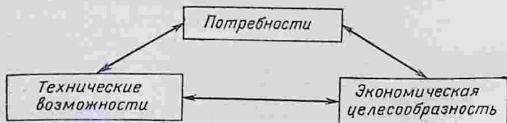


Рис. 11. «Причинный треугольник», связывающий социальные потребности, технические возможности и экономическую целесообразность — движущие силы развития техники

возможные устройства для выполнения какой-либо функции — структуру, конфигурацию рабочего цикла, показатели рабочего процесса, т. е. *предсказать еще не сделанные изобретения*. Принцип его прост — выбираются какие-то характерные, сущностные признаки исследуемого объекта (в зависимости от задачи исследования) и путем изучения всех их сочетаний 1) на возможность технической осуществимости и 2) на приемлемую величину соответствующих критериев эффективности — выявляются те реальные, которые могли эксплуатироваться в прошлом, но забыты или пропущены историками или же имеют хорошие перспективы.

Разработка морфологической классификации начинается с фиксации чисто внешних, описательных признаков. Так, тепловые двигатели можно разделить на поршневые, лопаточные (турбинные) и сопловые (реактивные), не вникая в сущность их строения и функционирования (рис. 12,а). От такой *описательной классификации* переходят к *описательной классификации с объяснением* (рис. 12,б) — от познания явления к его сущности. В нашем примере выясняется, что три внешних признака А, В и С объединены общим, сущностным началом — строением рабочего органа и являются поэтому сущностными признаками I, т. е. p_A^I , p_B^I и p_C^I . В результате получается *переходная классификация* (рис. 12,в). Мы шли к ней от описательной классификации, внешние признаки которой служили и обозначением классов. Если же переходную классификацию повернуть так, чтобы она начиналась

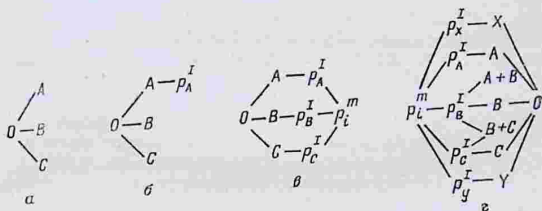


Рис. 12. Принципы разработки классификации существующих видов и выявления возможных видов технических объектов: а — описательная классификация; б — описательная классификация с объяснением; в — переходная классификация; г — сущностная классификация

с сущностных признаков p_i^m , то мы получим искомую *сущностную морфологическую классификацию* (рис. 12,2). Такие классификации несравненно глубже, чем предыдущие, ибо основаны на сущностных признаках. Сущностная классификация позволяет обнаружить промежуточные виды $A+B$ — турбопоршневые и $B+C$ — турбореактивные, а также какие-то новые X и Y , ранее неизвестные виды двигателей.

Самое главное в классификации — выбор признаков. Они могут характеризовать функции объекта: энергетические, технологические, транспортные и т. д.; его внутренние особенности: состав, структуру, материалы и т. д.; взаимодействие объекта с внешней средой: экологическая чистота и т. п.; внешние показатели объекта: производительность, экономичность, надежность и т. п. Не менее важно разработать правильную субординационную структуру классификации — от самых общих признаков ко все более частным.

В «Капитале» К. Маркс писал: «Дарвин интересовался историей естественной технологии, т. е. образованием растительных и животных органов, которые играют роль орудий производства в жизни растений и животных. Не заслуживает ли такого же внимания история образования производительных органов общественного человека, история этого материального базиса каждой особой общественной организации?» Но Ч. Дарвин, как известно, «историю естественной технологии» представил в виде всеобъемлющей *естественной классификации* организмов. Такая классификация раскрывает естественные, природные, органические связи между систематизируемыми объектами — растениями и животными. Некоторые специалисты считают, что естественные классификации объектов неорганической природы и тем более техники невозможны, и даже классификацию химических элементов Д. И. Менделеева относят к искусственным. *Искусственные же классификации* строятся по принципу координации, т. е. механического присоединения видов, групп друг к другу по каким-то «искусственно» заданным признакам в отличие от естественных классификаций, основанных на принципе субординации, т. е. развития. Однако академики Б. М. Кедров и В. Г. Афанасьев считают возможным разрабатывать естественные классификации объектов неорганической природы (таблица Д. И. Менделеева и построенная на ее основе классификация минералов) и

техники, но, конечно, не на основе природной, а на характерной для техники — закономерной субординационной — связи между видами, группами и т. п. Причем такие классификации должны строиться на основе видов материи, форм их движения и взаимодействия, предоставляемых человеку природой, поскольку объекты техники есть преобразованные, видоизмененные предметы природы, созданные и действующие на основе ее законов. По этим «мостам» и происходит переход от природы к технике, а уж затем выясняется закономерная связь между самими техническими объектами или различными видами одного объекта. Произвольно ли развитие техники? Ограничено ли оно только творческой фантазией конструктора и изобретателя? Или же есть какие-то свои естественные границы, формы и специфические законы строения и функционирования и у техники, через которые человек переступить не властен? На основе многовекового опыта представляется, что такие границы, конечно, есть. Раскрыть всю гамму таких возможностей и границ развития техники и позволяет естественные морфологические классификации технических объектов.

Однако насколько известно, пока такая классификация разработана только для энергетической техники. Познакомимся кратко с ее главными положениями.

Вначале составляется классификация видов энергии, предоставляемых человеку природой. Она строится на основе комплексного критерия: виды материи — формы движения — виды взаимодействий. Виды материи: атом, электрон, фотон, нейтрино и т. д.; формы движения: механическая, электрическая, тепловая и т. д.; виды взаимодействий: ядерное (сильное), электромагнитное, слабое (с участием нейтрино) и гравитационное (сверхслабое). В результате и получается 15 видов энергии, о которых мы говорили на с. 10—11. Там же отмечалось, что пока из них практическое значение имеют только 10 видов.

Произведем с помощью этих видов энергии морфологический анализ и определим все возможные варианты энергетических установок прямого превращения энергии (см. табл. на с. 106).

Результаты этого анализа переведем на общепринятый технический язык и объединим на морфологической карте источников энергии (с их различными носителями), преобразователей энергии и потребителей энергии. Их

	Вид энергии	Роль	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Ядерная	Е и И ИЭ	⊗	+	⊕	+	+	+	+	+	⊗	+
2	Химическая	Е и И ИЭ, НЭ	-	⊗	+	+	+	+	-	⊗	⊗	+
3	Электромагнитная	ПЕРЭ; Е ИЭ	-	⊗	⊗	+	+	-	-	⊗	⊗	+
4	Гравитационная	Е ИЭ	-	-	-	+	+	-	-	⊗	+	⊗
5	Упругая	И ИЭ и НЭ	-	-	-	+	+	+	+	+	+	⊗
6	Электростатическая	И ИЭ и НЭ	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
7	Магнитостатическая	И ИЭ и НЭ	-	-	-	+	+	+	+	+	+	⊕
8	Электрическая	ПЕРЭ	-	⊕	+	+	+	+	+	⊗	⊕	+
9	Тепловая	Е и И ИЭ; НЭ	-	+	⊕	-	⊕	-	-	+	⊗	⊗
10	Механическая	Е и И ИЭ; НЭ	-	-	-	⊕	⊕	+	+	⊗	+	⊗

- непосредственное превращение невозможно;

+ непосредственное превращение возможно, но практического интереса не представляет;

⊕ непосредственное превращение возможно и представляет практический интерес, но не для энергетических целей;

⊕ непосредственное превращение возможно, представляет практический интерес, но пока почти (или совсем) не используется;

⊗ то же, что и предыдущее, но частично уже используется;

⊗ то же, что и предыдущее, но используется широко;

Е ИЭ естественный (природный) источник энергии;

И ИЭ искусственный ИЭ,

НЭ накопитель энергии;

ПЕРЭ переносчик энергии.

различные сочетания и дают естественную классификацию энергетических установок (см. схему на с. 108—109).

Если бы все прямые превращения энергии были технически освоены и достаточно эффективны, то количество типов энергоустановок оказалось бы небольшим. Поскольку же это не так, приходится иметь дело с двух- и трехступенчатыми системами установок. Кроме того, для транспортных средств добавляются разные двигатели. Однако даже с учетом этого количество существующих

возможных типов и видов энергетической техники относительно невелико (см. схему на с. 110—111).

Все возможности развития «типажа» этого объекта техники на рассмотренном иерархическом, субординационном уровне его естественной классификации стали известны, и нет больше оснований рассчитывать, что здесь остались какие-то скрытые изобретательские резервы.

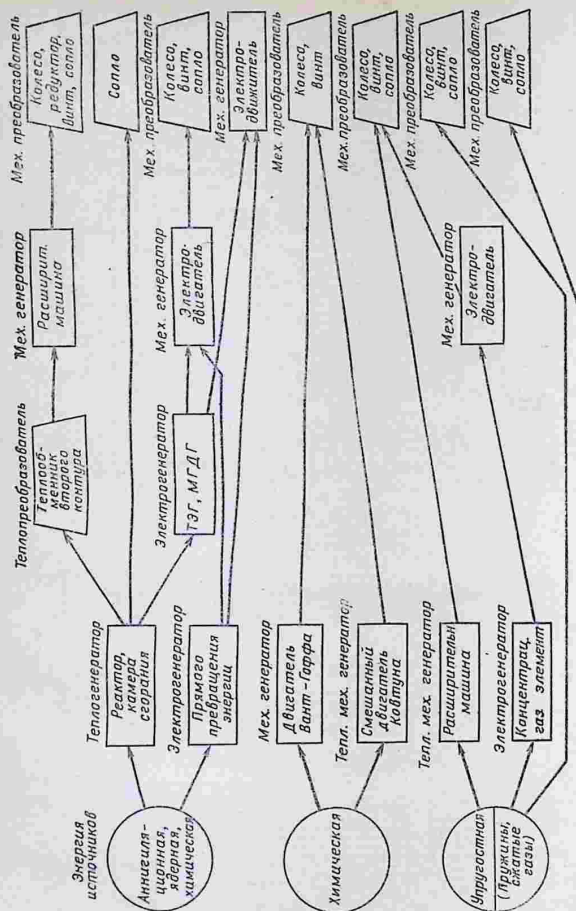
Дальнейшее движение по ступеням иерархической последовательности признаков, в глубь каждого типа энергетических установок совершается с помощью тех же приемов.

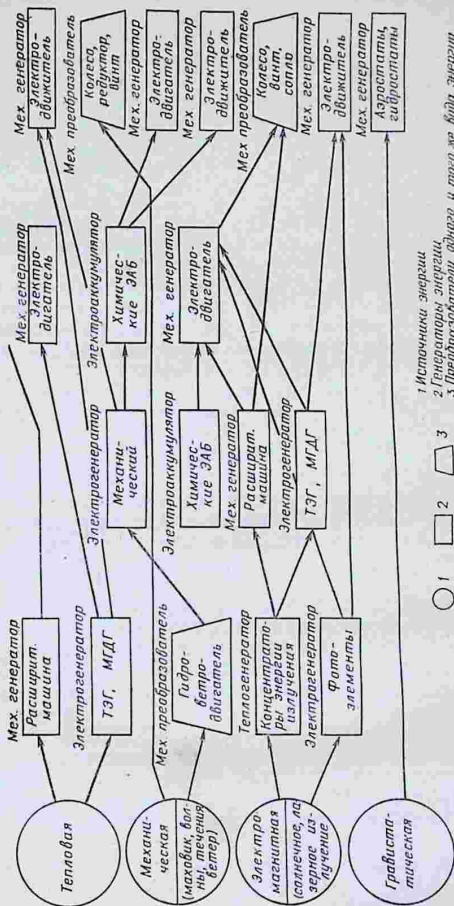
Таким образом, этот пример свидетельствует о том, что *существует реальная возможность разработки естественных классификаций объектов техники*. Отсюда же следует и еще более важный вывод: *можно разработать и всеобщую классификацию техники* — не искусственную, пригодную для решения какой-то частной задачи, а опять-таки естественную, подобную (но, конечно, как уже говорилось, основанную на других принципах) классификации органического мира Ч. Дарвина или классификации химических элементов Д. И. Менделеева.

Разработка таких классификаций — важная научная проблема, поскольку в процессе их создания и при успешном решении будут вскрыты новые научные факты и закономерности развития техники, которые дадут возможность более обоснованно и эффективно, чем теперь, строить планы дальнейшего научно-технического и экономического развития. Энергоэнтропийный же анализ таких классификаций позволит на самой широкой основе сравнивать и оценивать каждый вид, группу, класс объектов техники.

Интересную всеобщую классификацию объектов природы и техники, построенную на энергоэнтропийной основе, предложил американский философ К. Болдинг, исходя из 3-го закона — движения мира ко все более совершенной организации за счет затрат энергии и негэнтропии. Эта классификация включает следующие типы целостных систем:

- 1) статическая структура (атом, молекулы и т. п.);
- 2) уровень часового механизма (например, Солнечная система);
- 3) термостат (все самоуправляющиеся механизмы, модели животных, гомеостат);





1 Источники энергии

2 Генераторы энергии

3 Преобразователи одного и того же вида энергии

○ 1 □ 2 □ 3

4) клетка (открытая система, сохраняющая свою структуру и химический состав, способная к метаболизму, питанию, поглощению и обновлению одних частей и выбросу других);

5) ботанический уровень (сообщество клеток с исключительно сложной структурой и экстенсивным разделением труда; высокой информативностью — растение «знает» время появления листьев, цветения, плодоношения);

6) животный мир (здесь сообщества клеток определяют не только время труда, но и время сна, бодрствования; здесь выше уровень производства и поглощения информации, а также способность к обучению);

7) человеческая сущность (высшая ступень организации и целостности; отличие человека от животного не в способности принимать больше информации — негэнтропии, а в умении организовать информацию в сложные образы, самосознание и самопознание);

8) социальная, общественная организация (центральным «агентом», направляющим поведение целого, является, по Болдингу, «система ценностей»).

Поскольку, как мы знаем, степень совершенствования организации может быть измерена изменением негэнтропии, можно, приняв первую ступень за начало отсчета — за ноль негэнтропии, найти изменение, рост негэнтропии в каждой из этих ступеней и дать энергоэнтропийные оценки каждой ступени и различным этапам внутри ступеней.

Остановимся теперь на *основных этапах развития техники, технических наук* (без которых техника уже давно обойтись не может) и *деятельности специалистов* — ученых, изобретателей и разработчиков, силами которых происходит «овеществление знаний» в реальные технические средства.

Длительное время, вплоть до XVIII—XIX вв., техника развивалась «безнаучно», умельцами, за счет их интуиции, здравого смысла и копирования в той или иной степени предметов и явлений окружающего мира природы.

Дальнейшее развитие техники, создаваемой из природных материалов и в соответствии с законами природы, происходило на основе данных естественных наук, и состояние техники характеризовало уровень развития последних.

В первой половине XIX в. начинают формироваться технические науки, в которых опыт, навыки и умения, накопленные практиками, сливались с данными естественных наук. Поэтому технические науки можно рассматривать как преобразованные применительно к технике естественные науки. Наука стала освещать путь технике, пока они развивались параллельно.

С середины XX в. в период СНТР началось слияние науки с техникой и производством. Сохраняя *ведущее* положение по отношению к технике, наука вместе с тем не может больше развиваться без техники — все ее новейшие достижения не могли бы осуществиться без уникальной научно-исследовательской техники (ускорители элементарных частиц, лазерные установки, электронные микроскопы и радиотелескопы и т. п.). Таким образом, техника по отношению к науке заняла *определяющее* положение, обеспечивая ее дальнейшее развитие. Слияние науки с техникой не ведет к ликвидации их специфических методологических и других особенностей, связанных прежде всего с тем, что наука строится из «мыслительного материала», а техника — из вещественного.

С помощью технических наук создаются эскизные проекты технических объектов, и каждая из них при должном уровне развития состоит из теоретической, конструкторско-описательной и расчетной частей; пока к ним часто добавляется методология испытаний. В идеале в будущем технические науки смогут поставлять производству совершенно готовые чертежи новых «изобретенных ими» конструкций технических объектов и выдавать численные значения всех их параметров с такой точностью, что изготовленные по ним изделия не будут нуждаться в испытаниях и доводке. В результате этапы изобретательства и разработок будут исключены. При этом процесс проектирования и расчетов будет полностью автоматизирован.

Исходя из этого, *развитие технических наук, как и развитие техники, можно изучать с помощью той же трехкоординатной системы количественно-качественных зависимостей, которая была приведена на рис. 7. Надо только разработать соответствующую систему параметров развития.* Так, ориентировочно к критериям эффективности можно отнести: точность получаемых результатов; качественное разнообразие их; глубину прогнозного анализа; степень автоматизации процесса мысленного создания

данного технического объекта и т. п. В число критериев развития можно включить, например, степень дедуктивности построения технической науки; степень теоретизации и математизации ее; степень полноты алгоритмизации и т. п. Соответствующим образом должны быть определены внешние и внутренние факторы.

Деятельность специалистов также можно изучать с помощью аналогичной системы координат, разработав соответствующую систему параметров развития. В этом случае к критериям эффективности можно отнести: количество научных трудов, авторских свидетельств, проектов и т. п. — это формальные критерии; или же содержательные критерии — степень повышения точности расчетов (для новых методов расчета), увеличение числа результатов (для новых теорий), степень повышения математизации, алгоритмизации и т. п., достигнутые в результате деятельности специалистов. Критериями развития могут быть, например, уровень общей и специальной подготовки, степень овладения теоретическими и экспериментальными методами, степень использования рабочего дня и т. п. Соответственно определяются внешние и внутренние факторы.

Положительные интеллектуально-психические качества специалистов и уровень их образования проявляются в деле в зависимости от уровня развития общественной системы страны, а также от общего уровня организации работы в научно-производственных учреждениях, поскольку в наше время ученых-одиночек практически не осталось. А это значит, что для реализации «узловой технической проблемы», помимо «пересечения» в одной точке трех закономерностей — изменения потребностей, технических возможностей и экономической целесообразности (см. рис. 10 и 11), еще необходимо, чтобы в ней же условно «пересеклись» (с учетом, конечно, разной размерности) закономерности изменения и этих трех параметров (рис. 13).

Из сказанного ясно, что технические науки изучают лишь законы строения и функционирования объектов техники, для изучения же закономерностей их развития нужна другая научная дисциплина. Поскольку техника — открытая система, взаимодействующая с окружающей общественной и природной средой, ее развитие должно быть объектом и технических и общественных наук. Раньше в подобных случаях обе группы наук исследовали общий

объект своими методами, а потом синтезировали результаты. Теперь же, считает Б. М. Кедров, возможно образование комплексных наук, у которых при общем объекте вырабатываются и общие «синтетические» предмет и метод. Для изучения развития техники в прошлом и в настоящем с прогнозом на будущее необходима, как мы видели, комплексная социально-техническая наука, включающая в себя и историю техники. Ее можно было бы называть «техниковедением». Другой путь — методологически развить до требуемого уровня историю техники.

Известный историк техники профессор И. Я. Конфедератов показал, что эта наука, как и всякая другая, в процессе своего формирования в самостоятельную дисциплину проходит три этапа: 1) сбор фактического материала; 2) раскрытие его сущности и значения (интерпретации фактов); 3) выявление закономерностей развития техники и на их основе прогнозирование. К настоящему времени история техники, по его мнению, находится на втором этапе. Но через три этапа проходит и процесс познания — от явления к сущности. На первом этапе познаются качественные стороны объекта, на втором — количественные, а на третьем — те и другие в единстве.

С учетом этого и на основе изложенного выше мы приходим к единственно возможному выводу: история техники, сформировавшись окончательно в научную дисциплину, сможет в процессе своих исследований раскрывать

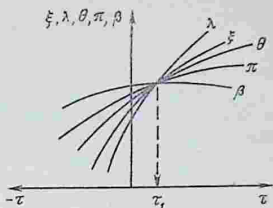


Рис. 13. Совокупность минимальных условий, необходимых для реализации («разрешения») узловой технической проблемы:

ξ — закономерность изменения социальных потребностей;
 λ — закономерность изменения технических возможностей;
 θ — закономерность изменения экономической целесообразности реализации проблемы;
 π — закономерность изменения уровня образования и интеллектуально-психических качеств специалистов, необходимого для правильной оценки сочетания трех условий и эффективной деятельности по реализации проблемы;
 β — закономерность изменения уровня организации деятельности специалистов в учреждениях, необходимого для полного использования их знаний и способностей;
 γ — уровень развития общественной системы страны

комплексные социально-технические, историко-прогнозные, качественно-количественные закономерности развития техники, т. е. те самые, к которым мы пришли выше. Это позволяет сформулировать метод истории техники.

Основываясь в общепhilosophическом и общеметодологическом плане на диалектическом и историческом материализме, этот метод заключается в выявлении и изучении комплексных социально-технических, историко-прогнозных, качественно-количественных закономерностей развития техники, выражающихся с помощью параметров ее развития — критериев эффективности, критериев развития, внешних и внутренних факторов. Результаты анализа этих закономерностей должны давать целостную историческую картину развития объектов техники и содержать прогнозные данные научно-технического, социологического, экономического, идеологического и другого характера, которые могут использоваться практически в соответствующих областях.

Этот метод реализуется в следующей последовательности:

- 1) сбор и систематизация фактического материала;
- 2) морфологический анализ и сопоставление его данных с реальными фактами исторического развития объекта;
- 3) разработка историко-прогнозной естественной классификации объекта, позволяющей выявить все его возможные виды;
- 4) определение источников и движущих сил развития объекта;
- 5) определение критериев эффективности и критериев развития и перевод их на энергоэнтропийный язык;
- 6) определение внутренних и внешних факторов и их энергоэнтропийной роли в развитии объекта;
- 7) построение графиков — закономерностей развития объекта в трехмерной системе координат (критерии эффективности, критерии развития, время) для различных условий;
- 8) сопоставление исторических фактов с данными теории и объяснение причин их несовпадения (при наличии такового) и прогнозное ориентирование развития;
- 9) анализ результатов исследования с целью их практического использования в различных областях;
- 10) составление конкретных рекомендаций научным,

промышленным, административным и другим учреждениям.

Таким образом, *не новые факты сами по себе, а новые концепции и закономерности на основе новых или уже известных, но по-новому обработанных фактов — вот задача будущих исследований.* Еще в 1965 г. Б. М. Кедоров говорил: «Что такое «фактологическая работа»? Работа бездумная, лишенная самостоятельно проведенного анализа фактов, сводящаяся к нагромождению фактов — они владеют автором, а не он ими. Если надо «серьезно вдумываться в факты», то надо перестать печатать фактологические работы».

Нам осталось познакомиться с *характером развития техники.*

Согласно диалектике количественные изменения, накопившись, скачкообразно переходят в качественные. Для каждого вида объектов техники существует свой *предел повышения эффективности*, после достижения которого совершается переход к принципиально новому виду. Так, в авиации длительное время повышение скорости достигалось увеличением мощности поршневых двигателей. Когда же возможности их были исчерпаны, был совершен скачок — переход к газотурбинному двигателю, а затем — к реактивному. Подобное эволюционно-революционное развитие проходит и производственная техника, вызывая соответствующие изменения (обычно повышение производительности труда) в самом производстве. Для оценки этих изменений используются следующие понятия.

Техническая революция — качественный скачок в развитии техники, переход к принципиально новым техническим средствам в какой-то области, что влечет за собой резкое повышение эффективности их функционирования.

Технический прогресс и множество технических революций — изобретение рычага, колеса, мельницы, паровой машины и т. п. происходили на протяжении всей истории человечества.

В конце XVIII — начале XIX в. совершилась техническая революция, которая вышла за рамки отдельных отраслей. В этот период изменилась вся база производства — произошел переход от ручного труда к машинному. На рубеже XIX и XX вв. свершилась «электротехническая революция» — кончился «век пара» и начался «век электричества». И т. д.

Промышленная революция протекает одновременно в технической, производственной и социальной областях, поскольку существенные изменения в средствах производства ведут к изменению производственных отношений, а это, в свою очередь, вызывает перестройку социальных условий жизни общества. Так, промышленная революция конца XVIII — начала XIX в. привела к ликвидации феодальных отношений и обеспечила переход к капитализму.

Научно-технический прогресс — новая форма развития общественного труда и совершенствования производства. Он основывается на интеграции, слиянии науки и техники, науки и производства. Главным условием развития научно-технического прогресса является опережающее развитие науки по отношению к технике, а техники — по отношению к производству.

Высшей формой научно-технического прогресса считается *современная научно-техническая революция*, начавшаяся в середине XX в. Ее *общей чертой называют коренное изменение всех элементов производительных сил; особой чертой — массовую автоматизацию производства на основе всеобщей электрификации; частным признаком — слияние науки с производством, превращение ее в производительную силу*, что привело к соединению научной и технической революции в единый процесс.

В период СНТР к известному трехзвенному машинному комплексу добавляется управляющая машина. Основной функцией человека становится создание, наладка и пуск автоматических систем.

Предполагается, что к началу XXI в. завершится автоматизация всех отраслей народного хозяйства и начнется *новая НТР — переход от использования добиологических форм движения к широкому применению биологических и биохимических свойств материи*. Это будет эпоха в значительной степени безмашинного производства и машинного, основанного на законах и принципах, которые позволят обществу и природе слиться в гармоническое целое, образовав, по В. И. Вернадскому, ноосферу.

Заметим, что ряд специалистов считает, что в происходящем научно-техническом прогрессе нет никаких «революционных» скачков, «разрушения» старого и «взрывного» возникновения нового, а значит, и нет никакой «революции». Происходит, хотя и быстрое, но плавное развитие, совершенствование науки, техники и производства.

Для того чтобы разобраться в этих процессах детальнее и вскрыть их энергоэнтропийную сторону, познакомимся с развитием материального производства, а затем духовного — науки.

Энергоэнтропика материального производства

Прежде всего вспомним основные понятия. *Материальным производством* называют процесс создания материальных благ — средств производства и предметов личного потребления, необходимых для существования и развития человеческого общества. Сначала процесс труда и процесс производства совпадают, но потом между ними обнаруживаются все большие различия. Производство осуществляется с помощью *производительных сил*, включающих *людей* — трудящихся и *средства производства*. Последние состоят из *предметов труда* и *средств труда*.

Определяющая роль в средствах производства принадлежит *орудиям производства* (машины, станки, оборудование и т. п.). Уровень и степень развития орудий производства служат мерилем развития производительных сил общества. Вместе с тем средства труда являются показателем тех общественных отношений, при которых совершается труд. Экономические эпохи, подчеркивал К. Маркс, различаются не тем, что производится, а тем как производится, какими средствами труда.

В процессе производства, обмена и распределения материальных благ люди вступают в *производственные отношения*, основой которых являются отношения собственности на средства производства. *Способом производства* называют исторически обусловленный способ добывания средств (пищи, одежды, жилища, орудий производства и т. п.), необходимых для жизни и развития человека и общества. *Способ производства составляет основу общественного строя*. Каков способ производства, таково и само общество, его господствующие идеи — идеология, политические взгляды, учреждения.

Каждый новый способ производства означает новую, высшую ступень в истории развития человечества — новую, высшую общественно-экономическую формацию: первобытно-общинную, рабовладельческую, феодальную, капиталистическую, коммунистическую.

Различают *общественный способ производства*, который представляет собой исторически обусловленный способ соединения производительных сил и производственных отношений, и *технологический способ производства*, который характеризуется исторически обусловленным способом соединения различных элементов производительных сил, прежде всего — человека и техники.

Мы рассмотрим в основном технологические способы производства, совершенствование которых заключается во все большем вытеснении человека путем передачи его трудовых функций технике. Сначала только физических или «механических» функций, а затем — и умственных. Напомним, что передача технике физических функций вызвала промышленную революцию конца XVIII — начала XIX в., а умственных — озаменовала примерно в середине XX в. начало СНТР.

Смена технологических способов производства происходит в результате нарастания и разрешения противоречий между личностными и предметными элементами системы «человек—техника». Изменение источника энергии, как бы оно ни было революционно, включая переход к ядерной энергетике, не приводит к возникновению нового технологического способа производства (поскольку автоматизация производства полезной энергии доведена практически до максимума).

Критерием перехода от одного технологического способа производства к другому служат *качественно новые этапы передачи функций человеческого труда различным техническим системам, т. е. изменения типа связи между человеком и техникой.*

С энергоэнтروпийной точки зрения совершенствование технологического способа производства выгодно только тогда, когда расход энергии становится меньше, а рост негэнтропии выше, чем при менее совершенном способе производства. Сам по себе факт постепенного высвобождения человека из процесса производства может оцениваться положительно только с социологической точки зрения — как улучшение условий жизни, увеличение досуга трудящихся и т. д.

С позиций современной науки и техники можно выделить следующие ступени совершенствования технологических способов производства.

1. *Инструментализация.* На стадии ремесла и особенно мануфактуры было разрешено противоречие между ес-

тественными возможностями человека и свойствами природных материалов, нуждавшихся в обработке.

2. *Механизация* — этап машинного производства. Наступил как результат обострения противоречия между потребностью в дальнейшем развитии производства, повышении производительности труда и ограниченными возможностями рабочего, который изо дня в день механически выполнял однообразные операции. Машина приняла на себя его функции.

3. *Комплексная механизация* — объединение ряда станков и механизмов в единую линию путем механизации процесса транспортирования обрабатываемых деталей со станка на станок с помощью электрификации. На этой ступени разрешилось противоречие между высокопроизводительными рабочими машинами и не соответствующими им передаточными механизмами. До этого каждая машина приводилась в действие одним паровым двигателем или же с помощью ременной передачи от одного двигателя к нескольким машинам. Электричество позволило объединить их. Именно это имел в виду К. Маркс, когда в 1850 г. говорил В. Либкнехту, что «царствование его величества пара, перевернувшего мир в прошлом столетии, окончилось; на его место станет неизмеримо более революционная сила — электрическая искра».

4. *Автоматизация технологических процессов*. Осуществляется по программе, заданной оператором, т. е. технике передается часть умственных функций человека. На этой ступени разрешилось противоречие между потребностью в дальнейшем развитии комплексной механизации и ограниченностью управленческих, контрольных и других технических возможностей человека. Развитие автоматизации проходит три этапа — начальная, комплексная и полная автоматизация. Последний этап — дело отдаленного будущего, человек обретет технологическую свободу — техника уже не будет ему диктовать темп и характер трудовых операций, он сам будет программировать технику. Техническая система тоже будет свободно развиваться, сбросив ограничения, которые были связаны со скромными возможностями человека. *Технологическая свобода является основой социально-экономической свободы человека*, которому не нужно будет тратить время на добывание средств существования и он сможет использовать его для духовного и физического развития. Правда, на этом уровне достигнутая свобода еще не аб-

солютна. Программирование, наблюдение за работой автоматов, регулирование их и т. п. остаются функциями человека.

5. *Кибернетизация* позволит подняться на предпоследнюю ступень развития технологических способов производства. Кибернетические автоматы будут вместо человека учитывать реальный ход наиболее вероятных процессов, вычислять наиболее выгодные режимы, настраивать обычные автоматы на выполнение этих режимов и контролировать все необходимые параметры технологических процессов. На этой ступени разрешаются противоречия между потребностями дальнейшего развития автоматизации и ограниченностью возможностей человека как живого информационно-управляющего аппарата. Кибернетические автоматы — самоприспосабливающиеся, вероятностного типа, их поведение не поддается точному математическому описанию, и технологическое программирование на стадии проектирования невозможно.

6. *Бионизация производства* — создание систем управления, действующих по принципам биологических систем. Они будут способны к самоорганизации как на микро-, так и на макроуровне. На этой ступени должно быть разрешено последнее противоречие — между требованием самостоятельного приспособления к непредсказуемым потребностям в выпуске новой продукции и неспособностью кибернетизированного производства к самореорганизации из-за недостаточной гибкости его производственного оборудования. Конечно, интенсивность процессов, протекающих в искусственных биотехнических аппаратах, будет во много раз выше, чем в естественных биосистемах.

В последнее время существенные изменения происходят и во взаимодействии орудий и предметов труда. На смену многовековой механической макротехнологии (использующей резцы, сверла и т. п.) идет микротехнология, действующая на основе достижений физики, химии, химической физики, биофизики, микробиологии, ядерной физики, квантовой механики и т. п. Начинает использоваться плазма, электромагнитное поле, радиоактивные излучения, лучи лазеров, сверхвысокие и сверхнизкие температуры и давления и т. д. Все это принципиально, коренным образом меняет характер взаимодействия между орудием и предметом труда. В такой «безмашинной тех-

нике» сливаются в единое целое двигатель, передаточный механизм и рабочее орудие.

За последние 30 лет произошли следующие изменения в производстве (следовательно, изменились и требования к технике):

1) возникла потребность в большом количестве энергии;

2) стремительно растет номенклатура изделий, отсюда резкое увеличение информационных потоков;

3) значительно усложняется технология изготовления изделий — быстро растет количество операций при обработке каждой детали, отсюда резко повышается трудоемкость и энергоемкость обработки;

4) усложняется конструкция изделий и растет количество деталей, что резко повышает требования к качеству их изготовления и своевременности поставок;

5) резко повысились требования к свойствам материалов, режущего инструмента и т. п.;

6) значительно сократилось время управленческого цикла: принятие решения и отдача распоряжения; оценка результата выполнения распоряжения; определение степени отклонения результата от заданного норматива (фактической величины от плановой); выполнение этих операций становится не по силам человеку, и поэтому неизбежно применение электронно-вычислительной техники;

7) резко сократилось время, которое проходит от открытия научно-технического явления до его технической реализации — с 1955 по 1975 г. в 3 раза, т. е. до 6—7 лет;

8) резко сократился срок морального износа изделий промышленности; теперь он составляет 5—7 лет.

Таковы основные черты развития материального производства в настоящее время и в обозримом будущем. Если же попытаться найти общие количественные критерии, позволяющие оценить это развитие, то, вероятно, пока это только энергоэнтропийные критерии эффективности, базирующиеся на сформулированных выше законах энергоэнтропии.

Действительно, с каждым новым, более совершенным способом производства растет производительность труда, т. е. количество накапливаемой в результате трудового процесса энергии, которая овеществляется в продуктах труда, продуктах производства.

Совершенствование организации, упорядоченности, структуры, информативности отдельных звеньев и всей системы производства может быть оценено величиной прироста негэнтропии. Энергоэнтропийная же эффективность процессов совершенствования технологических способов производства оценивается с помощью критериев, введенных с 4-м и 5-м законами энергоэнтропики, и с помощью их различных комбинаций.

Техника, методика определения входящих в эти критерии величин зависит от особенностей исследуемых объектов и принятых допущений.

Поиски в этом направлении начались давно. Можно снова назвать труды Н. А. Умова, В. Оствальда, А. А. Богданова и других.

В 1928 г. академик В. И. Вернадский писал, что «еще нет общей единицы для количественного сравнения всех естественных производительных сил, или, вернее, мы не умеем все их свести к этой единой единице, не можем одной единицей, например, выразить добычу металлов и горючего. А между тем необходимо и возможно свести к единой единице все; только при этом условии можно подойти к полному количественному учету той потенциальной энергии страны, которая может дать удобное для жизни представление о пределах заключающегося в данной стране народного богатства».

И действительно, надежным критерием целесообразности извлечения энергоресурсов может быть только отношение количества энергии, содержащейся в добытом топливе, к затратам энергии (в том числе энергии, овеществленной в амортизируемом оборудовании, расходуемых материалах и т. д.).

В 1935 г. Н. М. Федоровский разработал новую классификацию полезных ископаемых, в основу которой положил их себестоимость, исчисляемую в условных величинах энергоемкости. Этим было достигнуто единообразие в оценке различных технологических процессов добычи и переработки полезных ископаемых.

Академик А. Е. Ферсман, используя энергетический подход, пришел к выводу, что в процессах биогенеза и особенно техногенеза (образования и развития техники) совершенствование объектов происходит в направлении все большего накопления энергии и негэнтропии.

В последние годы к рассматриваемому вопросу обращались П. Г. Кузнецов, А. Н. Голубенцев, Д. М. Ярошев

и другие, а из зарубежных специалистов А. Д. Вильсон, С. Бир, Р. Линдсей и другие.

Остановимся для примера на одной из таких работ. В 1968 г. П. Г. Кузнецов задался целью на основе «закона эволюции аномальных физических систем» разработать метод составления «итогового энергетического баланса всего общественного производства страны». (Энтропийными показателями он не пользовался).

Под аномальными системами подразумеваются и технические. «Закон эволюции», в соответствии с которым эти системы в процессе своего развития все более удаляются от состояния равновесия, есть, по существу, 3-й закон энергоэнтропии. По «закону эволюции» у этих систем растет способность к совершению работы, а «если говорить об обществе», — производительность труда.

Методика П. Г. Кузнецова такова.

Поскольку энергетический бюджет общества ограничен добываемыми углем, нефтью, газом, торфом, энергией гидро- и атомных электростанций, зерном, мясом, молоком и т. п., то за счет этой энергии и совершаются все производственные процессы. Для учета потерь энергии из-за несовершенства технологии (теряемая энергия не воплощается в создаваемые материальные и духовные блага) вводится коэффициент энергетического совершенства технологии

$$\eta_l(\tau) = e_\tau / e_d,$$

где e_τ — теоретически необходимый расход энергии на производство данного продукта; e_d — фактический расход энергии.

Любой производственный процесс можно представить в виде процесса, происходящего в преобразователе энергии. Обозначим N_τ — полную подводимую к производственному объекту (доменной печи, станку и т. п.) энергию в единицу времени — мощность, а N_s — теряемую мощность; тогда разность $N_\tau - N_s$ — это и будет мощность, овеществляемая в продукте производства. Отсюда можно определить скорость выпуска продукта

$$\omega_n = (N_\tau - N_s) / e_\tau \text{ или}$$

$$\omega_n = (\eta_l(\tau) / e_\tau) N_\tau.$$

Энергетический баланс составляется в виде таблицы. В ней по вертикали записываются мощности различных

видов энергоносителей, а по горизонтали — скорости выпуска соответствующих видов продукции. В таком виде таблица выражает расходную часть энергетического баланса

Таблица 5

Расходная часть энергетического баланса

Скорости выпуска различных видов продукции	Мощности различных видов энергоносителей					
	$N_{\tau 1}$	$N_{\tau 2}$	...	$N_{\tau i}$	...	$N_{\tau m}$
$\omega_{\pi 1}$	$\frac{\eta_{11}(\tau)}{e_{\tau 11}} N_{\tau 11}$	$\frac{\eta_{12}(\tau)}{e_{\tau 12}} N_{\tau 12}$	...	$\frac{\eta_{1j}(\tau)}{e_{\tau 1j}} N_{\tau 1j}$	...	$\frac{\eta_{1m}(\tau)}{e_{\tau 1m}} N_{\tau 1m}$
$\omega_{\pi 2}$	$\frac{\eta_{21}(\tau)}{e_{\tau 21}} N_{\tau 21}$	$\frac{\eta_{22}(\tau)}{e_{\tau 22}} N_{\tau 22}$	...	$\frac{\eta_{2j}(\tau)}{e_{\tau 2j}} N_{\tau 2j}$	...	$\frac{\eta_{2m}(\tau)}{e_{\tau 2m}} N_{\tau 2m}$
...	...	...	...	...	...	...
$\omega_{\pi i}$	$\frac{\eta_{i1}(\tau)}{e_{\tau i1}} N_{\tau i1}$	$\frac{\eta_{i2}(\tau)}{e_{\tau i2}} N_{\tau i2}$	...	$\frac{\eta_{ij}(\tau)}{e_{\tau ij}} N_{\tau ij}$	...	$\frac{\eta_{im}(\tau)}{e_{\tau im}} N_{\tau im}$
...	...	...	...	...	...	...
$\omega_{\pi n}$	$\frac{\eta_{n1}(\tau)}{e_{\tau n1}} N_{\tau n1}$	$\frac{\eta_{n2}(\tau)}{e_{\tau n2}} N_{\tau n2}$	...	$\frac{\eta_{nj}(\tau)}{e_{\tau nj}} N_{\tau nj}$	...	$\frac{\eta_{nm}(\tau)}{e_{\tau nm}} N_{\tau nm}$

В каждой клетке — численные значения трех величин, каждая из которых является функцией времени и участвует в различных видах обработки данных.

Так, если суммировать только сомножители $N_{\tau nm}$ вдоль столбца $N_{\tau m}$, то получится фактически расходуемая полная мощность (поток энергии) данного энергоносителя (угля, нефти, газа, мяса, молока и т. п.), а суммирование мощностей всех энергоносителей даст величину полной мощности, которой располагает вся страна.

Если просуммировать теперь вдоль каждого столбца произведения $\eta_{nm}(\tau) N_{\tau nm}$, то в итоге получится полезная

мощность, расходуемая соответствующим энергоносителем на продукты производства. Разделив эти цифры на полученные выше по каждому столбцу, получим средние значения кпд различных производств как преобразователей энергии при использовании данного энергоносителя. Общая сумма полезных мощностей даст величину полезной мощности, воплощаемой в совокупном продукте.

Третья величина e_T играет особую роль. Если полезные мощности в каждой клетке разделить на нее, то все полученные частные вдоль строки должны быть равны или кратны друг другу. Их неравенство означает, что какие-то части (например, двигатели) данного изделия (например, автомобиля) производятся в непропорциональном друг другу количестве.

Из такого энергобаланса можно сделать и ряд других выводов: о затоваривании энергоносителей на складах, об упущениях в учете выпускаемой продукции, об эффективности использования энергии носителей, о темпе роста величины полезной мощности — скорости выпуска совокупного продукта — производительности труда и т. д.

Кроме того, если полезную мощность, полученную суммированием вдоль строки, разделить на полную величину полезной мощности (т. е. на итог всех строк и столбцов), то можно определить долю совокупного продукта по требуемой для него мощности, переходящей к данному продукту. Сравнивая эти доли по взаимозаменяемым продуктам, можно выбирать наиболее выгодные продукты, т. е. такие, которые при выполнении одной и той же функции требуют для своего создания меньше энергии.

Так, для анализа эффективности производства используется расходная часть энергетического баланса. Она еще раз подтверждает уже неоднократно повторявшуюся истину — потребление есть не что иное, как потребление энергии (и негэнтропии!) в виде продуктов питания и в виде энергии, воплотившейся в другие материальные и духовные блага.

Затем составляется такая же таблица приходной части энергобаланса, в которой то же самое количество видов продуктов распределяется по целевому назначению на добычу m видов энергоносителей.

Полный поток каждого продукта, фигурирующий в расходной части энергобаланса, распределяется на поиски, добычу и транспортировку этих m видов энергоносителей. Например, необходимое количество стали или ав-

томобилей используется при добывании угля, нефти, газа, производстве молока, мяса, пшеницы и т. д. Если распределить выпуск всех продуктов по целевому назначению, то при равенстве расходной и приходной частей баланса в каждой клетке новой таблицы будут стоять величины полезно израсходованной мощности. Если теперь суммировать полезную мощность по каждому столбцу, то получится величина полезной мощности, расходуемой на добычу энергии каждого данного вида.

Итоговый энергобаланс составляется также в виде таблицы, включающей приходную и расходную части $m_{пр} = m_p$, где по вертикали $m_{пр}$ — значения полезной мощности, получаемой от энергоносителей разных видов и подводимой к совокупному продукту, а по горизонтали m_p — значения затрат полезной энергии на добычу энергоносителя каждого вида.

Такая таблица позволяет легко обнаружить виды энергоносителей, энергетический вклад которых в совокупный продукт невелик, а расходы на их получение значительны. Если по диагональным клеткам итоговой таблицы расставить отношения получаемой (входящей в совокупный продукт) мощности к мощности, расходуемой на поддержание и развитие источников энергии данного вида, то некоторые значения будут меньше единицы, а некоторые — больше. Тот энергоноситель, у которого полученное отношение максимально, будет наиболее выгодным.

Анализ технологических процессов с помощью подобной или близкой к ней методики уже применяется некоторыми советскими и зарубежными специалистами.

Поскольку производительность труда определяется произведением полной мощности на обобщенный КПД ее использования, то законом эволюции общества является закон роста способности совершения внешней работы. Нарастивая энерговооруженность промышленности, повышая КПД машин и механизмов, мы сокращаем время выполнения различного вида работ и увеличиваем количество произведенной работы.

Отсюда можно сделать вывод, что общественно-экономическая формация достигает максимального эффекта в управлении общественным производством, если обеспечивается максимальный для данных условий неубывающий темп роста полезной мощности, имеющейся в распоряжении общества.

П. Г. Кузнецов (совместно с С. П. Никаноровым и Ю. И. Стахеевым) предлагает общие правила, «по которым в истории осуществляется замена устаревших материалов и технических средств новыми материалами и техническими средствами». В соответствии с этими правилами основные материалы и технические средства группируются в три класса, каждый из которых включает три подкласса.

I класс — материалы, используемые в энергетике:

1-й подкласс — материалы для транспорта энергии заданного вида по заданному направлению;

2-й подкласс — материалы для изоляции энергетического потока данного вида от энергии других видов;

3-й подкласс — материалы для хранения (транспорта во времени) энергии данного вида в заданном месте.

Рост и развитие любой материальной (энергоэнтропийной) системы связаны с потреблением особых материалов для поддержания структуры системы и создания ее новых структур. Эти материалы объединяются во II класс.

II класс — конструкционные материалы:

1-й подкласс — материалы для транспорта материалов заданного вида по заданному направлению;

2-й подкласс — материалы для изоляции материала заданного вида от материалов других видов.

3-й подкласс — материалы для хранения (транспорта во времени) других материалов.

Состояние запасов и потоков энергии и материалов отображается соответствующей информацией. По этому признаку выделяется III класс материалов.

III класс — информационные материалы:

1-й подкласс — материалы для транспорта информации заданного вида по заданному направлению;

2-й подкласс — материалы для изоляции потока информации заданного вида от потоков информации других видов;

3-й подкласс — материалы для хранения (транспорта во времени) данной информации в заданном месте.

Для определения критериев морального старения материалов рассмотрим их функциональное назначение.

В качестве примера возьмем материалы I класса 1-го подкласса, предназначенные для транспорта потока энергии. За единицу выполняемой функции можно принять количество электроэнергии, транспортируемое в единицу времени на единицу расстояния. Расположив материалы в порядке возрастания этой величины, мы найдем ее максимальное значение (его можно установить и исходя из теоретических соображений), определяющее самый лучший из подобного рода материалов. Далее надо выяснить энергетические затраты на поиски руды, ее добычу, выплавку металла, изготовление из него проволоки, а из проволоки — какого-либо изделия. Наконец, при передаче электроэнергии у разных материалов могут быть два вида потерь энергии — вследствие прямых утечек энергии и вследствие износа материала. Они должны быть учтены и сведены к минимуму. Критерием определения момента целесообразной замены износившегося материала новым или худшего лучшим может служить величина отношения переданной энергии к затраченной на изготовление (с учетом времени износа) и теряемой в окружающую среду. Такая замена материалов приводит к увеличению КПД передачи, способности совершения внешней работы, а следовательно, и коэффициента $\xi_n = N_n / N_z$ — отношения получаемой мощности — N_n к затрачиваемой — N_z . В принципе аналогично решается задача замены и других материалов.

Этот же закон действует и при развитии *технических средств* (ТС). По назначению их можно разделить на те же классы и подклассы, что и материалы.

I класс — ТС, используемые в энергетике: 1-й подкласс — ТС для транспорта энергии, т. е. электроэнергетические системы, теплосети, светопроводы, механические передачи и т. п.; 2-й подкласс — ТС для изоляции (селекции) энергии заданного вида, т. е. защита линий электропередач, полупроводниковые вентили, тепловая и звуковая изоляция и т. п.; 3-й подкласс — ТС для хранения энергии, т. е. конденсаторы, аккумуляторы, пружины.

II класс — ТС для транспорта, изоляции и хранения материалов: 1-й подкласс — ТС для транспорта материалов, т. е. локомотивы, автомобили, самолеты, нефтепроводы, газопроводы и т. п.; 2-й подкласс — ТС для изоляции материалов, т. е. различные устройства для разделения материалов; 3-й подкласс — ТС для хранения материалов.

III класс — ТС информационных систем, контролирующих состояние и потоки материалов и технических средств: 1-й подкласс — ТС для транспорта информации; 2-й подкласс — ТС для изоляции, разделения информации; 3-й подкласс — ТС для хранения информации.

Энергоэнтروпийный анализ развития ТС показывает, что замена одних из них другими также происходит только в тех случаях, когда при этом растет величина коэффициента эффективности использования затрачиваемой энергии ξ_n .

Таковы некоторые основные вопросы внутренней логики развития производства и его энергоэнтروпийной картины. Однако на характер и темпы этого развития решающее влияние оказывают внешние факторы — социально-экономические, политические и др. Например, в ряде случаев на промежуточных, трудно поддающихся автоматизации операциях выгоднее использовать человека, чем автомат. Автоматизации препятствует и противоречие между требованием все большей массовости производства и все большей дифференциации и даже индивидуализации продукции. Это противоречие может быть разрешено только на уровне бионизации, которая пока неосуществима. Еще одна проблема — необходимость принципиального изменения технологии сложных объектов, иначе гипертрофируется производство одних элементов или деталей и резко отстает других — комплексность производства нарушается. С повышением уровня механизации и автоматизации возрастают требования к точности и надежности элементов, процессов и системы в целом. И т. д.

Все это требует изучения реальных пределов развития каждой ступени технологического способа производства. Для решения этой задачи целесообразно использовать комплексно предметно-логические, энергоэнтропийные и социально-экономические критерии.

Главным внешним социально-экономическим результатом развития технологического способа производства, заметным уже теперь, становится резкое снижение числа рабочих мест. Например, в США уже к 1965 г. доля занятых в сфере материального производства упала до 39,6% в промышленности и до 7,6% — в сельском хозяйстве, а к 1975 г. — соответственно до 36,5 и 4,7%. Предполагается, что к 2000 г. доля занятых в промышленности упадет до 8—10%, а в сельском хозяйстве — до 1—2%; соответственно до 90% должна будет возрасти доля заня-

тых в непродуцирующей сфере, куда входит обслуживание и духовное производство, включающее науку.

В результате величины свободного и рабочего времени должны будут поменяться местами.

В социалистических странах в связи с этим необходимо будет решить проблему использования свободного времени. В каком направлении изменится тогда круг духовных интересов человека, как будет развиваться его личность?

В капиталистических странах, где при общественном характере производства господствует частное присвоение его продукта, эти проблемы не могут быть решены без разрушения самой общественно-политической и социально-экономической основы этих государств. Еще Н. Винер, основатель кибернетики, писал, что когда СНТР будет завершена, «средний человек со средними или еще меньшими способностями, очевидно, не сможет предложить для продажи ничего, за что стоило бы платить деньги», и придется «построить общество, основанное на человеческих ценностях, отличных от купли-продажи».

В этом обществе будущего может появиться и немало других проблем. Так, писатель-фантаст Станислав Лем в романе «Возвращение со звезд» весьма пессимистично рассказывает о состоянии людей, вернувшихся на Землю через 127 лет, хотя, казалось бы, техника и производство достигли к этому времени максимального развития. Герой романа захотел отдохнуть — и кресло, свернутое в бутон, мгновенно раскрылось, «почувствовав» его желание, и приняло его тело. Круглый столик быстро подбежал к нему на согнутых ножках, а автоматическая рука протянула бокал с прохладительным напитком. Человек захотел есть — и из специальных ниш выдвигаются столы, накрытые «скатертями-самобранками». Транспорт — движущиеся тротуары и дороги, похожие на вертолеты «ульдеры». К услугам людей — бассейны, кино, театры, места отдыха. И т. п. Все мечты человека как будто бы осуществились, но делать и желать ему стало нечего...

Это конечный итог полной автоматизации, возможной лишь при наличии неиссякаемых ресурсов энергии и решении множества социальных и технических задач. Но до его достижения придется заниматься и бороться с такими явлениями, как психические последствия малой занятости, гиподинамия, истощение энергетических и предметных ресурсов, загрязнение окружающей среды и т. д.

Эти явления по мере развития технического прогресса будут заявлять о себе все более грозно...

Предупредить о них вовремя, предотвратить их наступление и предложить оригинальные способы их нейтрализации может только наука.

И в следующем разделе мы познакомимся с основными закономерностями развития науки в прошлом, настоящем и будущем, а также с возможностями энергоэнтропийного анализа этого процесса.

Наука как система развивающихся знаний

К. Маркс относил к производительным силам не только материальные, но и духовные. Он считал, что *жизненные силы человека представляют собой совокупность мускульной, нервной и умственной энергии, которая обеспечивает его биологическое существование и социальную, общественную деятельность*. На определенной ступени развития общественного человека продуктом его духовной, умственной деятельности становится наука.

Но что такое наука? Ведь, как и техника, она имеет множество сторон, каждую из которых или какую-то их совокупность в зависимости от обстоятельств называют наукой. Известно, что наука — одна из форм общественного сознания, но это и система постоянно уточняемых и пополняемых знаний; деятельность по получению этих знаний; комплекс учреждений, обеспечивающих эту деятельность; все «то, что публикуется в научных журналах, статьях и монографиях» (Д. Прайс)...

Здесь мы будем рассматривать науку в основном как *исторически сложившуюся и непрерывно развивающуюся систему знаний о предметах, явлениях и законах изменения природы, техники, производства, общества и человека*.

Как известно, в условиях капитализма научные знания используются для извлечения прибыли в интересах господствующего класса, а при социализме — для повышения уровня жизни, удовлетворения материальных и духовных потребностей народа. На социально-экономических аспектах развития науки мы останавливаемся на с. 76, 77, 141, 167—173, 182—184, 187. Сейчас мы сосредоточим внимание на энергоэнтропийной оценке научного знания.

На заре своего развития — 2500 лет назад в Древней Греции — наука была отделена от техники, производства и занималась созерцательным познанием окружающего мира природы, общества и человека. С развитием трудовой деятельности и техники делаются попытки практического использования науки.

На первых ступенях производства — ремесленном и мануфактурном — ограниченный объем знаний и опытных данных был связан непосредственно с самим процессом труда и постепенно пополнялся подобно собиранию рецептов в практической медицине. При машинном производстве произошло отделение науки (совокупности сведений, наблюдений и секретов ремесла, применяемых для анализа производственного процесса) от материального производства.

«Наука,— писал К. Маркс,— выступает как *чуждая, враждебная* по отношению к труду и *господствующая над ним сила*». Крупная промышленность при капитализме отделяет науку, как самостоятельную потенцию производства, от труда и заставляет ее служить капиталу.

И уже во времена К. Маркса научные исследования принимают форму промышленного эксперимента. Капиталистическое производство «в значительной степени впервые создает для наук материальные средства исследования, наблюдения, экспериментирования... Вместе с капиталистическим производством *научный фактор* впервые сознательно развивается, применяется и создается в таких масштабах, о которых предшествующие эпохи не имели никакого понятия».

Это позволило Ф. Энгельсу в 1894 г. написать, что если «техника в значительной степени зависит от состояния науки, то в гораздо большей мере наука зависит от *состояния и потребностей* техники. Если у общества появляется техническая потребность, то это продвигает науку вперед больше, чем десяток университетов».

Говоря о науке как о «духовном производстве» новых знаний, не следует забывать, что подавляющее большинство ее работников стоит на страже, на защите уже завоеванных позиций. Эти позиции закреплены системой образования, аттестации и присвоения степеней и званий ученым, контролем публикаций книг, статей. И только 1—5% работников науки являются «генераторами идей» и обеспечивают импульсы ее движения вперед

Не удивительно поэтому, что крупный физик, сделавший немалый вклад в развитие энергоэнтропикки, основатель квантовой механики М. Планк вынужден был написать в своей автобиографии: «Горьким испытанием в моей научной жизни являлось то, что лишь изредка, а точнее, никогда не удавалось мне получить всеобщее признание какого-либо нового утверждения, правильность которого я мог доказать совершенно строго, но только теоретически... При этом я смог установить один, по моему мнению, значительный факт. Обычно новые научные истины побеждают не так, что их противников убеждают и они признают свою неправоту, а большей частью так, что противники эти постепенно вымирают, а подрастающее поколение усваивает истину сразу».

Понятия и законы энергоэнтропикки, ее метод постепенно пробивают себе дорогу и в эту область человеческой деятельности.

Г. Н. Волков пишет, что *знания, приобретенные человеком, представляют собой аккумулированную энергию такой потенциальной мощности, которая даже не сравнима ни с какими уже познанными энергетическими мощностями*, ибо это знание, эта развитая творческая способность человека «ежедневно обуздывает и ставит на службу производству и обществу все новые силы природы».

«Научно-техническая деятельность человека ставит своей целью выработку методов и *средств антиэнтропийного преобразования природы и общества*. Коммунизм же стремится к достижению высшей ступени общественной организованности, так сказать, *высшей социальной антиэнтропийности*».

Духовное начало — нервная (психическая) и умственная энергия — выступает в двух ролях: как целеполагающая и стимулирующая сила во всех видах деятельности и как непосредственная производительная сила в научной деятельности.

Поскольку наука сразу не приносит материальных благ, как, например, охота или сбор плодов, для ученого стимулирующая роль психики, эмоций имеет особенно важное значение. Не удивительно поэтому, что еще 2450 лет назад Демокрит сказал: «Я предпочел бы найти истинную причину хотя бы одного явления, чем стать королем Персии». А В. И. Ленин высказал эту мысль в более общей форме: «Без «человеческих эмоций», — писал он, —

никогда не бывало, нет и быть не может человеческого *искания истины*».

Истина, которую пытается обнаружить ученый в виде какого-то явления, закона и т. д., может быть *только объективной*, т. е. не зависящей от сознания ученого — от его вкусов, желаний, воображения, таланта и других субъективных особенностей. Но «могут ли человеческие представления, выражающие объективную истину, выражать ее сразу, целиком, безусловно, абсолютно или же только приблизительно, относительно?» (В. И. Ленин). Под *абсолютной истиной* понимается полное исчерпывающее знание о действительности, тот элемент знаний, который не может быть опровергнут в будущем. Таковы знания об отдельных фактах — смертности животных, шарообразности Земли и т. д.; о законах — механики Ньютона, относительности А. Эйнштейна (в пределах их применимости) и т. д. Если же рассматривать названные законы как часть познания законов мира, то это лишь относительные истины.

Наши знания на каждой ступени обусловлены достигнутым уровнем развития науки, техники, производства. По мере дальнейшего развития познания и практики они углубляются, уточняются, расширяются. Поэтому *научные истины относительны*. Вместе с тем *каждая относительная истина означает шаг вперед в познании абсолютной истины, содержит элементы абсолютной истины*. Так что *из суммы относительных истин постепенно складывается абсолютная истина*. В процессе развития науки мы все глубже и полнее раскрываем свойства предметов и отношения между ними, приближаясь к познанию абсолютной истины, что подтверждается успешным применением теории на практике (в технике, в технологии производства и т. д.).

Искусство тоже можно отнести к духовному производству, выпускающему культурные ценности — картины, панно и скульптуры, песни, симфонии и оперы, рассказы, романы и стихи и т. п., которые, воздействуя на духовное состояние человека, могут влиять и на производство материальных благ — ускорять и замедлять его, повышать и понижать качество продукции и т. п. Об этом 100 лет назад писал С. А. Подолинский, а теперь этим занимаются специалисты по эргономике.

Однако *между наукой и искусством есть существенная, принципиальная разница*. Наука отображает окру-

жающий мир в абстрактно-логической форме познанной сущности и законов строения, взаимодействия, функционирования, развития и т. п. предметов этого мира. В. И. Ленин строго различал законы науки и законы объективного мира, рассматривая первые как приблизительное, но верное отражение вторых. Однако *и те и другие имеют объективный характер*, хотя и в разном смысле: законы объективного мира существуют вне и независимо от сознания людей, а законы науки — это объективное (более или менее точное) отображение первых в сознании человека. Искусство же отображает окружающий мир в конкретно-образной форме, преломляя его в субъективной призме индивидуальных особенностей духовного мира художника и общества, в условиях которого этот художник живет и работает.

Отсюда и принципиальная *разница между результатами творчества ученого и творчества художника* (живописца, ваятеля, писателя, музыканта и т. д.). Строго говоря, даже самый талантливый ученый не создает что-то свое, сугубо индивидуальное, неповторимое, как это делает художник. Ученый обнаруживает, открывает объективно существующую относительную истину — единственную в своем роде на той или иной ступени познания данного предмета, являющуюся совершенно определенной частью абсолютной истины. В 1946 г. А. Эйнштейн писал: «В конце концов существует только одна истина и бесчисленное множество ошибочных путей. Нужна смелость и преданность науке, чтобы отдавать каждый час своей жизни, все свои силы, имея лишь малый шанс на победу». *Поскольку же истина одна, то кто бы ни открыл ее, в любой части земного шара и в любые времена, она от этого нисколько не изменится.* И к этой истине прокладывают дорогу многие ученые. Слава же ее открытия достается обычно тому, кто по воле случая, благодаря таланту или огромному труду ближе всех подошел к ней в момент, когда она была уже почти обнаружена усилиями многих ученых до него и осталось сделать последний шаг, чтобы сорвать созревший плод. Так было почти со всеми великими открытиями — с законами механики и тяготения Ньютона, гелиоцентрической системой Коперника, теорией относительности Эйнштейна, кибернетикой Винера и т. д. И если бы Ньютон, Коперник, Эйнштейн, Винер не родились бы, то их законы и теории были бы открыты и разработаны другими, а не

было бы других — третьими и т. д. Индивидуальность ученого, его талант проявляются в том, сможет он или не сможет раньше других: 1) собрать и обобщить в своей голове золотые крупницы знаний с переднего края науки, полученные кем-то до него; 2) силой своего логического мышления, даром воображения, научной интуиции или, наконец, волей «случая, который помогает подготовленному уму» (Л. Пастер), сделать следующий шаг в познании мира — открыть уже почти открытую истину, первым добежать до заветной финишной ленточки! Не удивительно поэтому, что многие ученые, сделав такое открытие, сорвав первыми уже созревший, «висевший в воздухе» плод, больше в своей долгой жизни ничего крупного сделать не могли.

В определенном смысле наука похожа и на спорт — не хватило природных способностей, не выдержали нервы, не приучил себя к каторжному труду, не улыбнулся тебе случай — выходи из борьбы за первенство и «твой» рекорд обязательно поставит другой. Поэтому-то открытия часто делаются одновременно или по несколько раз разными учеными; поэтому-то в науке решающую роль играет приоритет и различные формы его закрепления — выдача свидетельства об открытии, патента, быстрая публикация и т. п. Истории науки известны многолетние споры о приоритете — в открытии закона всемирного тяготения между Ньютоном и Гуком, закона сохранения энергии между Майером и Гельмгольцем, драматическая ситуация открытия нейтрона почти одновременно тремя группами ученых, слава и Нобелевская премия за которое достались англичанину Чадвику... и т. д. «Только узкому кругу специалистов известно,— пишет член-корреспондент АН СССР Н. Н. Моисеев,— что великий французский математик Анри Пуанкаре создал теорию, из которой, как частное следствие, получался специальный принцип относительности. Но зато всем известно имя Альберта Эйнштейна, который через несколько лет после публикации Пуанкаре дал блестящее по своей простоте и доступности изложение теории».

Искусство же, выражая определенные идеи, индивидуально, а потому бесконечно многообразно по форме, и его творения неповторимы. Картины Леонардо да Винчи и Пикассо, музыку Бетховена и Чайковского, романы Бальзака, Достоевского и Толстого, стихи Пушкина и Есенина никто никогда не создал бы вместо них...

Перейдем теперь к анализу науки как системы развивающихся знаний, чтобы на этой основе рассмотреть возможность ее энергоэнтропийной оценки.

Наука тесно связана с техникой — «овеществленной силой знания» (К. Маркс). Как техника возникает и развивается путем передачи, овеществления в материале природных, трудовых функций работающего человека, так и научное знание возникает и развивается путем «опредмечивания» мыслительных функций человеческой деятельности в системе понятий, категорий, законов.

Орудиями науки являются: 1) методы и приемы познания (анализ, синтез, индукция, дедукция, абстрагирование, восхождение от абстрактного к конкретному и т. п.) и 2) материальная техника науки (от лабораторных приборов до синхрофазотрона и оборудования экспериментальных заводов).

Знания в исследовательской деятельности ценны не сами по себе, а как орудие получения новых знаний. *На первый план здесь выступает метод получения знаний.* В этом смысле научные знания, так же как техника в материальном производстве, являются средством труда в производстве духовном. Еще в 1620 г. родоначальник английского материализма Ф. Бэкон писал: «Голая рука и предоставленный самому себе разум не имеют большой силы. Дело совершается орудиями и вспоможениями, которые не меньше нужны разуму, чем руке. И как орудия руки дают или направляют движения, так и умственные орудия дают разуму указания или предостерегают его». *Орудием ума в науке является метод.* Р. Декарт примерно тогда же говорил: «Уже лучше совсем не помышлять об отыскании каких бы то ни было истин, чем делать это без всякого метода, ибо совершенно несомненно то, что подобные беспорядочные занятия и темные мудрствования помрачают естественный свет и ослепляющий ум».

Каждая наука имеет свой предмет изучения и свой метод. Учение о методах называют методологией. Общепhilosophической и общеметодологической основой методов отдельных наук является материалистическая диалектика — учение о развитии и всеобщей связи. Основные законы диалектики: единства и борьбы противоположностей, перехода количественных изменений в качественные и отрицания отрицания.

Различают науки естественные, технические и общественные, границы между которыми все более стираются.

По широте использования результатов выделяют фундаментальные науки, как правило, естественные; прикладные науки, разрабатываемые для различных областей знания на основе фундаментальных наук; технические науки, изучающие свойства, процессы и закономерности строения и функционирования объектов техники на основе данных фундаментальных и прикладных наук. Науки, проникающие в различные области знания через объект исследования (например, кибернетику), называют междисциплинарными. Науки, проникающие в различные области знания на основе универсального метода можно назвать универсальными науками.

Детальная классификация наук начала разрабатываться Аристотелем еще 2300 лет назад, но на твердые материалистические основы она была поставлена только в XIX в. Ф. Энгельсом. Этот процесс тщательно проанализирован академиком Б. М. Кедровым в его книге «Классификация наук» и в более поздних статьях*.

Создать строгую, единую и неизменную классификацию наук невозможно, поскольку «все течет и изменяется». Одни науки разделяются, другие сливаются, появляются совершенно новые и т. д.

Поэтому чаще науки классифицируют в соответствии с реальностью сегодняшнего дня, какими-то конкретными потребностями, задачами.

Посмотрим теперь, как на протяжении истории менялось назначение науки и внутренняя логика ее развития.

По назначению развитие науки делится на три периода (по Г. Н. Волкову):

1) до начала XVII в. — ориентация науки на человека, ее основная социальная функция — мировоззренческая;

2) с XVII в. до середины XX в. — ориентация науки на технику; главная функция науки — умножение вещного богатства;

3) с середины XX в. и в будущем — ориентация науки на развитие интеллектуального, творческого потенциала личности, на создание духовных и материальных предпосылок для этого, на изучение и совершенствование биологической и социальной природы человека и среды его обитания.

* См., например: Кедров Б. М. О современной классификации наук. — Вопросы философии, 1980, № 10.

Эта периодизация в общих чертах соответствует периодизации развития техники по типу связи в системе «человек—техника»: 1) инструментализация; 2) механизация; 3) автоматизация (см. с. 120—122).

Нам важно определить характер изменений внутренней логики развития науки. Ф. Энгельс выделял в этом процессе три ступени — созерцание, анализ и синтез.

На первой ступени — непосредственного созерцания (до XV в.) наука существовала в нерасчлененном виде натурфилософии. Ее предмет — мир в целом, «картина бесконечного сплетения связей и взаимодействий, в которой ничто не остается неподвижным и неизменным, а все движется, изменяется, возникает и исчезает» (Ф. Энгельс).

Наукой занимались для удовольствия. Ни рабовладельцу, ни феодалу, ни рабу, ни крепостному, ни даже ремесленнику научные знания сами по себе не были нужны. Работники вполне обходились накопленным опытом и секретами ремесла, передававшимися по наследству, а инструменты ручного труда ремесленника и крестьянина не требовали для изготовления научных знаний. Хозяева обогащались за счет все большего числа работников при почти неизменной производительности их труда и за счет почти непрерывных войн, ограбления соседних народов.

Вторая ступень развития — дифференциация наук — в полной мере развернулась в эпоху Возрождения, во второй половине XV в., когда на заре капитализма началось точное, систематическое исследование природы. Оно диктовалось возросшими потребностями производства, техники, всей человеческой практики, а также развитием самого естествознания. Ф. Энгельс писал об этом времени: «...параллельно с ростом среднего класса происходило гигантское развитие науки. Стали вновь изучаться астрономия, механика, физика, анатомия, физиология. Буржуазии для развития ее промышленности нужна была наука, которая исследовала бы свойства физических тел и формы проявления сил природы».

Процесс дифференциации наук продолжался долго — пять веков. Он способствовал открытию и познанию конкретных законов различных областей материального мира, их практическому использованию в промышленности, сельском хозяйстве, на транспорте, в технике, медицине и т. д. Однако постепенно этот процесс достиг, по словам Ф. Энгельса, «того предела, за которым он становится од-

носторонним, ограниченным, абстрактным и запутывается в неразрешимых противоречиях, потому что за отдельными вещами он не видит их взаимной связи, за их бытием — их возникновения и исчезновения, из-за их покоя забывает их движение, за деревьями не видит леса». Говоря о развитии биологии в XIX в., К. А. Тимирязев с горечью отмечал появление целых полчищ «специалистов, различных истов и логов, размежевавших природу на мелкие участки и не желавших знать, что творится за пределами их узкой полосы».

В результате примерно с середины XX в. начал нарастать естественный процесс синтеза, интеграции наук.

Интеграция наук основана на естественном единстве материального мира и на всеобщей связи явлений и процессов, происходящих в природе, а кроме того, она обусловлена и внутренней логикой развития науки — анализом должен следовать синтез. Формы интеграции наук различны: унификация понятийного и категориального аппарата науки, математизация, взаимопроникновение методов, взаимодействие по объектам исследования, возникновение комплексных наук — астрофизики, биохимии, нейрокибернетики и т. п.

В процессе интеграции происходит все большее упрощение и обобщение научного знания.

Следовательно, энергоэнтропика и в этом отношении является весьма современной, прогрессивной и перспективной наукой.

Мы рассмотрели основные ступени развития науки как определенной системы знаний. Но для того чтобы эти знания, этот мыслительный материал «овеществовать», реализовать в технике и производстве, необходима научно-техническая деятельность, складывающаяся из своих ступеней. Например, Г. Н. Волков относит к ним следующие: 1) дологические предпосылки исследований; 2) методологические исследования; 3) фундаментальные исследования; 4) прикладные исследования; 5) разработки; 6) промышленные исследования; 7) изобретения. Прикладные исследования ведутся с помощью технических наук. Степень изобретений логичнее было бы поместить перед разработками. На графике (рис. 14) эта последовательность ступеней научно-технической деятельности изображена в историческом времени: *А* — время возникновения классового общества, *В* — первая промышленная революция, *С* — настоящее время.

На заре человеческого общества, как мы знаем, науки в современном понимании не существовало. Однако уже тогда, с одной стороны, общие знания о мире (линия от науки к технике) использовались в процессе производства; с другой стороны, теоретически обобщались накопленные навыки и производственный опыт (линия от техники к науке). В наше время происходит слияние науки с производством, наука практически превращается в отрасль производства. Производство достигло такого высокого уровня, что дальнейшее его развитие без науки невозможно; в свою очередь, наука может делать новые открытия только с помощью сложнейших экспериментальных установок, создаваемых промышленностью, высокоразвитым производством.

Природа и наука в известном смысле противостоят друг другу: природа как «вещь в себе», наука как вечно приближающаяся к ней идеальная модель. В сущности в этом и заключается основное противоречие, служащее источником развития науки. Оно принимает различные формы:

1) противоречия между новыми данными эксперимента и старой теорией; 2) противоречия между теориями и

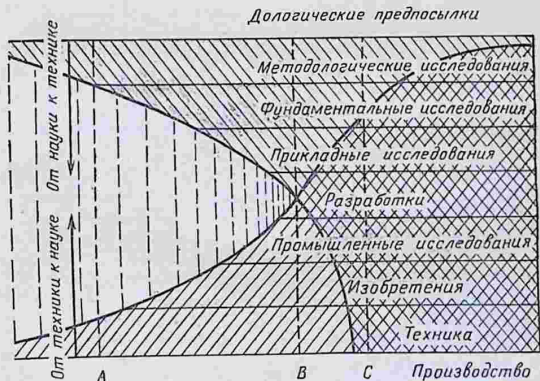


Рис. 14. Общая картина исторической и логической взаимосвязи науки с техникой и производством (по Г. Н. Волкову)

гипотезами; 3) противоречия между техникой и наукой; 4) противоречия между потребностями производства и ограниченностью знаний и т. д.

Только тогда, когда общественно-производственная практика подтверждает совпадение идей, знаний, теорий с действительностью, можно говорить об их истинности. В. И. Ленин писал: «От живого созерцания к абстрактному мышлению и от него к практике — таков диалектический путь познания... объективной реальности».

Мы познакомились с различными сторонами развития науки, источниками этого развития и его движущими силами. Остановимся теперь на таком вопросе: как протекает развитие науки — плавно, эволюционно, «кумулятивно» (т. е. путем простого суммирования знаний) или же эволюционно-революционно, когда периоды плавного роста науки чередуются со скачками-революциями. На этот вопрос разные ученые отвечают по-разному.

Кумулятивистскую концепцию активно начал пропагандировать французский ученый Пьер Дюгем (1861—1916). Он доказывал, что наука движется вперед постепенно, в результате однажды познанного, что истоки любого вновь открытого факта или новой теории можно найти в прошлом, что научная картина мира не изменяется, а только расширяется. Исходя из этого, он, например, отрицал качественные особенности науки периодов Возрождения и Нового времени по сравнению со средневековым знанием.

Естественно, с тех пор эта концепция как-то совершенствовалась. Например, существует мнение, согласно которому суть ее в том, что «новое знание корректирует старое, но не отменяет его» (А. Е. Левин). И против этого, как мы увидим дальше, спорить трудно. Напомним также, что в 1968 г. Г. Н. Волков писал о кумулятивном характере развития науки, «который ныне никем не подвергается сомнению...». Говоря же о внутренней логике развития науки, «которая не сводится к социально-экономическим факторам и обладает относительной самостоятельностью», он отмечал: «...эта самостоятельность, в частности, проявляется в кумулятивном характере развития науки». И пояснял далее, что каждое новое теоретическое положение рождается не только как следствие открытия новых факторов, но и как логический вывод из уже накопленного знания, как следствие саморазвития и эволюции предшествовавшей теоретической

мысли, как следствие обобщения и переосмысления уже имевшегося знания.

Одной из форм выражения этой внутренней логики развития науки является впервые примененный Ф. Энгельсом в 1844 г. закон, согласно которому наука движется вперед пропорционально массе знаний, унаследованных ею от предшествующего поколения.

Этот закон — закон плавного, экспоненциального * роста *научного знания* — можно выразить следующей математической зависимостью:

$$A(\tau) = A_0 e^{k\tau},$$

где A_0 — исходный уровень научных знаний; k — коэффициент, обратно пропорциональный периоду удвоения науки; τ — время.

Но это общеизвестный закон роста всякой свободно развивающейся (или размножающейся) популяции — группы животных, людей. Ф. Энгельс исходил из того, что 1) наука — это комплекс истинных, действительных знаний; 2) наука развивается свободно и безгранично в соответствии с ростом населения, не испытывая воздействия каких-либо внутренних (например, исчерпание знаний на каком-то направлении) или внешних (например, кризисы, войны и т. п.) факторов, в противном случае экспоненциальный закон не выдерживался бы; 3) уровень науки, точнее, объем знаний A_0 , A измеряется какими-то единицами, представляющими собой некое среднее арифметическое между совершенно разными по масштабу и значимости научными открытиями, такими, например, как натурфилософская система мира Декарта, гелиоцентрическая планетная система Коперника, теория относительности Эйнштейна и различные мелкие разработки прикладного и научно-технического характера.

Конечно, Ф. Энгельс не был «кумулятивистом», хотя бы потому, что эта концепция сформировалась после его смерти, но и объективно, указанный выше закон выражает лишь идеальный рост объема научных знаний.

Рассмотрим эволюционно-революционную концепцию, сторонники которой толкуют научные революции по-разному: одни утверждают, что в период революций разрушается старое знание и его заменяет новое, а другие го-

* По закону геометрической прогрессии.

ворят, что истинное знание не стареет и не разрушается, а скачок происходит в виде прорыва в новые области, на новые этажи, уровни науки. Поэтому сначала разберемся в сущности революций — что именно подвергается коренной ломке в старом и в качестве чего выступает это старое; что именно создается нового и чем является это новое? (Б. М. Кедров).

Академик Б. М. Кедров делит научные революции на четыре типа.

I тип — «перевертывание» ранее принятых представлений и замена их на противоположные. Продолжительность цикла революций — с 1543 г. (публикация труда Н. Коперника) до конца XVIII в. (замена теории флогистона * кислородной теорией), т. е. около 250 лет.

II тип — разрушение метафизических преград, возведенных на ступени анализа и мешавших переходу познания на более высокую ступень синтеза, интеграции, идеи о всеобщей связи явлений и объектов природы, их непрерывном развитии.

Продолжительность цикла революций с 1755 г. (публикация космогонической теории И. Канта) до середины 90-х гг. XIX в., т. е. примерно 150 лет.

Бывало так, пишет Б. М. Кедров, что оба типа революций сливались в единый процесс и разрушение веры в видимость и в неизменность совершалось одновременно и взаимообусловленно. Бывало, что революция такого типа опережала революцию первого типа, так что крушение веры в неизменность (хотя неполное и не до конца) начиналось раньше крушения веры в видимость. После этого происходит новая революция, сочетающая в себе оба типа, и доводит до конца оба вида преобразований.

III тип — происходит в отличие от I и II типов главным образом в одной отрасли естествознания — в физике, причем в той ее части, которая изучает микромир. Главные ее особенности:

1) микрообъекты познаются теоретически с помощью абстрактного мышления;

2) перенос на них классических представлений недопустим;

* Тогда считали, что в горючих веществах выгорает особая жидкость — флогистон, а потом установили, что горение — это соединение веществ с кислородом, т. е. окисление.

3) рост роли абстрактно-теоретического мышления в науке совершается поэтапно, и каждый новый этап составляет особую научную революцию. Продолжительность цикла революции этого типа — с 1895—1897 гг. (открытие лучей Рентгена, радиоактивности) до середины XX в., т. е. порядка 50 лет.

IV тип — современная научно-техническая революция.

Сокращение продолжительности каждого цикла научных революций свидетельствует о закономерном ускорении процесса развития самой науки.

Единая же «структура научных революций» разработана американским физиком Т. Куном (так названа и книга, опубликованная в 1962 г. и ставшая весьма популярной). Сущность теории Куна проста. Развитие науки происходит не путем плавного наращивания новых знаний на старые (Ньюто́н говорил: «Я вижу дальше Декарта потому, что стою на плечах гиганта»), а в результате периодических коренных трансформаций, смены ведущих представлений, т. е. через периодически происходящие *научные революции*. В промежутках между революциями царствует «*нормальная наука*» — совокупность тех представлений, законов и теорий, которые победили в результате очередной революции. В это время научные сообщества руководствуются в своей работе той или иной господствующей в данное время *парадигмой* (по-гречески — образец, пример) — признанными всеми научными достижениями, которые в течение определенного времени служат для *научного сообщества* образцом, моделью постановки проблем и их решений.

Уже эта простота напоминает о свойстве интеллекта видеть в вещах больше порядка, чем есть на самом деле — одном из четырех видов «заблуждений разума» («призраках Рода»), классифицированных в 1620 г. Ф. Бэконом. Дальше мы встретимся еще с тремя видами заблуждений: «призраками Пещеры» — обусловленными накопленными знаниями, привычками, воспитанием; «призраками Рынка» — результатом неправильного словоупотребления; «призраками Театра» — следствием вымышленных теорий.

Рассмотрим внимательнее четыре основных понятия Куна, составляющие краеугольные камни его «структуры научных революций», — *научные революции, нормальную науку, научные сообщества и парадигму*.

Наиболее очевидные примеры научных революций, пишет Кун, представляют собой те знаменитые эпизоды в развитии науки, за которыми давно закрепилось название революций и которые связаны с именами Коперника, Ньютона, Лавуазье и Эйнштейна... *Каждое из этих открытий необходимо обуславливало отказ научного сообщества от той или иной освященной веками научной теории (ошибочной или ложной! — Г. А.) в пользу другой теории (истинной! — Г. А.), несовместимой с прежней.* Каждое из них вызывало сдвиг в проблемах, подлежащих тщательному исследованию, и в тех стандартах, с помощью которых профессиональный ученый определял, можно ли считать правомерной ту или иную проблему или закономерным то или иное ее решение. И каждое из этих открытий преобразовывало научное воображение таким образом, что мы в конечном счете должны признать это трансформацией мира, в котором проводится научная работа. Такие изменения вместе с дискуссиями, неизменно сопровождавшими их, и определяют основные характерные черты научных революций.

Ошибочными или ложными мы будем называть теории, неосознанно или сознательно основывающиеся на ошибочном или ложном знании, например, теории теплорода, флогистона и т. п. Некоторые же ученые и философы исходят из представления, что все теории «истинны», но с разной степенью точности отражают реальные явления. При таком подходе и «теории бога» (любой религии), и теории природных явлений, основанные на мистических, «сверхъестественных» силах, и теории теплорода, флогистона и т. д. — все одинаково правомерны и даже «научны» наравне с механикой Ньютона. Конечно, для каких-то исследований (например, психологии научного творчества) возможен и такой подход, но для исследования закономерностей развития науки он непригоден. Вместе с тем может быть и другой случай — когда на основе истинных знаний построена ошибочная теория, на смену которой рано или поздно придет истинная. Наконец, существует еще один вид теорий — истинных, но сознательно огрубляющих, упрощающих описываемые ими явления (с целью, например, упрощения расчетов). Так, феноменологическая термодинамика по сравнению со статистической есть именно такая теория. Таким образом, теории можно разделить на несколько видов: 1) истинные: приближенные и точные; 2) мнимые: ошибочные

(включая ложные) в своей основе и ошибочные в отображении явлений, истинная основа которых открыта.

Разберемся теперь в четырех революциях, на материале которых Кун разрабатывает все аспекты своей теории.

Да, *коперниковская революция* была, но... не в науке, а в вере людей. Во-первых, гелиоцентрическая система известна науке с II—III вв. до нашей эры, когда ее впервые разработал на основе экспериментальных данных Аристарх Самосский, опередив Коперника на 1800 лет. Во-вторых, птолемеевская геоцентрическая система господствовала все это время только благодаря внешней по отношению к науке силе — религии. В-третьих, если рассматривать геоцентрическую систему как ложную, то гелиоцентрическая не пришла ей на смену, а просто впервые была разработана. В-четвертых, Птолемей разработал свою систему, исходя из положения «землянина» — наблюдателя с неподвижной для него Земли, т. е. с позиций теории относительности тоже правомерно. А в этом случае система Коперника вообще ничего не изменила. Ведь Птолемей сам говорил о возможности движения Земли и объяснял неподвижность ее в своей системе желанием дать описание звездного неба таким, каким оно видится землянам...

Ньютоновская революция в механике не была революцией в том смысле, в каком ее толкует Кун. До Ньютона единых всеобщих представлений в этой области не было, и вместе с тем почти все положения и законы, сформулированные Ньютоном, были открыты до него, а он их лишь развил, уточнил, обобщил, систематизировал и т. д.

Революция Лавуазье, заключающаяся в замене флогистонной «теории» горения теорией, толковавшей горение как результат соединения веществ с кислородом (открытым Пристли и Шееле в 1774 г.), тоже мнимая, ибо флогистона в природе нет, и этот умозрительный домысел лишь на длительное время увел исследователей в сторону от науки, в соответствии с которой горение есть окисление...

Эйнштейновская революция состояла, по трактовке Куна, в замене классической механики теорией относительности и квантовой механикой — такова была «смена парадигм», являющаяся признаком революции. Но о какой «замене» или «смене» здесь может идти речь, если классическая механика по-прежнему остается в силе для макромира, новая же теория предназначена для описания

явлений, протекающих в микромире и мегамире (космосе)... Конечно, попытки применить классическую механику в недоступных для нее областях давали результаты, противоречившие опытным данным, поэтому она здесь и не составляла «парадигмы».

Таким образом, даже эти «наиболее очевидные», казалось бы, самые надежные и типичные примеры научных революций не оправдали возлагавшихся на них надежд. Как мы видели, *революции заключались не в разрушении и замене «старого» знания, «старых» теорий новыми знаниями и теориями, а в разрушении и замене ошибочного, ложного, мнимого знания истинным знанием, или же в приобретении знаний о тех областях, которые до этого были непознаны, и попытки их познать с помощью средств, предназначенных для других областей, не давали результатов.* Именно об этом писал В. И. Ленин в «Материализме и эмпириокритицизме»: «Материя исчезает» — это значит исчезает тот предел, до которого мы знали материю до сих пор, наше знание идет глубже; исчезают такие свойства материи, которые казались раньше абсолютными, неизменными, первоначальными (непроницаемость, инерция, масса и т. п.) и которые теперь обнаруживаются, как относительные, присущие только некоторым состояниям материи». А в другом месте: «...Остается несомненным, что механика (классическая, ньютоновская.— Г. А.) была снимком с медленных реальных движений, а новая физика есть снимок с гигантски быстрых реальных движений».

В 1980 г. Б. М. Кедров приходит к выводу, что революция в науке предполагает крушение и отбрасывание *неверных* идей, которые ранее господствовали в науке, а теперь оказались *ложными, несовместимыми с объективной реальностью*, т. е. оказались привнесенными человеческим рассудком в науку вследствие *неправильного, ограниченного* подхода к изучению природы.

Следовательно, понятие «революция», заимствованное из сферы социальных явлений (по Ф. Бэкону, как следствие «призраков Пещеры» — предыдущих знаний), где действительно в процессе революций разрушается старое социальное устройство и на его обломках строится новое, применительно к науке следует толковать как прорыв научного знания в новые области или скачок его на новые «этажи». Поскольку это движение науки «в пространстве» обычно во времени протекает очень быстро, оно носит

характер взрыва, который, однако, «старых» знаний *не разрушает, а только созидает новое знание.*

Именно так объяснял академик В. И. Вернадский в 1927 г. «взрывные волны научного творчества» в прошлом, особенно в XVII в., а также в начале XX в., подчеркивая, что «научная работа этих эпох имела яркий созидательный, а не разрушительный характер». В эти периоды, писал он, «строится и создается новое; оно для своего создания часто использует старое, перерабатывая его до конца. Обычно выясняется, неожиданно для современников, что в старом уже таились и подготавливались элементы нового. Часто сразу и внезапно это старое появляется в новом облике, старое сразу освещается... Это есть образ созидания, но не разрушения, образ невиданного нам раньше, но явно закономерно шедшего процесса, оживавшего для своего выявления своего завершения».

О «взрывной волне научного творчества» в начале XX в. В. И. Вернадский писал: «Сейчас, когда область новых явлений, новых достижений научного творчества охватила нашу научную работу еще в большем масштабе, мы не ощущаем хаоса и разрушения, хотя бы временного. Мы живем в периоде напряженного, непрерывного созидания, темп которого все усиливается. Основным и решающим в этом созидании является открытие новых полей явлений, новых областей наблюдения и опыта, сопровождающееся огромным потоком новых эмпирических фактов, раньше неведомого облика». Говоря все это, В. И. Вернадский нигде не употребляет термин «научная революция».

К понятию «научная революция» скептически относится и член-корреспондент АН СССР Е. Л. Фейнберг. Проанализировав общепринятые революции в науке, он приходит к выводу, что за пять веков «не революцией» считают разве что лишь один XVII в. (век создания химии!). «Что же тогда есть революция?» — спрашивает Фейнберг. И отвечает: «...все развитие науки состоит из непрерывно следующих друг за другом революций, когда революционные взрывы наползают друг на друга, сливаясь в сплошную их последовательность с отдельными значительными флуктуациями на этом фоне. Так вспыхивают языки пламени жаркого костра, когда огонь доберется до очередной смолистой ветки». Где здесь «разрушение старого»?.. И далее он пишет, что новое знание не обесценивает, не опровергает вообще старое,

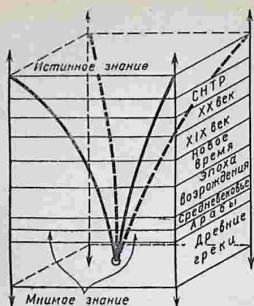


Рис. 15. Перевернутая «экспоненциальная пирамида» увеличения доли истинного знания в общем объеме «знания» с древнейших времен (V—VII вв. до н. э.) и до XX в.

а включает его в роли вполне обоснованного в своей области опыта, частного, предельного случая. Новое знание дает новый взгляд и на этот частный случай, но не разрушает прежнее, а снимает его в философском смысле (это иногда называют «принципом соответствия»). Поэтому испуг и растерянность, охватившие многих в начале XX в. при появлении теорий относительности и квантов, на новом этапе исчезли.

Таким образом, спор между сторонниками кумулятивного и эволюционно-революционного характера развития науки в основе своей оказывается беспредметным, так как речь идет «о разных

вещах». Первые отстаивают кумулятивный рост ручейка истинного, объективного знания в безграничной пустыне незнания и мистики, вторые исходят из того, что человек во все времена «знал все» — частично истинно, частично мнимо, ошибочно, «приблизленно», и эта-то «всезнающая наука» испытывает революционные изменения, когда на каком-то ее участке истинное знание разрушает, ломает, сметает и заменяет ложное, прорывается в новые области или делает скачок на новые «этажи».

Исходя из сказанного, исторический процесс развития науки можно изобразить графически в виде перевернутой пирамиды (в идеале — с экспоненциальными или логистическими ребрами) истинного знания, погруженной во тьму ложного, ошибочного, мнимого знания (рис. 15). Вершина ее, соответствующая нулю истинных знаний, уходит в глубину тысячелетий, где не было даже зачатков науки и «всезнание» сводилось к суевериям и религиозным измышлениям. Затем, начиная со сбора примет, наблюдений и навыков, через натурфилософию («философию природы») древних греков, *подъем науки в эпоху Возрождения*, Новое время и т. д. пирамида истинного знания все расширяется и возвышается,

Обратимся теперь к понятиям «нормальная наука», «научное сообщество» и «парадигма». Посмотрим, не являются ли они, по классификации Ф. Бэкона, следствиями не только «призраков Рода», но и «призраков Рынка» — неправильного словоупотребления и не связаны ли все вместе с «призраками Театра» — софистическими * теориями.

Действительно, можно ли согласиться с тем, что «между научными революциями» существует такое время деятельности научных сообществ, в течение которого они, целиком подавленные одной парадигмой (как могильной плитой!), работая в русле «нормальной науки», занимаются лишь распространением приложений известных законов, зависимостей, теорий? Где же в таком случае возникают «кризисные ситуации», когда новые «аномальные» явления не укладываются в рамки господствующей парадигмы и приближается новая «революция», знаменующая победу новой парадигмы? Ведь, кроме научных сообществ, наукой нигде не занимаются, тем более в наше время «большой», высокоорганизованной и мощно технически оснащенной науки. Следовательно, взрывчатый материал накапливается в недрах этих же сообществ талантом и энергией наиболее творческих их членов. При этом сила взрыва в большинстве случаев определяется эффектом технической реализации открытия, а не его чисто научной значимостью. Так, открытие термоэлектричества в 1821 г. Т. Зеебеком, не нашедшее в то время технического, энергетического применения, прошло почти незамеченным. Открытие же ядерной энергии и возможности ее технического, энергетического использования в 1896—1939 гг. было сенсационным.

Кроме того, как было показано выше, новая парадигма обычно не отменяет «старую», а расширяет круг истинных научных знаний на какие-то новые области, где до этого царило ошибочное, мнимое знание или же просто незнание. При этом каждая парадигма отражает, естественно, и методологические особенности соответствующей области.

Отсюда сам собой напрашивается вывод, что понятие парадигма как очередная ступень, общепринятый обра-

* Софистика — рассуждения, основанные на преднамеренном нарушении законов логики, применении ложных доводов — софизмов.

зец, всеобщая «модель постановки проблем и их решения» сокращается, как шагреневая кожа, до узких понятий более или менее точной теории, методики расчетов и т. д.

По указанным причинам «нормальная наука» — это на самом деле та часть науки, в развитии фундаментальных знаний которой не происходит изменений, проникновения в новые области, а на основе уже достигнутых знаний разрабатываются различные прикладные и технические задачи данной области знания. Скованность этих научных сообществ в данный период «господствующей» парадигмой — явление неизбежное, ибо другой парадигмы нет. *Рождается новая парадигма в недрах тех же сообществ (больше нигде!) усилиями, как уже было сказано, наиболее творческих их членов при жестоком сопротивлении пассивного, инертного большинства, для которого надвигающийся взрыв грозит снижением престижности их положения в научной иерархии, а часто и необходимостью трудиться над овладением новой областью знаний, куда обычно устремляется жаждающая быстрой научной карьеры молодежь.*

Если же принять концепцию Куна, то надо говорить не о «нормальной», а об *официальной науке* (обычно отстающей от новых научных знаний и по инерции не приемлющей их), ибо длительное действие в научном сообществе неизменной «парадигмы» Куна и соответствующей ей проблематики может обеспечиваться только властью администрации (особенно в наше время «большой науки»), поскольку сама по себе *действительно нормальная наука никогда на месте не стоит, а непрерывно развивается.*

И именно это практически аннулирует и понятие научного сообщества как объединенной невидимыми нитями общих убеждений, идейно сплоченной группы единомышленников, рассеянных по разным учреждениям, как это бывало в эпоху малой науки. В наше время «большой науки» на смену этим научным сообществам пришли административные сообщества, официально организованные в научные учреждения. И именно это иногда тормозит развитие науки, хотя и позволяет сконцентрировать большие силы на одном направлении. «Отец кибернетики» Н. Винер с горечью писал: «Я особенно счастлив, что мне не пришлось долгие годы быть одним из винтиков современной научной фабрики, делать, что приказано, ра-

ботать над задачами, указанными начальством, и использовать свой мозг только in Commandam (по команде), как использовали свои латы средневековые рыцари. Думаю, что, родись я в теперешнюю эпоху умственного феодализма, мне удалось бы достигнуть немногого. Я от всего сердца жалею современных молодых ученых, многие из которых, хотя и этого или нет, обречены из-за «духа времени» служить интеллектуальными лакеями или табельщиками, отмечающими время прихода и ухода с работы». К этому можно лишь добавить, что периоды «умственного феодализма» царили в различных точках пространства и времени в истории науки неоднократно. Достаточно вспомнить 2000-летнее с небольшими перерывами иго аристотелизма, канонизированного церковью. Об этом же писал и В. И. Вернадский, подчеркивая, что борьба нового научного знания со старым «была неравная и всякая мысль, чуждая учениям, имеющим власть и силу в своих руках, легко могла быть уничтожена и уничтожалась безжалостно».

Не удивительно поэтому, что академик В. Л. Гинзбург в 1980 г. вынужден был написать: «Когда познакомишься с конкретной историей физики или сам являешься свидетелем ее развития, то ясно видишь все несоответствие между реальностью и схемой Куна... на деле все не так, как в схеме Куна, все вроде бы сплошная неправда».

Таковы общие, самые главные черты и закономерности развития науки.

Рассмотрим теперь достигнутые успехи в «измерении науки», т. е. в количественной оценке научных знаний, чтобы перевести их затем на энергоэнтропийный язык.

Потребность в измерении науки возникла примерно в середине XX в., когда появилась крайняя необходимость прогнозирования ближайшего и отдаленного будущего научно-технического и социального прогресса особенно промышленно развитых стран. И сразу же вышли в свет работы по «наукометрии», среди которых одной из первых и самой популярной стала книга Д. Прайса «Малая наука, большая наука», изданная в 1963 г., т. е. на следующий год после публикации книги Т. Куна, посвященной, как мы видели, логическому анализу развития науки.

В предисловии Д. Прайс обещает проанализировать общие проблемы формы и объема науки, а также ряд

общих тенденций, которые связаны с ростом и функционированием «большой науки». Его метод «сродни тем методам термодинамики, которыми исследуют поведение газа в различных условиях температуры и давления», т. е. соответствует нашей теме. Этим методом «безличного среднего» он и исследует науку как целостную систему, неправомерно «усредняя» совершенно разных по дарованию и производительности ученых, совершенно разные по научной ценности, масштабности и другим показателям статьи, книги, совершенно разные по эффективности использования денежные расходы и т. д.

Обработав большой фактический материал, Д. Прайс получил кривые роста числа статей, книг, журналов, рефератов, ученых, научных учреждений, авторских свидетельств на открытия и изобретения, величины расходов на исследования и т. д. И в форме большинства этих кривых с той или иной степенью точности он обнаружил... экспоненциальный закон роста, не упомянув, что он был применен за 120 лет до него Ф. Энгельсом... Источник этого сходства — пропорциональность роста науки увеличению населения. Однако если у Ф. Энгельса под ростом науки подразумевался рост объема истинных научных знаний, то у Д. Прайса — это, по существу, *увеличение различного вида затрат на получение неизвестного количества знаний, ибо он совершенно неправомерно принимает, что все затраты* (в форме числа статей, книг и т. п.) *дают стопроцентный прирост знаний*. На самом же деле прирост истинных научных знаний составляет все меньшую и меньшую величину на затрачиваемую единицу, так как происходит процесс энтропизации — обесценивания науки за счет повторных, описательных, конструкторских, расчетных, ошибочных и других, не несущих нового научного знания работ. Поэтому *отношение объема получаемых истинных научных знаний к величине различных видов затрат может служить критерием эффективности соответствующей формы научной деятельности и указывать пути наимыгоднейшего использования затрат*. Тенденция уменьшения величины этого критерия со временем является следствием как снижения качества ученых с увеличением их количества (доля Коперников, Ломоносовых, Эйнштейнов все уменьшается), так и истощения ряда научных направлений, если даже считать наукой все публикации.

Д. Прайс пришел к обескураживающему выводу. Если бы расходы на одного ученого были постоянными, то, например, в США расходы на науку были бы пропорциональны объему получаемых знаний и удваивались бы каждые 10—15 лет. В действительности же эти расходы в постоянных долларах удваиваются каждые 5,5 года, а на одного ученого — почти каждые 10 лет. Иными словами, *расходы на науку растут пропорционально квадрату числа ученых или четвертой степени числа ведущих ученых*. Если к 2000 г. число ведущих ученых возрастет в 3 раза, то расходы на науку увеличатся в 81 раз, т. е. более чем в 2 раза превысят совокупный национальный продукт США...

На основании подобных данных Д. Прайс приходит к выводу о неизбежности «сатурации» — «затухания» науки под репрессивным воздействием общественной среды, роста количества информации, узкой специализации, ограниченности познавательных возможностей ученых, увеличения доли малоспособных среди них, удлинения сроков учебы и т. д.

В поисках нового закона, учитывающего все эти воздействия на «рост науки», отклоняющие его от экспоненты, Д. Прайс «выходит» на логистическую кривую (рис. 16). В соответствии с ней экспоненциальный рост науки должен постепенно замедляться, приближаясь к какому-то пределу, где он останавливается, не поднимаясь до абсурдных значений. Основные характеристики логисты — «пол», «потолок», «наклон» и «протяженность»

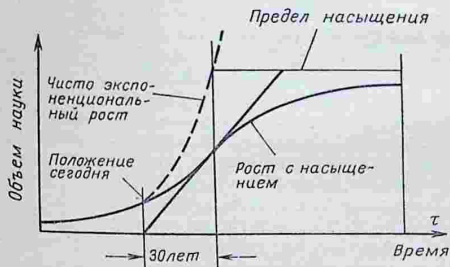


Рис. 16. Экспоненциально-логистическая закономерность роста объема науки

для различных отраслей и периодов развития науки различны, и симметричность кривой необязательно сохраняется, но общий характер этого закона, по Прайсу, должен соблюдаться.

Однако многолетние работы «наукометристов» подтолкнули устои и логистического закона, принятого сначала как должное большинством исследователей науки. Так, профессор Г. М. Добров в 1977 г. в результате «углубленного анализа теории кривых роста науки и непредвзятого рассмотрения обширной ныне коллекции реально складывающихся кривых роста» пришел к выводу, что математическими моделями подобных кривых могут быть различные функции, задаваемые уравнениями прямой, экспоненты, системы экспонент, параболы, гиперболы, логисты, интегральной функции Лапласа — Гаусса и др. Все дело в правомерности принятой системы исходных положений — постулатов по отношению к конкретному, изучаемому с помощью кривых роста процессу развития. Система же исходных постулатов должна быть настолько совершенной, чтобы с ее помощью можно было учесть не только влияние отдельных внутренних и внешних факторов на развитие науки, но и их сложное взаимодействие. Удовлетворить это требование довольно трудно.

Однако по какому бы закону ни происходило развитие науки, пока процессы энтропизации все больше тормозят его. Основная общая причина этого — экспоненциальное увеличение числа работников науки, что неизбежно ведет к снижению их качества, их творческой производительности. Наука все больше обезличивается, растет количество коллективных трудов, скрывающих вклад каждого из соавторов. Из рис. 17 видно, что существует нижний предел уровня научной отдачи, при переходе которого наступает быстрая деградация научного учреждения. В этих условиях не талант, не дарование определяют внешний успех человека науки, а совсем другие человеческие качества...

Эти вредные последствия «большой науки» могут резко усиливаться под влиянием различных факторов, например научной «моды» или истощения научной «жилы». Мода, создавая бум в той или иной области, привлекает к ней большое число предприимчивых, жаждущих быстрой научной карьеры, но лишенных творчес-

ких способностей людей, которые выдают массу пустой продукции или увеличивают число соавторов. Истощение отдельных научных направлений часто приводит к тому, что выросшие на этой почве коллективы, не желая перестраиваться (т. е. переучиваться), продолжают «разрабатывать» пустую породу, доказывая, что впереди новые «золотоносные жилы»... Так, академик М. А. Марков считает, что каждый научный институт имеет свой юный, зрелый и преклонный возраст. 15—20 лет обычно отпускает время на цикл развития института, а затем он либо возрождается, либо погружается в небытие, либо возникает в совершенно ином виде.

На основании сказанного публикуемую научную информацию можно разделить по крайней мере на следующие пять категорий:

1) *истинно научное знание* — информация, раскрывающая причинно-следственные связи между явлениями, закономерности изменения параметров исследуемых систем и т. п., а также информация о фактах, открывающих новые явления: взаимодействие тока и магнитной стрелки в 1821 г. Эрстедом, естественной радиоактивности урана в 1896 г. Беккерелем и т. п.;

2) *фактографическое, описательное знание* — информация о фактах, не открывающих ни новых явлений, ни новых закономерностей;

3) *техническое знание* — опредмеченное знание в виде конструкций, разработок, расчетов и т. п.

4) *повторная информация* — не несущая нового знания, выдающая за него давно известное, но забытое, или, сказанное другими словами, старое знание, информация, дублирующая его различными способами;

5) *мнимое, ложное знание* — не соответствующие истине «теории», мистика и суеверия.

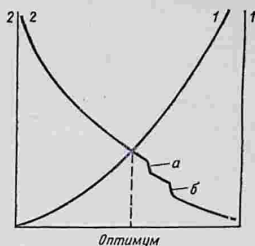


Рис. 17. Возможное снижение (после достижений максимума) средней научной продуктивности на одного работника НИИ 2 с ростом их числа 1, а также вследствие «моды» а или истощения проблемного направления б («Оптимум» соответствует максимуму производительности НИИ в целом)

Прежде чем перейти непосредственно к разработке средств энергоэнтропийной оценки развития науки, необходимо рассмотреть по крайней мере три вопроса:

1. Не ведет ли истощение отдельных научных направлений к исчерпанию научных знаний вообще?

2. Как отличить новое научное знание от повторного — в смысле продолженного, вытекающего из уже известного, являющегося приложением известного к другому объекту?

3. Как количественно оценить научные знания разного масштаба и уровня, например механику Ньютона и натурфилософскую систему Декарта?

Большинство ученых считает, что если познание каждого отдельного предмета конечно, то познание вообще, т. е. наука в целом, бесконечна. Так, академик И. Е. Тамм еще в 1957 г. говорил, что проблемы физики в значительной степени уже разработаны, ибо почти достигнут предел проникновения в глубины вещества, за которым исчезает понятие частицы, поскольку стирается грань между частицей, живущей 10^{-8} — 10^{-9} с, и мгновенным сгустком материи. В результате центр тяжести науки из физики перемещается в биологию.

Любопытно в этом плане и высказывание академика М. А. Маркова (1974 г.). Как ни странно, говорит он, но по очень крупному счету наше понимание физики не очень далеко ушло от понимания древних греков 2500 лет назад. Если они считали фундаментальными сущностями четыре «стихии»: землю, воду, воздух и огонь, не понимая фундаментальных свойств этих стихий, то современная физика пытается раскрыть все содержание реального мира как сложное взаимодействие различных «полей». Но это те же четыре «стихии» древних: сильные поля (ядерные), электромагнитные, слабые (нейтринные), гравитационные, от понимания фундаментальных свойств которых мы тоже далеки. Иными словами, попытки описать свойства этих полей в отдельности оказываются несостоятельными, так же как и попытки количественного описания возникающего при взаимодействии этих «стихий» спектра элементарных частиц.

С другой стороны, пока бесконечное познание мира ограничивается возможностями человека и находящихся в его власти средств познания: размерами Земли и ее материальных ресурсов (энергетических и предметных), короткой жизнью, конечной скоростью движения

тел (скоростью света), необратимостью времени, разрешающими способностями приборов (микроскопов, телескопов и т. д.) и т. п. Например, проникновение в глубь материи, осуществляемое с помощью ускорителей элементарных частиц, ограничено размерами ускорителей. Академик М. А. Марков, обсуждая возможности дальнейшего развития ускорителей, ссылается на статью Е. Андерсона и говорит при этом: «Основа основ написанного в статье Е. Андерсона «Нужны ли большие машины?» заключается в следующей фразе: «Ученые начали понимать, что пирог конечен». Оказывается, темп возникновения новых открытий в физике высоких энергий с ростом энергии входящих в эксплуатацию ускорителей, радикально замедляется — это похоже на закон убывающего плодородия». Академик В. Л. Гинзбург тоже не соглашается с бесконечностью развития микрофизики. «Не все ведь обязаны верить в существование «бесконечной матрешки»: открыли одну куклу, а в ней другая и так без конца», — пишет он.

Говорят, что после исчерпания ресурсов Земли человечество переселится на новые планеты или создаст свои искусственные, но ведь и там оно окажется в мире конечных предметов и явлений.

К вопросу о пределах развития науки можно подойти и «от противного» — со стороны техники, как «определенного знания». В последнее время, как мы уже говорили, часто отмечается сокращение временных интервалов («лагов») между научными открытиями и их технической реализацией (рис. 18). И хотя кривая на рисунке не раскрывает совершенно различных исторических условий развития науки и техники в различные времена, она демонстрирует процесс сближения, интеграции науки с техникой, производством, а следовательно, и взаимозависимость их. Но если с конечностью науки соглашается меньшинство, то с конечностью развития техники — большинство. Для изучения этого вопроса полезен анализ возможностей развития техники с помощью морфологического метода и естественных классификаций, с которыми мы уже знакомы.

Перейдем ко второму вопросу — как отличить действительно новое научное знание от повторного, являющегося производным от известного, вытекающего из него? Как мы видели, в наукометрических единицах внешних показателей науки — затрат на нее (финансы, учрежде-

ния, люди, книги, статьи и т. п.) это сделать не удастся.

Познакомимся с мнением академика П. Л. Капицы на этот счет. Он относит к действительно новым явлениям и законам такие, которые нельзя ни полностью предсказать, ни объяснить на основе уже имеющихся теоретических концепций и которые поэтому открывают новые области исследований. За последние 150 лет в области физики таковыми являются:

- 1) открытие Гальвани электротока в 1789 г.;
- 2) открытие Эрстедом влияния тока на магнитную стрелку в 1820 г.;
- 3) открытие Герцем внешнего фотоэффекта в 1887 г.;
- 4) открытие Беккерелем радиоактивности в 1896 г.;
- 5) открытие Дж. Томсоном электрона в 1903 г.;
- 6) эксперимент Майкельсона и Морля, открывший основные принципы теории относительности;
- 7) открытие Герцем космических лучей в 1919 г.;
- 8) открытие Ганом и Мейтнер деления урана в 1939 г.

П. Л. Капица считает (1964 г.), что «в ближайшем будущем мы должны будем стать свидетелями еще не

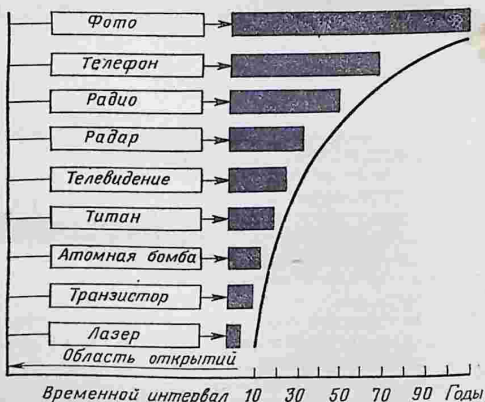


Рис. 18. Временной интервал между датой научного открытия и его практическим — техническим использованием

одного не менее важного и нового открытия, чем перечисленные». Но каковы же они? Если бы их можно было предсказать, они не стали бы открытиями. Так, сделав в 1957 г. некоторые прогнозы в этом направлении, известный английский ученый Дж. Бернал обнаружил, что уже через пять лет они устарели, особенно в области физики и биологии.

П. Л. Капица относит к проблемным (с уровня науки 1964 г.) следующие научные направления:

1) освоение космического пространства (в частности, для удаления с Земли радиоактивных отходов с помощью ракет);

2) получение дешевой электроэнергии; возможные решения:

а) управляемая термоядерная реакция;

б) гидроэлектромагнитные электрогенераторы на существующих органических топливах;

в) топливные элементы (для малой энергетики);

3) раскрытие сущности мускульного процесса — прямого превращения химической энергии в механическую и использование его в энергетике (с помощью полимерных волокон);

4) раскрытие механизма распространения по нервным волокнам (рассматриваемым как диэлектрик) электрического импульса, что даст возможность делать сигнализационные схемы, счетчики и т. д. без металлических проводов (с полимерами).

И это все! Правда, о биологии речь пойдет дальше. Сначала же перечисляются «научно-методические проблемы» будущего:

5) создание веществ с заданными свойствами;

6) создание сверхпроводящих сплавов при нормальных температурах;

7) создание полимеров с заданными свойствами;

8) совершенствование экспериментальной техники (сейчас физика располагает приборами во много раз более чувствительными, чем чувствительность наших органов чувств, кроме обоняния);

9) раскрытие механизма памяти мозга.

Теоретические проблемы П. Л. Капица связывает с развитием ЭВМ и кибернетических машин.

В число проблем биологических наук, помимо отмеченных выше (познание механизма мускульных сокращений, передачи нервными волокнами электросигналов,

механизма памяти мозга, механизма обоняния), включены еще две:

комплексная проблема — генетика, конечная цель — изменять согласно запросам практики вид организмов;

познание природы основного свойства живых систем — самовоспроизводства, которая может подчиняться пока неизвестным законам, лежащим за пределами познанных закономерностей неодушевленной природы.

Итак, из перечисленных «абсолютных» открытий в прошлом и предполагаемых в будущем ясно, что надо понимать под строго новым научным знанием. Но при таком подходе даже открытие Фарадеем магнитной индукции нельзя считать... открытием, т. е. новым научным знанием, так как это явление обратное открытию Эрстеда и его можно было предвидеть; Фарадей и предвидел его, но хотел обнаружить экспериментально. Исследования Эрстеда и Фарадея привели к закону Ленца, к уравнениям Максвелла и к ряду других фундаментальных результатов, но все они были разработками открытия Эрстеда, только его нельзя было предсказать на основе имевшихся до этого данных.

Тем не менее в научной практике новое научное знание толкуется обычно гораздо шире и даже, можно сказать, произвольнее. Это особенно относится к техническим наукам. Главная трудность здесь — отличить новое научное знание от технических разработок или от собранных и лишь как-то систематизированных описательных данных. Поскольку надежного критерия для этого нет, а интерес к разработкам и фактам велик, то вал информации такого содержания затапливает научные журналы и другие издания. Несмотря на это, новое научное знание не проходит, конечно, незамеченным, его золотые крупницы немедленно подхватываются специалистами и используются для дальнейшего развития науки.

Третий вопрос — как количественно оценить научные знания разного масштаба и уровня — вероятно, самый трудный. Например, натурфилософская система мира Р. Декарта не содержит ни одного конкретного открытия и даже какой-либо вторичной информации ни об одной части природы. Он разработал последнюю, в основе своей материалистическую систему устройства «всего мира», «всей природы». Выдающийся русский физик Н. А. Умов считал, что ценность системы Декарта в ее общем плане,

появление которого сыграло решающую роль в борьбе со схоластикой, очистило дорогу действительной науке. В этом величайшая заслуга Декарта. «Перед мыслящим человечеством стояли уже не единичные факты, противоречащие общепризнанным воззрениям и не связанные с новыми,— стоял воплощенный и одухотворенный образ точного знания, по силе, широте и определенности не уступававший старым учениям».

Совершенно другого плана систему, но тоже систему, из элементов в большинстве своем известных ранее, создал и И. Ньютон. «В цепи умозаключений,— писал Н. А. Умов,— которые должны привести нас от внешности, доступной нашим ощущениям, к ее скрытому механизму, Ньютон установил ряд звеньев, скрепленных между собой и с явлениями посредством ясно сформулированных математических соотношений. В этом заключается великое открытие Ньютона».

В то же время работы по определению, например, термодинамических свойств водяного пара и множества других веществ, применяющихся в энергетике, выглядят с точки зрения количества полученной информации гигантскими научными достижениями. Между тем научная общественность рассматривает последние как рядовые, почти технические разработки, а труды Р. Декарта и И. Ньютона — как выдающиеся, эпохальные достижения науки. Можно ли найти такой количественный критерий, который бы засвидетельствовал то же самое? Ведь здесь речь идет не о точном объеме научного знания, как, например, при определении термодинамических свойств различных веществ, когда с каждым новым веществом делается совершенно четко выраженный шаг вперед (или «вверх»), а о широте и интенсивности воздействий натурфилософской системы Р. Декарта или системы механики И. Ньютона на самые различные области человеческой деятельности и человеческого познания окружающего мира. А последнее зависит не только от возможностей теорий Р. Декарта и И. Ньютона, но и от подготовленности общества для их принятия и развитого широкого применения как в данное время, так и в будущем — через 100, 200 и более лет...

Правда, недавно Ю. Б. Татаринев предложил метод многокритериальной количественной оценки значимости («фундаментальности») всех видов научной продукции — «от эпохальных открытий до результатов труда

рядовых научных работников». Метод довольно сложен*, поэтому здесь мы можем остановиться только на его сущности, заключающейся в следующем.

Вводится девять основных независимых критериев значимости научной продукции: 1) вид материальной системы, служащей объектом исследований; 2) структурный уровень материи, на котором производилось изучение объекта; 3) широта охвата научным результатом различных материальных систем, явлений и процессов; 4) ступень научного познания, на которой получен научный результат (теоретический и эмпирический уровни); 5) логическая форма, в которой выражен научный результат (научный принцип, теория, закон, модель, классификация, метод и т. д.), отражающая уровень системности, упорядочения, «уплотнения» новой научной информации; 6) глубина проникновения в сущность изучаемого объекта (явления); 7) степень новизны научной информации, содержащейся в конечном научном продукте; 8) уровень сдвига, вызываемого научным достижением в концептуальном составе знания в различных научных областях и дисциплинах; 9) степень достоверности научной информации, содержащейся в научном достижении.

С помощью этих критериев разработаны четыре логические таблицы-матрицы: 1) вида научных результатов; 2) их объектов; 3) широты охвата; 4) новизны научной информации. И три «измерительные шкалы»: 1) уровня концептуального сдвига; 2) степени проникновения в сущность явлений; 3) степени достоверности научной информации. На этой основе осуществляется количественное «ранжирование» (по очкам) научных результатов любого уровня и масштаба. В отличие от наукометрических «исследований» этот метод позволяет учесть сущностные, содержательные показатели ценности научной продукции. Однако субъективность «ранжирования» и безразмерность получаемых результатов препятствует их переводу на энергоэнтропийный язык.

Таковы некоторые трудности при выработке количественных критериев оценки развития и эффективности науки.

* См.: Татариннов Ю. Б. Методологические основы оценки фундаментальности естественнонаучных достижений и открытий.— Вопросы философии, 1976, № 8; Татариннов Ю. Б. Оценка научного уровня фундаментальных исследований. Методологические принципы.— Вестник Академии наук СССР, 1977, № 12.

На практике вместо указанных выше «наукометрических» критериев обычно применяют экономические и социальные. Последним большое внимание уделяется в социалистических странах — наука должна способствовать улучшению условий труда, жизни и быта населения, полной занятости его трудоспособной части, устранению травматизма и профессиональных заболеваний и т. д.

Хотя экономический эффект — самоокупаемость, рентабельность работ, прибыль на вложенный капитал — остается пока главным критерием эффективности научного труда, этот показатель страдает почти всеми теми же недостатками, что и наукометрические критерии. Ведь чем с более высоким уровнем структуры развития науки приходится иметь дело, тем, как мы видели, труднее оценить экономический эффект научной деятельности. Ничего не стоит подсчитать экономию, даваемую рационализаторским предложением или изобретением. Сложнее оценить в денежной форме результаты прикладных исследований. И совсем трудно — результаты фундаментальных и методологических исследований, которые не дают немедленного и строго определенного полезного эффекта. Поэтому обычные критерии, принятые в материальном производстве, — прибыль, затраченное время, количество сбереженного живого труда и т. п. — здесь неприменимы. Результаты фундаментальных и методологических работ находят практическое применение иногда через длительное время, а кроме того, оказывают влияние на самые различные отрасли знания и народного хозяйства, на идеологию, политику и т. д.

Вместе с тем мы знаем, что *всякое познание рассматривается в теории информации как процесс устранения неопределенности, измеряемой величиной энтропии*. Эта неопределенность может быть функциональной, или причинной, и структурной. *Устранение причинно-функциональной неопределенности дает информацию о законах взаимодействия элементов систем; таковы законы Кеплера, тяготения, сохранения энергии, закон Ома и т. д. Устранение же структурной неопределенности дает информацию о целых системах закономерностей, объясняющих тот или иной род явлений. К ним можно отнести механику, оптику, электромагнетизм, термодинамику, ядерную физику, теорию относительности и т. д.*

Прежде чем познакомиться с техникой подсчета величины, устраняемой в процессе получения научных знаний

неопределенности, запишем на основе полученных выше результатов следующее выражение объема истинного научного знания, содержащегося в полном потоке информации ΔI , соответствующем потоку негэнтропии ($-\Delta S$):

$$\Delta I_{\text{ист}} = \eta_{\text{ф}} \eta_{\text{т}} \eta_{\text{п}} \Delta I = \eta_{\text{ф}} \eta_{\text{т}} \eta_{\text{п}} T (-\Delta S),$$

где $T < 1$ — уровень (доля) различного вида знаний в общем потоке информации, включающем мнимое знание, характерный для данной эпохи (см. рис. 15); $\eta_{\text{ф}} < 1$ — доля фактографического знания; $\eta_{\text{т}} < 1$ — доля технического знания; $\eta_{\text{п}} < 1$ — доля повторной информации.

Величину T весьма ориентировочно можно принять равной: для античной и арабской науки — 0,1—0,2; для эпохи Возрождения — 0,4—0,5; для Нового времени — 0,5—0,7; для XIX в. — 0,8—0,9; для XX в. — 0,9—0,98.

Увеличение T до XX в. сопровождалось увеличением $\eta_{\text{ф}}$, $\eta_{\text{т}}$, $\eta_{\text{п}}$, но после достижения максимума T почти не меняется, а $\eta_{\text{ф}}$, $\eta_{\text{т}}$ и $\eta_{\text{п}}$, как было показано выше, падают. Это обстоятельство приводит к переходу кривой экспоненциального развития науки в логистическую кривую с ярко выраженным «потолком» — пределом, который в отдельных отраслях науки означает и полное (почти) познание объекта.

Проблема определения информативности науки, т. е. ΔI , стала предметом исследований французского ученого Л. Бриллюэна, посвятившего ей ряд работ (книги «Наука и теория информации», 1956 г. и «Научная неопределенность и информация», 1960 г.).

Бриллюэн справедливо отмечает на пути к достижению поставленной им цели немало трудностей. Например, расплывчатость понятия «информация», имеющего много толкований. Затем потеря ценности первоначальной информации (уменьшение негэнтропии) о фактах хотя законы практически не устаревают, и т. д.

Количественную меру информации ΔI можно установить через соответствующий прирост негэнтропии ($-\Delta S$), так как любая дополнительная информация увеличивает негэнтропию системы. Так, затрачивая световую энергию на выяснение состава какой-либо системы, мы преобразуем ее в теплоту, т. е. в энергию низкого качества. Следовательно, этот опыт сопровождается преобразованием негэнтропии в информацию. Анализ экспериментальных методов наблюдения обнаруживает общий характер этого вывода: в лаборатории невозможно проделать никакого

измерения, не потребляя того или иного количества энергии — негэнтропии. Всякий опыт есть то или иное превращение негэнтропии в информацию.

Таким образом, информация представляет собой отрицательный вклад в энтропию. Это утверждение Л. Бриллюэна называется «негэнтропийным принципом информации», мы говорили о нем в разделе об информации.

Теперь рассмотрим пример — наблюдения под микроскопом. Предположим, на поле наблюдения, общая площадь которого A_0 (рис. 19, а), находится некоторый объект O , который занимает площадь A_1 . Тогда информацию можно вычислить по зависимости

$$I_1 = K \ln(A_0/A_1) = K \ln A_0 - K \ln A_1 = K (\ln A_0 - \ln A_1).$$

Это выражение можно использовать для анализа информации в форме эмпирических законов.

Допустим, мы ставим опыт по измерению двух переменных x и y . Пусть при этом величина x изменяется в пределах от 0 до a , а y — в пределах от 0 до b (см. рис. 19). После ряда измерений мы приходим к заключению, что x и y всегда остаются внутри определенной заштрихованной полосы. Она-то и выражает некоторый эмпирический закон (пунктирная линия) и пределы его погрешности ($\beta_2 - \beta_1$).

Пусть $A_0 = ab$ есть полная область изменений x и y , а A_1 — площадь заштрихованной полосы. Количество информации выражается приведенной выше формулой, если все области равновероятны. В случае неравных вероятностей возникает довольно простая математическая задача, которую нетрудно решить.

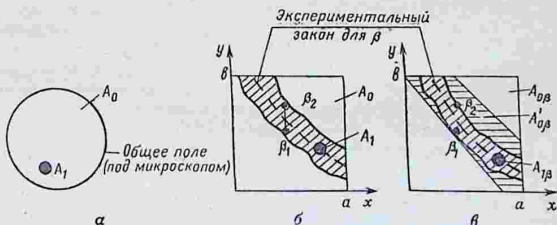


Рис. 19. Определение емкости научной информации: $A'_{0\beta}$ — предсказание для β'

Между ситуациями, изображенными на рис. 19, а и б, существует явное сходство. В обоих случаях необходимо определить:

1) общее поле, перед тем как производить наблюдение;

2) поле остаточных ошибок (или разрешающая способность), после того как произведено наблюдение.

Если общее поле наблюдения не дано или если погрешность не установлена, то определение «информации» невозможно, так как информация может возрасти до бесконечности или снизиться до нуля.

Отсюда следует, что: 1) научный закон всегда имеет ограниченную область применимости; 2) он справедлив «в определенных рамках возможных ошибок». Если эти условия не конкретизированы, то определение закона неполно и лишено смысла.

Все эти соображения справедливы при упрощающем допущении, что поля A_0 и A_1 имеют четкие границы и заранее предполагаются постоянные вероятности в каждом из них. Когда вероятности изменяются, то возникает простая математическая задача по обобщению приведенной выше формулы.

Рассмотренный общий метод приложим к закону любого вида, построенному с помощью определенного количества экспериментальных данных. Он может быть чисто эмпирическим законом, выражаемым в виде графиков или числовых таблиц. Его основу могут составлять теоретические положения. Тогда он позволит оценить точность теории. Если известны: 1) область приложимости формулы (начальная неопределенность A_0); 2) ошибки и, следовательно, конечная неопределенность A_1 , то общая информация оценивается по приведенной выше формуле.

По-видимому, в этом вопросе теория не играет никакой роли. Ученый может гордиться своей теорией, но эта гордость не фигурирует в количественной оценке информации.

Инженер, пользуясь сложной вычислительной машиной для анализа чисто технической задачи, не заботится о том, существует ли теория, доказывающая верность используемой им формулы. Его интересуют только пределы 1 и 2; это все, что ему нужно для работы.

Теория, вероятно, играет роль тогда, когда мы хотим сравнить разные экспериментальные законы, чтобы вскрыть какие-то внутренние связи между ними. Это мож-

но показать на следующем примере, который хотя и весьма схематичен, но может служить основой для строго математического анализа.

Предположим, что мы имеем несколько опытных законов α , β , γ , каждый из которых содержит какое-то количество информации I_α , I_β , I_γ . Так как эти законы открыты независимо друг от друга, то общая информация совокупности их будет равна сумме $I_\Sigma = I_\alpha + I_\beta + I_\gamma$. Допустим, нам удалось разработать теорию, которая устанавливает взаимосвязь между этими тремя законами. Тогда в результатах закона α уже содержатся «некоторые намеки» относительно закона β . Другими словами, когда нам задан α , то поле $A'_{\alpha\beta}$ изменения величины β , сокращаясь, становится меньше общего поля $A_{\alpha\beta}$ для совершенно произвольной вариации (см. рис. 19, в). Таким образом, мы получаем меньше информации, когда рассматриваем β , т. е.

$$I'_\beta = K \ln A'_{\alpha\beta} / A_{1\beta} < I_\beta = K \ln A_{\alpha\beta} / A_{1\beta}.$$

С другой стороны, если известны α и β , мы обнаруживаем, что диапазон изменения γ очень сильно сокращается, так что всякое измерение γ дает гораздо меньше информации, т. е. $I'_\gamma < I_\gamma$. В результате можно записать следующую зависимость:

$$I_\Sigma = I_\alpha + I_\beta + I_\gamma = I'_\alpha + I'_\beta + I'_\gamma + R,$$

где R — положительный остаток (мы о нем говорили в разделе об информации и энергоэнтропике и называли его «избыточная информация»). «Избыточность» — еще одно название взаимосвязи или корреляции.

Этот способ позволяет определить содержание информации в теории, устанавливающей соотношение, взаимосвязь между законами α , β и γ .

Точная математическая формулировка требует гораздо более тщательного анализа вероятностей, но существенные моменты уже были рассмотрены в этом примере.

Определим теперь условия, соответствующие идеальной теории вроде классической механики или классического электромагнетизма с их классическими областями приложимости и с обычными экспериментальными ошибками. Такая идеальная теория развивалась, вероятно, са-

мым общим путем, но она все же содержит такие произвольные величины, как масса, заряд, начальные условия, граничные условия и т. д.

Примем, что все эти предварительные данные содержатся в первом эмпирическом законе α , поскольку получить их теоретически мало надежды. Когда эти исходные наблюдения проведены с некоторыми ошибками, идеальная теория способна, вероятно, дать правильное решение задачи, установив ожидаемую погрешность.

Это означает, что дальнейшие эксперименты $\beta, \gamma, \dots$ не могут принести ничего нового. В соответствии с нашими обозначениями эту ситуацию можно выразить соотношениями $A'_{\alpha\beta} = A_{1\beta}$ и $A'_{\alpha\gamma} = A_{1\gamma}$; отсутствие новой информации означает, что $I'_{\beta} = 0$ и $I'_{\gamma} = 0$.

На рис. 19, в две заштрихованные области должны совпадать, а экспериментальная погрешность ($A_{1\beta}$) должна слегка покрыть область ожидаемой погрешности ($A_{\alpha\beta}$). Такие условия характеризуют точную проверку теории и эксперимента. Из последнего уравнения с избыточностью R находим, что $R = I_{\Sigma} - I_{\alpha} = I_{\text{теор}}$. Величина R — информация, содержащаяся в теории; окончательно получаем, что $I_{\text{теор}} = I_{\beta} + I_{\gamma} + \dots = \Sigma$ (предсказуемая информация).

Идеальная теория дает общую информацию, равную суммарной информации, которая должна была содержаться во всех эмпирических результатах, теперь с уверенностью предсказываемых теоретическими вычислениями.

Другими словами, теоретическую информацию «идеальной теории» можно выразить с помощью обычной формулы $I = K \ln (A_{\alpha \text{ теор}} / A_{1 \text{ теор}})$, где $A_{\alpha \text{ теор}}$ — протяженность области, в пределах которой теория сохраняет свою силу, а $A_{1 \text{ теор}}$ характеризует ожидаемые ошибки.

Используя 4-й и 5-й законы энергоэнтропии, можно оценить эффективность работы ученого, однако здесь она должна определяться с учетом специфики научного знания, рассмотренной выше. Ведь, как уже говорилось, наука часто с ничтожными затратами энергии и негэнтропии позволяет получить огромной важности информацию, количество которой надо как-то связать с ее значимостью.

Конечно, построить полную, точную систему энергоэнтропийной оценки эффективности развития науки — дело чрезвычайно трудное, но в первом приближении,

как было показано на приведенном примере, возможное и перспективное.

Следовательно, как техника развивается в направлении слияния с природой в едином комплексе ноосферы, так и науки — общественные, естественные и технические — развиваются в направлении их интеграции в единую науку. Об этом писал еще К. Маркс: «Сама история является *действительной* частью *истории природы*, становления природы человеком. Впоследствии естествознание включит в себя науку о человеке в такой же мере, в какой наука о человеке включит в себя естествознание: это будет *одна наука*».

Экономика, деньги и энергоэнтропика

«Экономика» в переводе с греческого означает буквально «искусство управления хозяйством», но теперь этот термин чаще используется в значении «народное хозяйство» страны, отдельной отрасли или вида производства и т. п.

Выше мы рассмотрели основные понятия и закономерности процессов труда, развития техники, производства, науки и возможности энергоэнтропийной оценки их эффективности. Однако пока для такой оценки, как уже отмечалось, применяются экономические критерии (стоимость, цена, окупаемость, прибыль и т. п.), в которых в качестве всеобщего эквивалента фигурируют не энергия и негэнтропия, а особый товар — деньги.

Поэтому для перевода экономических показателей на энергоэнтропийный язык необходимо прежде всего установить связь, зависимость между деньгами и энергией с негэнтропией. Экономике же посвящено немало популярных, учебных, монографических и других работ, пересказывать которые здесь нет необходимости. Остановимся лишь очень кратко на специфике экономики научно-технического прогресса*.

В Отчетном докладе ЦК КПСС XXV съезду партии указывалось: «Для того, чтобы успешно решать многообразные экономические и социальные задачи, стоящие

* См.: Экономические проблемы научно-технического прогресса. М., Мысль, 1979.

перед страной, нет другого пути, кроме быстрого роста производительности труда, резкого повышения эффективности всего общественного производства. Упор на эффективность...— важнейшая составная часть всей нашей экономической стратегии». Это означает, что повышение эффективности производства на каждую единицу трудовых, материальных и финансовых затрат равносильно увеличению национального дохода, который пропорционален увеличению расхода энергетических ресурсов (см. рис. 1).

В Отчетном докладе ЦК КПСС XXVI съезду партии отмечается, что «в соответствии с имеющимися расчетами национальный доход, используемый на потребление и накопление, должен быть увеличен к 1990 году минимум в 1,4 раза. Примерно так же возрастут и капитальные вложения. В одиннадцатой пятилетке национальный доход планируется увеличить на 18—20 процентов, продукцию промышленности — на 26—28 процентов, продукцию сельского хозяйства — на 12—14 процентов. Общий объем капитальных вложений на пятилетку намечен в размере 711—730 миллиардов рублей».

Решение этих задач требует максимальной интенсификации производства, т. е. достижения производственных результатов с наименьшими трудовыми и материальными затратами. А это зависит от *экономической эффективности производства*, обусловленной его *техническим и организованным уровнем*, а также *социальным уровнем* развития трудового коллектива.

В свою очередь, *экономический уровень* производства составляет основу *социального уровня*, который характеризуется степенью удовлетворения материальных и культурных потребностей, развитием производственных отношений в коллективе, коммунистическим воспитанием и развитием общественной активности трудящихся. Улучшение социальных условий приводит к повышению экономического уровня производства, а в конечном итоге — *технического и организационного*.

Постоянный рост потребностей как в масштабе всего общества, так и в масштабе отдельных предприятий служит движущей силой повышения *технического, организационного и экономического уровней*.

Совокупная характеристика производительных сил и степени их использования, а также продукции предприятия и его эффективности представляет собой *техни-*

ко-экономический уровень производства. Повышение последнего обусловлено использованием достижений науки и техники в производстве.

Технико-экономический уровень производства характеризуется системой показателей, состоящей из двух групп.

Первая группа — общеэкономические показатели: себестоимость; капитальные вложения; производительность труда; прибыль; фондоотдача и рентабельность в той доле, которая определена техническим уровнем производства. Эти показатели дают возможность оценить достижение соответствующего уровня главных экономических параметров за счет использования в производстве достижений науки и техники.

Вторая группа включает показатели технического, организационного и социального уровней производства, характеризующие степень механизации и автоматизации труда, энерговооруженность труда, специализацию производства, удельные веса продукции высшей категории качества и новой продукции. Эта группа показателей отражает степень влияния указанных трех уровней на главные экономические параметры действующего производства, которое проявляется не непосредственно, а через улучшение технико-экономических характеристик различных сторон производства.

Целесообразность применения новой техники или новых методов работы и т. п. определяется с помощью экономических расчетов при условии получения экономической выгоды. Например, *в практике расчетов сравнительной экономической эффективности новой техники широкое применение получил общий показатель экономии на приведенных народнохозяйственных затратах (годовой экономический эффект), исчисляемых в рублях.* Если новый вариант того или иного объекта техники превосходит по этому показателю старый, то экономическая целесообразность его внедрения доказана.

Содержание общего принципа формирования экономической границы совершенствования техники при социализме было раскрыто К. Марксом. Он считал, что если рассматривать машины исключительно как средство удешевления продукта, то граница их применения определяется тем, что труд, которого стоит их производство, должен быть меньше того труда, который замеща-

ется их применением. Но затраты труда — это затраты энергии (см. с. 124—131).

Такова вкратце азбука оценки экономической эффективности развития общественного производства, свидетельствующая, что для перевода ее на энергоэнтропийный язык необходимо прежде всего выявить связь, зависимость между деньгами и энергией.

Развернутую картину такой зависимости дали американские ученые Г. Одум и Э. Одум в своей книге «Энергетический базис человека и природы» (1976 г.). Сущность ее такова.

Деньги, переходя из рук в руки, выполняют роль посредника, обеспечивающего обмен товарами и услугами. Однако в природе нет денег и обмен совершается, как мы видели, энергией и энтропией, в основе материального производства — продуктов питания и промышленных товаров — тоже лежит энергоэнтропийный обмен. Причем, как мы знаем, большая часть энергии и негэнтропии, овеществленная в продуктах и товарах, — это солнечная энергия, энергия движения вод в реках и морях и энергия движения воздуха в атмосфере.

Деньги появляются лишь на завершающей стадии трудового процесса как некий его эквивалент, более удобный для обмена, чем сам продукт труда. Однако сложные условия социально-экономической, общественно-политической и духовно-психической жизни человеческого общества, неустойчивость его потребностей, меняющихся часто под действием таких случайных факторов, как кризисы, войны, моды и т. д., не позволяют деньгам быть действительно однозначным эквивалентом трудового процесса, т. е. затраченной и «сбереженной» в нем энергии или негэнтропии, курс денег выше или ниже этих величин. Кроме того, люди и государства накопили такие огромные богатства в виде ценностей значительно более дорогих, чем золото, что его стоимость тоже стала весьма неустойчивой. В результате и золотой эквивалент, вероятно, на заре денежной системы выражавший количество энергии, затраченной горняком или старателем на поиски, добычу, транспортировку, обработку и даже охрану этого редкого металла, тоже теряет свое значение.

Вместе с тем экономические системы, используя имеющиеся в их распоряжении ресурсы сырья и энергии, призваны обеспечивать определенный уровень жизни

населения. Однако люди — небольшая часть биосферы и таких экологических систем, как океаны, атмосфера, почвы, леса и т. д. Поэтому определяющим фактором их уровня жизни может быть величина потребления энергии в единицу времени, что зависит от ее общих запасов на Земле и их доступности.

Вот почему *энергия (и негэнтропия), а не деньги должна стать единицей измерения и оценки*, ибо только в этом случае можно будет всюду правильно оценивать и контролировать тот вклад, который вносит природа в существование человеческого общества.

До того времени пока природные запасы энергии (в угле, нефти, газе и т. д.) не стали иссякать, люди не задумывались над этим и рассматривали безудержно растущее потребление невозобновляющихся запасов энергии как нечто само собой разумеющееся, поклоняясь только «золотому тельцу» и не подозревали, что *именно поток энергии регулирует денежное обращение*. Денежный цикл функционирует только при наличии постоянного притока к нему энергии, хотя движение энергии и движение денег в нем противоположны. Деньги циркулируют непрерывно, энергия же высокого качества потребляется для поддержания производства, но часть ее необратимо рассеивается в виде тепла (2-й закон энергo-энтропики).

В обществе с развитым денежным обращением энергия накапливается в виде информации, денег, технологических знаний и общественных договоров. Функционирование накопителей энергии обеспечивается затратами потенциальной энергии. Существование в системе накопителей энергии способствует улучшению циркуляции денег, материалов и услуг, подводу новых количеств энергии и т. д.

Взаимосвязь между потоками денег и энергии станет понятной, если учесть, что деньги обращаются только в том случае, когда существует товарообмен и движение энергии. Рабочий, затратив в виде труда на заводе энергию съеденной пищи, получает за это зарплату и идет в магазин, где покупает нужные ему товары — продовольственные и промышленные, отдавая деньги обратно государству. Если в такой циркулирующей системе количество энергии уменьшается, то и скорость остальных процессов снижается: меньше вырабатывается товаров, меньше потребляется сырья, меньше требуется денег для

покупки этих товаров и т. д. Подобно товарным и другим потокам, денежное обращение способствует развитию производства, но при этом оно само требует определенных затрат труда и энергии.

В каждый данный момент, пишут Г. и Э. Одумы, существует некоторое среднее отношение суммы обращающихся денег к энергетическому потоку. Например, в США ежегодно обращается 1,4 триллиона (10^{12}) долларов. В течение 1973 г. в США было потреблено около $146,5 \cdot 10^{15}$ кДж ($35 \cdot 10^{15}$ ккал) энергии. Отношение этих двух потоков составляет 105 000 кДж (25 000 ккал) на 1 доллар. Естественно, что это соотношение различно в различных частях экономической системы.

Экономисты относят любое поступление извне к денежным потокам, циркулирующим по замкнутым кругам, «внешними факторами экономики». В нормальных условиях эта циркуляция постоянна. Скорость денежного обращения велика — например, в США она составляет четыре цикла в год.

Однако ради стимулирования производства экономисты часто прибегают к ускорению или замедлению обращения денег — воздействуют на денежное обращение «внешними факторами», которые в действительности представляют собой источники энергии. Уменьшение топливных ресурсов приводит к изменению соотношения между денежными и энергетическими потоками в пределах данной системы.

Покупательная способность денег меняется, к ее снижению — инфляции — может привести увеличение массы обращающихся денег, не обеспеченных соответствующим увеличением притока энергии и объема выполненных работ. Инфляция может быть вызвана и уменьшением затрат общественного труда без соответствующего уменьшения массы обращающихся денег. Это происходит, когда энергии не хватает и увеличить производительность труда с помощью машин не удастся. В результате количество затраченного обществом труда уменьшается, а масса обращающихся денег остается неизменной. Следовательно, денежная единица уже соответствует меньшему объему затраченного труда, и поэтому ценность ее уменьшается. В военное время большая часть энергии из мирных отраслей производства направляется на военные нужды, причем с целью разрушения, а не созидания новых материальных ценностей. Поскольку в этом случае

энергия расходуется непроизводительно, а количество обращающихся денег сохраняется неизменным или даже увеличивается, вследствие того что правительства вынуждены финансировать военные расходы, количество энергии, приходящейся на одну денежную единицу, падает.

Таким образом, в прежние времена, когда запасы энергии были велики, стимулирование денежного обращения могло привести к увеличению поступления энергии и росту объема трудовых затрат. Теперь же, когда эти запасы, особенно в странах Запада и их поставщиков, быстро сокращаются, этот путь оживления экономики нереален. *Если поступление энергии достигает своего предела, увеличение массы обращающихся денег не в состоянии стимулировать производство энергии выше достигнутого предела. В результате может наступить лишь обесценение денег по отношению к энергии.*

Различные экономические системы включают ценности, которые составляют богатство общества (люди, здания, запасы продовольствия, информация, культура, образование, память и вообще все, что полезно, ценно или может обесцениваться, если не принять определенных мер). Это основные фонды, или активы. Отсюда черпаются средства для продолжения всех видов деятельности. Основные фонды накапливаются в период, когда энергия производительного труда превосходит энергию, воплощенную в созданных материальных благах, которые расходуются при амортизации и различных потерях.

Экономика, располагающая запасами энергии, может ввести в обращение дополнительные денежные резервы, сохраняя в то же время отношение массы обращающихся денег к энергии постоянным.

Накопленные денежные средства вместе с запасами реальной энергии составляют денежный капитал и могут предоставляться займы. Дополнительные запасы энергии используются для развития новых отраслей экономики. Запасы энергии создаются на деньги, полученные в кредит теми отраслями, предприятиями, фирмами, которые развивают новые отрасли хозяйства. Это значит, что кредит используется на закупки накопленной, овестьствованной энергии, направляемой на развитие новых сфер деловой активности.

Теперь познакомимся с принципами анализа развития экономики процесса производства с помощью энер-

гоэнтропийного метода, но с чисто *формальной* заменой энергоэнтропийного языка денежным. Подобная оригинальная попытка была предпринята в 1969 г. киевским экономистом А. Н. Голубенцевым в работе «Термодинамика процесса производства» (экономическая термодинамика).

Здесь энергоэнтропийные понятия и зависимости наполнены новым — экономическим содержанием, но единицами измерения величин служат деньги.

В основу «экономической термодинамики» положена «известная формула К. Маркса о том, что экономические эпохи различаются не тем, что производится, а тем, как производится, какими средствами труда».

Уравнение 1-го закона записывается как обычно

$$Q = \Delta u + Az^* \Delta p,$$

но входящие в него величины другие: Q — полные затраты труда при расширенном воспроизводстве; Δu — прирост затрат труда на выпуск продукции $\Delta u = z^* \Delta p + p \Delta z^*$; z^* — «вектор» величины удельных затрат общественно необходимого труда; $A = z^*/z^*_\kappa$ — коэффициент фондоемкости; z^*_κ — стоимость средств производства, необходимых для прироста единицы производственной мощности; $Az^* \Delta p$ — дополнительные затраты общественно необходимого труда.

Обозначив T — численность производственного персонала, R — количество труда, израсходованного на создание p потребительских стоимостей товара, по аналогии с уравнением состояния идеального газа записывают «уравнение экономического состояния производства» $pz^* = RT$.

Энтропией экономического процесса называют отношение приращения полных затрат труда Q к абстрактной численности персонала, участвующего в выпуске продукции данной отрасли производства, $S = Q/T$.

2-й закон «термодинамики процесса производства» формулируется гораздо раньше 1-го закона, который рассматривается в самом конце всей этой теории и почти не применяется. При этом 2-й закон определяется «как общий закон природы», имеющий «непосредственное отношение к проблемам, рассматриваемым в политической экономии». Предлагается пять экономических формулировок 2-го закона, взятых из работ К. Маркса. Например, первая из них гласит: «Какова бы ни была

общественная форма процесса производства, он во всяком случае должен быть непрерывным, т. е. должен периодически все снова и снова проходить одни и те же стадии». В третьей говорится: «Ни одно общество не может непрерывно производить, т. е. воспроизводить, не превращая непрерывно известной части своего продукта снова в средства производства, или элементы нового производства». Из этого делается вывод, что термодинамический характер формулировок К. Маркса очевиден: «в самом деле, если процесс производства непрерывен, а его стадии периодически проходят одни и те же состояния, то такой процесс в термодинамическом смысле является круговым, а значит обратимым».

Далее по аналогии с идеальным тепловым циклом Карно «выводится» «идеальный экономический цикл — такое сочетание экономических процессов и параметров, при котором обеспечивается наибольшее фактическое благо, т. е. наибольшая стоимость прибавочного продукта».

Изображение этого цикла точно совпадает с изображением цикла Карно в диаграмме $T - s$ (прямоугольник) (см. рис. 4).

На основе этих и ряда других исходных понятий и законов развивается целая система зависимостей «экономической термодинамики».

Здесь мы видим удивительное явление, когда из энергоэнтропийного метода удалена его основа — энергия и энтропия в их истинном значении, а в сохраненную форму втиснуто денежно-финансовое содержание. После того как мы выше разобрались в соотношении между деньгами и энергией, легко заметить, что такая замена не адекватна, не тождественна. Вместе с тем она не нова. Еще в 1937 г. Л. Берталанфи, впервые выступив с идеей общей теории систем, положил в ее основу термодинамический подход. Общая теория систем, как известно, стала весьма популярной и прогрессивной, ее широкое распространение рассматривается как путь, ведущий к созданию единой «науки наук». Однако на основе материалов, с которыми мы познакомились выше, очевидно, что при дальнейшем развитии этой формы в нее будут возвращены энергия и энтропия, и она превратится в результате замыкания этого цикла в раздел энергоэнтропик.

Социология и энергоэнтропика

Сущностью общества, как саморазвивающейся системы, является деятельность людей по производству и потреблению материальных и духовных благ. Процесс развития человека направляется не естественным отбором, а законами общественного развития. Его биологическая стабильность есть условие его социального развития.

В той или иной степени с позиций энергоэнтропики мы уже рассмотрели основные стороны материальной жизни общества — труд, потребности, производство, технику, науку, экономику. Явления же социально-политические — классовая борьба, возникновение и функционирование различных социально-экономических и политических систем и т. п. — подчиняются своим законам. Поэтому полный перевод их на энергоэнтропийный язык, конечно, невозможен. Однако энергоэнтропийное «просвечивание» этих явлений (наподобие инфракрасного в технике) позволяет получить дополнительные сведения о некоторых причинах, следствиях и условиях социально-политической жизни общества.

Как уже говорилось, энергоэнтропийная сущность трудовой и производственной деятельности человека была впервые вскрыта в 1880 г. С. А. Подолинским, и это высоко оценил Ф. Энгельс. Тогда же был выведен закон непрерывного повышения производительности труда, а В. И. Ленин в 1905 г. показал, что всегда побеждает строй, обеспечивающий наибольшую производительность труда.

Масштабы и темпы научно-технического, а в соцстранах и социального прогресса пропорциональны росту удельного валового национального продукта, который увеличивается пропорционально удельному расходованию энергии (см. рис. 1).

Норберт Винер говорил, что жизнь на Земле — это островки информации в безбрежном море энтропии окружающего мира. Островками информации являются и общественные системы. Все более высокая ступень организации общественной системы и, в частности, производства — негэнтропизация, автоматизация и т. д. — ведет в конечном итоге ко все более экономному расхо-

дованию энергии, т. е. к «сбережению» ее и накоплению негэнтропии в продуктах труда.

Вместе с тем всякое принципиальное изменение в технике всегда имеет социальное значение, поскольку непосредственно затрагивает главный элемент производных сил — трудящихся. Такова была промышленная революция XVIII—XIX вв., таков современный научно-технический прогресс, меняющий место человека в производстве и обеспечивающий все большую технологическую свободу, а следовательно, и свободу духовную...

Главная задача всякой общественной системы — преобразование условий жизни, которые должны все в большей степени соответствовать потребностям человека. И производство в этой деятельности занимает первое место, поскольку оно создает орудия, при помощи которых природные предметы и условия преобразуются в соответствии с потребностями общества.

Общее условие существования и развития неживой природы, живых организмов и общественных систем — сохранение устойчивости. А она обеспечивается одним из двух способов: 1) энергетическим и 2) негэнтропийным, или информационным. В первом случае устойчивость системы пропорциональна энергии ее внутренних связей — такова устойчивость атомных ядер, устойчивость тела животного и т. п. Во втором случае система реагирует на внешние воздействия всегда по-разному, противопоставляя ему каждый раз новую, соответствующую воздействию реакцию. В первом случае различия в реакциях только количественные, во втором — качественные. Разнообразие способов поведения равно запасу информации или негэнтропии.

Социально-экономическая и политическая организация общественных систем строится, в общем, на этих же основах. В условиях капитализма высокая организация частных предприятий противостоит стихийности, неупорядоченности общей организации производства и экономики государства в целом (управляемым законами свободного рынка). В условиях же социализма централизованная структура социально-экономического планирования и управления народным хозяйством государства позволяет построить гармонично развивающееся общество.

Г. Н. Волков пишет, что *в качестве антиэнтропийной силы планетарного, а тем более космического масштаба человечество способно выступить лишь справившись с «социальной энтропией»*, разъедающей его организм, разъедающей людей, коллективы, нации, государства, порождающей различные виды социального неравенства, классовые антагонизмы, империалистические войны... Коммунизм ставит своей целью достижение высшей ступени общественной организованности, так сказать, высшей социальной антиэнтропийности.

Цель научно-технической деятельности человека — выработка методов и средств антиэнтропийного преобразования природы и общества. Жизнь на вершине космогенеза создана природой как орган самопознания и самоуправления, *как антиэнтропийный орган*. В элементарной форме это проявляется уже на уровне живого вещества... Разумная жизнь в еще большей степени обнаруживает антиэнтропийные функции... Проблему же управления техническими системами следует рассматривать как часть проблемы управления всей биосферой. Путь к дальнейшему развитию индустрии лежит через решение этой более общей проблемы. Тенденция развития техники, как уже говорилось выше, — это тенденция преобразования биосферы в ноосферу...

Мир с энергоэнтропийно меняющимся лицом

Земля возникла из хаоса, из случайно образовавшейся космической туманности, сгустка неравновесности — флуктуации в безбрежном океане космической материи. Ее возраст оценивают в 4,5—5 млрд. лет. В течение 1,5—2 млрд. лет формировалась земная кора — это период химической эволюции.

Затем на Земле за счет ее внутренней энергии и энергии, поступавшей с солнечными лучами, стал образовываться органический мир — все более и более усложнявшийся, накапливавший все больше и больше энергии и негэнтропии (упорядоченности). Первые водоросли, бактерии и простейшие организмы появились 3 млрд. лет назад; кораллы, губки, плеченогие, мшанки и иглокожие — 500 млн. лет назад; папоротники и грибы — 350 млн., насекомые — 300 млн., рептилии (динозавры и др.) —

250 млн., цветковые растения и птицы — 150 млн., млекопитающие — 100 млн. лет назад... И только примерно 4 млн. лет отделяет нас от появления человека... Это случилось, конечно, не в один день. Процесс антропогенеза — возникновения и развития человека — занял сотни тысяч лет. Под влиянием трудовой деятельности человек непрерывно изменялся в направлении повышения энергоэнтропийной эффективности своего функционирования и совершенствования самого себя как объекта живой природы и общества.

Винеровские «островки информации», возникшие на Земле в те далекие времена, постепенно увеличивались в размере и числе. Хотя развитие — это одновременно и усложнение и упрощение формы организации, ведущей является тенденция усложнения. Иными словами, в мире преобладает тенденция накопления информации, или возрастания негэнтропии, и соответственно — процесс понижения уровня энтропии. Где бы и когда бы ни протекал этот процесс, источник его — потребление энергии (или непосредственно солнечной, как у растений, или различных преобразованных ее видов) и негэнтропии. Так развивается мир растений, мир животных, человеческое общество и т. д. Каждая новая ступень общественного развития соответствует все более сложной организации — возрастает определенность, уменьшается хаос, беспорядок общественной жизни.

Однако процесс усложнения сопровождается и развитием механизмов, упрощающих функционирование сложных систем — автоматов. Поэтому одним из законов развития является и автоматизация в самом широком смысле — и живых систем, и производства, и общества в целом. Автоматизация приводит к упрощению, без которого невозможно дальнейшее развитие. Так, управление деятельностью внутренних органов животных полностью автоматизировано. Но как высшие животные не могут развиваться без «автоматизации» управления внутренними процессами организма, так и человек не мог бы успешно работать без навыков, без автоматизации элементов своей деятельности. Как современное производство не может идти вперед без автоматизации производственных процессов, так и научное познание не может успешно развиваться без «автоматизации» процессов мышления.

Но вернемся к закону развития неживой природы, живых организмов и общественных систем — к закону устойчивости. Почему в процессе исторического развития сложные формы приспосабливаются лучше, чем простые? Выше говорилось, что существуют два способа обеспечения устойчивости систем — энергетический и негэнтропийный. Первый способ развития обеспечивает отбор и сохранение систем, обладающих только большей энергией внутренних связей. Второй — сохранение тех, которые обладают наибольшим многообразием способов поведения в ответ на разнообразные внешние воздействия — наибольшим запасом информации — негэнтропии, возрастающим в процессе развития. Отсюда и следует, что поскольку более сложные системы имеют больший набор ответов на внешние воздействия, их жизнеспособность выше. Взаимодействие всех этих факторов, все большее усложнение систем и все большая их автоматизация должны привести к созданию на Земле сложной замкнутой, функционирующей циклично биологической системы, в которую, помимо органического мира, в качестве элемента войдет и человеческое общество с его техникой, производством и социально-политическими атрибутами. Эта система будет функционировать за счет непрерывно поступающей солнечной энергии и вырабатываемой с ее помощью негэнтропии. Проблемы охраны окружающей среды и добывания энергоресурсов в виде нефти, газа, угля или ядерных топлив не будет, так как к тому времени эти ресурсы будут исчерпаны (или потребление их резко ограничится).

Пока же, как известно, ведутся сложнейшие прогнозные исследования, пытающиеся установить, что станет с человечеством в ближайшие десятилетия при неконтролируемом стихийном развитии. Высказываются опасения, что бурный рост промышленности и сельского хозяйства, техники и науки в последние 200 лет может завести человечество в тупик: дальнейший прогресс станет невозможным из-за недостатка ресурсов, особенно энергетических.

Отдельные ученые и крупные научные коллективы за рубежом, вроде Римского клуба, существующего с 1968 г. на взносы многих капиталистических фирм и объединений, разрабатывают различные модели дальнейшего развития человечества в условиях истощения ресурсов Земли в связи с быстрым ростом населения.

За последние десять столетий население Земли возросло в 10 раз и к марту 1980 г. составило 4,5 млрд. При таких темпах роста через 40—50 лет оно должно увеличиться до 10—12 млрд. Правда, есть основания предполагать, что эти темпы будут быстро снижаться по мере роста культуры народов развивающихся стран, за счет которых главным образом и происходит быстрое увеличение населения Земли.

Авторы второго доклада Римского клуба «Человечество перед выбором» (1974 г.) Месарович и Пестель отказались от глобального подхода к решению проблем «демографического взрыва», экологии и развития экономики, который был принят в первом докладе «Пределы роста», составленном под руководством Медоуза в 1972 г. Они выделили 10 регионов, которые включают различные национальные государства с учетом традиций, истории и стиля жизни, ступеней экономического развития, социально-политического порядка, а также общности большинства проблем, с которыми в конечном счете столкнутся эти нации.

Общий вывод авторов второго доклада неутешителен: по их подсчетам (они были проведены с помощью ЭВМ, поскольку математическая модель включала уже не 140 уравнений, как в первом докладе, а 100 тыс.), человечество обречено на вымирание... Они утверждают, что количество пищевых продуктов на душу населения не увеличивалось с 1936 г., а за последнее десятилетие оно даже снизилось, нефтяные запасы ограничены, а надежды на ядерную энергетику неоправданны, так как для того чтобы преодолеть неизбежный энергетический кризис с ее помощью, требуется затратить больше половины всего нынешнего мирового продукта. По одному из сценариев Месарович и Пестель прогнозируют голод для стран Южной Азии начиная с 1980 г. До 2025 г. только в этом регионе от голода, по их мнению, погибнет около 500 млн. детей... И т. д.

Однако эти пессимистические прогнозы, не учитывающие ряда социальных факторов и возможностей бурно развивающейся науки, мало кем разделяются. Так, в материалах Всемирной конференции по народонаселению (Бухарест, 1974 г.) приводятся данные, согласно которым запаса возделываемых земель на планете достаточно, чтобы прокормить 38—40 млрд. человек, т.е. в 9—10 раз больше, чем живет в настоящее время. Кроме

того, существуют огромные возможности искусственного выращивания продуктов питания. Так, советские ученые из научного центра в г. Пущине предложили построить 10-этажный комплекс-теплицу с квадратным основанием, сторона которого 70 км! Такая фабрика, давая по несколько урожаев в год, сможет прокормить 450 млн. человек, но обойдется, правда, в 9 триллионов рублей! Большие надежды возлагаются на водоросль хлореллу, кпд фотосинтеза которой составляет 25 %, а объем биомассы за день возрастает в 7 раз! С гектара моря в год можно собрать более 40 т сухой хлореллы.

Энергетические ресурсы тоже имеют огромные резервы в виде практически неисчерпаемых запасов термоядерного топлива (дейтерия) и в виде «вечных» запасов постоянно возобновляющихся источников энергии — солнечного излучения, движения вод в реках и морях, ветра и т. п.

Наука и техника открывают все новые возможности удовлетворения возрастающих потребностей людей при непрерывном увеличении их численности на Земле.

Итак, пока в известной нам части Вселенной материальный мир эволюционирует от более упорядоченных состояний к менее упорядоченным, от неоднородного к однородному, от концентрированной энергии к рассеянной, от малых значений энтропии ко все большим. Но ведь в далеком прошлом протекали обратные процессы. Так, может быть, наступит время, когда эти процессы вновь потекут естественно? Ведь и сейчас в результате естественного фотосинтеза, благодаря которому существует жизнь на Земле, хотя и медленно, происходит концентрация энергии и уменьшение энтропии. Этот процесс доставляет человечеству ежегодно 80 млрд. т органических веществ, что в 10 раз превосходит все добываемое за это же время органическое топливо (уголь, нефть, газ). Важной научной проблемой является организация искусственного фотосинтеза, скорость которого во много раз должна превосходить скорость естественного фотосинтеза.

Еще труднее разрешить проблему концентрации рассеивающегося тепла. Однако Ф. Энгельс писал: «Вопрос о том, что делается с потерянной как будто бы теплотой, поставлен... лишь в 1867 г. (Клаузиус). Неудивительно, что он еще не решен; возможно, что пройдет еще немало времени, пока мы своими скромными средствами

добьемся его решения. Но он будет решен; это так же достоверно, как и то, что в природе не происходит никаких чудес и что первоначальная теплота туманности не была получена ею чудесным образом из внемировых сфер».

Будем надеяться на это, но пока как можно более рационально и экономно расходовать те ресурсы энергии и негэнтропии, которыми человечество уже располагает...

Литература

- Маркс К. Капитал.— Соч., т. 23.
Энгельс Ф. Диалектика природы.— Соч., т. 20.
Ленин В. И. Материализм и эмпириокритицизм.— Полн. собр. соч., т. 18; а также тт. 1, 2, 25, 29.
Александров А. П. Атомная энергетика и научно-технический прогресс. М., Наука, 1978.
Алексеев Г. Н. Преобразование энергии. М., Наука, 1966.
Алексеев Г. Н. Энергия и энтропия. М., Знание, 1978.
Алексеев Г. Н. Общая теплотехника. М., Высшая школа, 1980.
Ауэрбах Ф. Царица мира и ее тень. Пер. с нем. Одесса, 1909.
Афанасьев В. Г. Общество: системность, познание и управление. М., Политиздат, 1981.
Бауэр Э. С. Теоретическая биология. Изд. ВИЭМ, 1935.
Биосфера. М., Мир, 1972.
Богданов А. А. Всеобщая организационная наука. (Тектология). Т. 1—2. М., (1913—1917).
Борисов И. С. О принципе минимального производства энтропии. ИФЖ, т. 31, № 4, 1976.
Бриллюэн Л. Наука и теория информации. М., Физматгиз, 1960.
Бриллюэн Л. Научная неопределенность и информация. М., Мир, 1966.
Вальден П. И. Обесценивание материи. М., 1916.
Вильсон А. Дж. Энтропийные методы моделирования сложных систем. М., Наука, 1978.
Винер Н. Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине. М., Сов. радио, 1958.
Винер Н. Я — математик. М., Наука, 1967.
Волков Г. Н. Социология науки. М., Политиздат, 1968.
Волков Г. Н. Истоки и горизонты прогресса. М., Политиздат, 1976.

Второе начало термодинамики (Сб. работ С. Карно, В. Томсона, Р. Клаузиуса, Л. Больцмана, М. Смолуховского). ГИТИ, 1934.

Гинзбург В. Л. Замечания о методологии и развитии физики и астрономии.— Вопросы философии, 1980, № 12.

Голубенцев А. Н. Термодинамика процесса производства. Киев, Техника, 1969.

Дилигенский Г. Г. Исследование человеческих потребностей: проблемы, методы, гипотезы.— В сб.: Будущее науки. Вып. 11, М., Знание, 1978.

Добров Г. М. Прогнозирование науки и техники. М., Наука, 1977.

Капица П. Л. Глобальные проблемы и энергия. УФН АН СССР, т. 122, вып. 2, июнь 1977.

Кедров Б. М. Ленин, наука, социальный прогресс. М., Политиздат, 1982.

Клаузиус Р. О запасах энергии в природе и пользовании ими для нашего блага. СПб., 1887.

Косолапов В. В., Лисичкин В. А. Критика буржуазных концепций будущего. М., Мысль, 1978.

Кричевский И. Р., Петрянов И. В. Термодинамика для многих. М., Педагогика, 1975.

Кузнецов П. Г. Искусственный интеллект и разум человеческой популяции.— В кн.: Александров Е. А. Основы теории эвристических решений. М., Советское радио, 1975, с. 212—246.

Марков М. А. Будущее микрофизики.— В сб.: Будущее науки. Вып. 7. М., Знание, 1974.

Мелешенко Ю. С. Техника и закономерности ее развития. Л., 1970.

Моисеев Н. Н. Человек, среда, общество. М., Наука, 1982.

Одум Г. и Одум Э. Энергетический базис человека и природы. М., Прогресс, 1978.

Оствальд В. Ф. Философия природы. СПб., 1903.

О сущности жизни. М., Наука, 1964.

Подольинский С. А. Труд человека и его отношение к распределению энергии. СПб., Слово, 1880, № 4—5.

Поплавский Р. П. Термодинамика информационных процессов. М., Наука, 1981.

Семенов Н. Н. Об энергетике будущего.— В кн.: Семенов Н. Н. Наука и общество. М., Наука, 1973.

Сент-Дьердьи А. Биоэнергетика. М., Физматгиз, 1960.

Тринчер К. С. Биология и информация. Элементы биологической термодинамики. М., Наука, 1965.

Умов Н. А. Физико-механическая модель живой материи (1901 г.) — Собр. соч. Т. III. М., 1916.

Умов Н. А. Задачи техники в связи с истощением запасов энергии на Земле (1912 г.).— Собр. соч.. т. III. М., 1916.

Федоровский Н. М. Классификация полезных ископаемых по энергетическим показателям. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1935.

Форрестер Дж. Мировая динамика. М., Наука, 1978.

Фролов И. Т. Перспективы человека, М., Политиздат, 1979.

Фурман А. Е., Ливанова Г. С. Круговороты и прогресс в развитии материальных систем. М., 1978.

Чепиков М. Г. Интеграция науки. М., Мысль, 1981.

Шамбадаль П. Развитие и приложения понятия энтропии. М., Наука, 1967.

Шеннон К. Математическая теория связи.— В кн.: Работы по теории связи и кибернетики. М., ИЛ, 1963.

Шредингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физики? М., ИЛ, 1947.

Эффективность научно-технического творчества. М., Наука, 1968 (см. статьи П. Г. Кузнецова, Г. А. Лахтина, Г. М. Хованова).

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Царица мира и ее тень	4
Энергетические эпохи. Энергоресурсы и потребность в энергии	14
Азбука энергоэнтропик	21
Саморазвивающиеся, несаморазвивающиеся и энтропийные системы	34
Свободная энергия и максимальная работа	38
Энергоэнтропика «движущей силы огня» — термодинамика	41
Информация сквозь призму энергоэнтропик	51
Энергоэнтропике подвластна и кибернетика	57
Энергоэнтропийная картина жизни	61
Биосфера, биологический круговорот и ноосфера	71
Труд как средство накопления энергии и негэнтропии	78
Труд, потребности и «психоэнергия»	83
Между человеком и природой — техника	89
Энергоэнтропика материального производства	119
Наука как система развивающихся знаний	133
Экономика, деньги и энергоэнтропика	173
Социология и энергоэнтропика	182
Мир с энергоэнтропийно меняющимся лицом	184
Литература	189

Георгий Николаевич Алексеев

ЭНЕРГОЭНТРОПИКА

Главный отраслевой редактор *В. П. Демьянов*

Художник *А. Григорьев*

Редактор *В. Климачева*

Мл. редактор *Н. Терехина*

Худож. редактор *М. Бабичева*

Техн. редактор *С. Птицына*

Корректор *Н. Мелешкина*

ИБ № 5198

Сдано в набор 06.07.83. Подписано к печати 14.07.83. А 09737.
Формат бумаги 84×108¹/₃₂. Бумага тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 10,08. Усл. кр.-отт. 10,40. Уч.-изд. л. 10,67. Тираж 53000 экз. Заказ 1147.
Цена 30 коп.

Издательство «Знание». 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 837702.

Киевская книжная фабрика. 252054, ул. Воровского, 24.

