

КИБЕРНЕТИКА  
ОЖИДАЕМАЯ



КИБЕРНЕТИКА  
НЕОЖИДАННАЯ

А К А Д Е М И Я   Н А У К   С С С Р



КИБЕРНЕТИКА  
ОЖИДАЕМАЯ  
И  
КИБЕРНЕТИКА  
НЕОЖИДАННАЯ



СБОРНИК

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

М о с к в а

1 9 6 8

Предлагаемый читателю сборник статей советских и иностранных ученых представляет собой свободную дискуссию, освещающую с разных точек зрения спорные, нерешенные проблемы кибернетики. Авторы работ выступают при этом и против прямых и скрытых противников кибернетики, и против тех, кто хотел бы подменить кибернетикой все другие конкретные и абстрактные науки, включая и философию.

В сборник вошли также некоторые статьи из книги «Возможное и невозможное в кибернетике» (1963 г.), вызвавшие большой интерес у читателей, и его можно считать как бы продолжением этой книги. Подобно тому как недавно многие понятия, веками считавшиеся незыблемыми, потеряли свой первоначальный смысл, так и сегодня мы накануне пересмотра ряда важнейших понятий, таких, как «жизнь», «психика» и т. п. Вероятно, в сравнительно недалеком будущем изменится содержание термина «управление» жизнью, психикой, обществом, а значит и науки о количественных и структурных законах этого управления — кибернетики. В каком именно направлении это произойдет, в какой-то мере может быть, покажут некоторые статьи этой книги.

Разумеется, всякий, кто берется предвидеть перспективы развития науки, попадает в трудное положение. Ближе всех к истине, как всегда, находятся те, кто сочетает разумный риск и смелость фантазии с научной обоснованностью. Именно такие работы дают реальную картину кибернетики и намечают перспективы ее развития. Вот почему в книге нет безудержной, противоречащей науке фантастики и в то же время открыт простор мечте, без которой никакой научный поиск не возможен.

#### ОТВЕТСТВЕННЫЕ РЕДАКТОРЫ:

Академик А. И. БЕРГ

Академик Чехословацкой академии наук Э. КОЛЬМАН

Составитель В. Д. ПЕКЕЛИС

## ПЕРЕД НАЧАЛОМ ДИСКУССИИ

(Вместо предисловия)



Современные кибернетические устройства моделируют технологические процессы и управляют ими, планируют производство, ведут учет материалов, рабочей силы, зарплаты, управляют разными видами транспорта, решают сложнейшие математические задачи, переводят с одного языка на другой, разгадывают древние и шифрованные тексты, решают стратегические задачи, могут играть в шахматы и т. д. Кибернетика нашла применение в биологии и медицине для исследования физиологических, в частности генетических, процессов, для диагностики заболеваний, для замены (во время операции или болезни) внутренних органов саморегулирующимися устройствами, а также для протезирования. От кибернетики отпочковалась новая научная дисциплина — бionика, изучающая возможности использования для техники закономерностей, способов управления, передачи, переработки и хранения информации, встречающихся в живых организмах. Наконец, кибернетика начала снабжать науки, изучающие психику (педагогика, психологию, психиатрию, гносеологию), методами исследования, которые должны содействовать им, равно как и наукам биологическим, достигнуть строгости физико-математических наук.

Как видим, кибернетика проникла не только в технику, естествознание, но и в общественные науки и даже в такие, как политэкономия, право, лингвистика, логика и т. д.

Почему стало возможным широкое проникновение кибернетики в различные области знания, что позволяет ей быть столь «агрессивной» по отношению к другим наукам?

Достаточно вспомнить, как сходство динамических процессов в механических, электрических, акустических и других физических системах привело к установлению общих законов динамического моделирования и развитию научной дисциплины — теории колебаний. Многие положения биомеханики, биофизики и биохимии зиждутся на общих законах механики, физики и химии, которым подчиняется все живое и неживое. Поэтому не удивительно, что количественное — в широком смысле этого понятия — сходство процессов связи и управления, протекающих в живых организмах и автоматических системах, привело к поискам общих законов, справедливых как для тех, так и для других. Так возникла кибернетика — теоретическая база для изучения систем управления в живых существах, машинах и обществе. В силу почти необозримого многообразия жизненно важных процессов, в которых происходит управление, кибернетика и получает возможность проникать практически во все области знания.

Необходимо подчеркнуть, что кибернетика не отождествляет процессы, происходящие в живом организме или обществе, с процессами в автоматических системах. Кибернетику не интересует качественная специфика биофизических и биохимических процессов, свойственных живой природе. Она ограничивается изучением вопроса о том, как живой организм и машина осуществляют переработку информации, связанную с процессом управления. То же и в сравнении с обществом.

Немало оживленных научных дискуссий возникало и возникает при обсуждении кибернетических проблем.

За двадцать лет, которые кибернетика уже прошла в своем развитии — срок весьма небольшой в истории науки, — она достигла многих замечательных результатов. Прежде всего в самую техническую основу кибернетики — в высшие автоматы, счетно-решающие логические и ма-

тематические электронные устройства — введены коренные усовершенствования: полупроводники, ферриты, печатные схемы, микроминиатюризация и многое другое. Вследствие этого стало возможным значительно увеличить скорость работы машин до многих миллионов элементарных действий в секунду и вместе с тем значительно повысить их надежность, уменьшить их габариты, стоимость. Все это наряду с бурным развитием теории как бы само собой сняло с повестки дня много спорных вопросов, которые, естественно, порождаются новой наукой.

Например, в 1955 г. французский физиолог Косса в книге «Кибернетика» уверенно писал, что машина не способна выйти из рамок предопределения, не способна обучаться, переходить от конкретного к абстрактному, осуществлять критическую функцию. Но сегодня большинство из этих утверждений несостоятельно. Человек многому «научил» машину, сильно расширил границы ее применения и с его помощью она начинает проникать в сферу той деятельности, которая доступна была лишь мышлению.

Мышление человека... Система управления, созданная и доведенная природой до высшей степени совершенства! Система, обладающая широчайшими возможностями и поразительной гибкостью в выполнении самых разнообразных процессов переработки информации, начиная с элементарных вычислений и кончая анализом и синтезом абстрактных понятий и творческим обобщением. Система, функционирование которой нельзя втиснуть только в рамки математических формул и уравнений, управляющая всей интеллектуальной деятельностью человека.

И вычислительная машина, созданная сегодня человеком, его мозгом, его руками, — набор механизмов и электронных элементов, действующий строго по законам математики и логики.

Но эта система становится все более и более универсальной. Она способна автоматически реализовать многие процессы информации. Сегодня мы являемся свидетелями того, как автомат своими точно рассчитанными действиями постепенно завоевывает одну за другой области, еще совсем недавно находившиеся под непосредственным и исключительным контролем и управлением мышления.

Естественно, что в связи с этим встает вопрос о взаимоотношении возможностей машины и мышления. Он

вплотную смыкается с основным философским вопросом — проблемой отношения сознания и материи. Поэтому решение его приобретает особую остроту.

Некоторые математики доказывают, что в принципе можно построить столь сложную систему, как мозг человека. Другими словами, утверждается возможность воспроизведения самой отражательной деятельности, присущей сознанию человека. Некоторые ученые стали говорить о чувствующих и думающих машинах и даже рассуждать о перспективах вытеснения людей машинами. На этой почве развернулись дискуссии, в которых приняли участие советские и иностранные ученые. Наиболее интересные выступления изложены в настоящем сборнике.

В споре рождается истина. В применении к данной дискуссии это прежде всего значит, что были выдвинуты требования уточнить ряд понятий, важнейших для философии, для кибернетики и других наук, а именно понятий «жизнь», «сознание», «мышление», «творчество», «машина», «автомат», «информация» и т. д. Были выдвинуты предложения, как исправить, расширить или заменить имеющиеся определения. Очень интересны высказывания о количественных границах возможностей автоматов и о диалектике конечного чрезвычайно большого; о разумных машинах, об обучающихся и самовоспроизводящихся автоматах, о соотношении живого существа и технического устройства.

С особенной отчетливостью важнейшие элементы дискуссии о творческих возможностях машин выявились при попытке проникнуть в *terra incognita*. Несмотря на все усилия кибернетиков поставить точки над «i», для многих вопрос о мыслящих машинах остается вопросом. И дело здесь, конечно, не в том, что кибернетики не умеют популярно рассказывать неспециалистам о специальном, очень сложном. Вся трудность заключается в философской неразработанности проблемы. И вряд ли будут успешны попытки решить ее односторонне, лишь только кибернетически. Это не только техническая и не только математическая проблема, а глубоко философская, она может быть решена лишь тесным союзом всех наук с философией диалектического материализма.

Пока еще ни один кибернетик, ни один математик не может уверенно и четко сформулировать доказательство возможности создания полноценного искусственного

мыслящего существа, а тем более никто не может сказать, как подобную возможность превратить в действительность. Надо прямо сказать: такие задачи пока еще невозможны.

Здесь уместно вспомнить слова Маркса о том, что «... человечество ставит себе всегда только такие задачи, которые оно может разрешить, так как при ближайшем рассмотрении всегда оказывается, что сама задача возникает лишь тогда, когда материальные условия ее решения уже существуют или, по крайней мере, находятся в процессе становления».

Сегодня мы с полной уверенностью можем сказать, что все действия, заменяющие не только физический, но и умственный труд человека, кибернетические устройства выполняют только потому, что человек создает их по определенному замыслу, с определенной целью, что он вкладывает в них определенную программу их функционирования. Это верно и в том случае, когда — как это имеет место в наиболее совершенных устройствах — они сами составляют программу решения заданной им задачи; или когда они работают не по жесткой программе, а учитывают случайные изменения внешних условий; или же, решив некоторое количество сходных задач, сами находят путь их решений, более короткий, чем первоначальный; или когда они исправляют собственные неполадки, а также когда отказываются решать задачу, ошибочно сформулированную, и даже в том почти фантастическом случае, когда машины создают себе подобных или же более совершенных.

Если наука будущего и создаст искусственную живую материю, вырастит искусственные организмы, обладающие элементами психики, — и тогда вряд ли будет основание считать их «машинами» и расширять понятия «машина» и «живой организм» так далеко, что они сольются. Ни к чему, кроме путаницы, это не приведет.

Тот, кто не признает существенной разницы между живым и неживым (а равно и между одушевленным и неодушевленным), допускает не меньшую ошибку, чем те, кто полностью отрывают живое от неживого (и одушевленное от неодушевленного), кто отрицает естественное происхождение живого и одушевленного из неживого и неодушевленного.

Объективно, независимо от намерений его сторонников, взгляд, приписывающий машине жизнь и сознание и счи-

тающий, соответственно, человека и его мозг машинами, перекликается с отрицанием существования сознания, психики, с попытками свести психику к биохимии, физиологии, к телесному реагированию организма на раздражения.

Увлекаясь, не следует забывать, что сознание в нашем земном, человеческом понимании — это, по выражению Ленина, функция «того особенно сложного куска материи, который называется мозгом человека»<sup>1</sup>, что оно, как высшая форма отображения объективной реальности, является продуктом не только естественной эволюции, но и трудовой общественной деятельности человечества.

Человек не может жить — «мыслить» вне общества так же, как он не мог бы существовать вне материи, энергетических полей и их воздействия.

Наше сознание воспринимает через органы чувств часть объективно и материально существующей информации. Этот процесс мы называем отображением, или отражением объективно существующего мира, материи — вещества и энергии, несущих информацию. Мы живем до тех пор и в меру того, пока и поскольку воспринимаем информацию, породившую и поддерживающую нашу жизнедеятельность. Информационный вакуум для живого существа — смерть. Но информация эта имеет двойкий характер, вернее — источники, одинаково важные: природу и взаимодействие с членами общества. Это взаимодействие в процессе труда и породило мышление и сознание.

Общество породило потребность в обмене информацией между его членами, породило язык, коды, все знаковые системы для общения живых мыслящих людей, для удовлетворения их духовных и материальных потребностей.

Разумность — это не абсолютное, а относительное понятие, оно может применяться только к общественным объектам. Нет никакого смысла говорить о «разумности» вне общества.

«Разумность» вне коллектива, вне общественной трудовой деятельности столь же бессмысленна, как жизнь одного «живого» существа в бескрайней Вселенной.

Нужно прямо сказать, что кибернетика представляет собой очень плодотворное поле для столкновения взглядов.

<sup>1</sup> В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 18, стр. 239.

Именно здесь может быть всесторонне раскрыто ленинское положение об отражении, как всеобщем, но вместе с тем строго дифференцированном свойстве материи. Именно здесь надо ожидать успешного анализа сложного комплекса актуальных для науки вопросов, связанных с проблемой «человек и машина».

Понятно, что с выходом в свет подобных книг споры не заканчиваются и все поставленные проблемы не решаются.

Дальнейший прогресс кибернетики и других наук многое прояснит в сложных проблемах и, конечно, поставит новые. Возникнут новые споры, появятся и новые, неожиданные точки зрения. Но именно таков путь науки, ибо она никогда не останавливается на достигнутом.

*А. Берг*

*Э. Кольман*

*В. Пекелис*

# СПОР ВОКРУГ ПРОБЛЕМЫ

---

## ТОЛЬКО АВТОМАТ? НЕТ, МЫСЛЯЩЕЕ СУЩЕСТВО!

### АВТОМАТЫ И ЖИЗНЬ

Академик

А. КОЛМОГОРОВ

Мой доклад «Автоматы и жизнь», подготовленный для семинара научных работников и аспирантов механико-математического факультета Московского государственного университета, вызвал интерес у самых широких кругов слушателей. Популярное изложение доклада подготовлено моей сотрудницей по лаборатории вероятностных и статистических методов МГУ Н. Г. Рычковой. Изложение это во всех существенных чертах правильно, хотя иногда словесное оформление мысли, а следовательно, и некоторые ее оттенки принадлежат Н. Г. Рычковой.

Подчеркну основные идеи доклада, имеющие наиболее широкий интерес.

I. Определение *жизни* как «особой формы существования белковых тел» (Энгельс) было прогрессивно и правильно, пока мы имели дело только с конкретными формами жизни, развившимися на Земле. В век космонавтики возникает реальная возможность встречи с «формами движения материи» (см. статью «Жизнь» в Большой Советской Энциклопедии), обладающими основными практически важными для нас свойствами живых и даже мыслящих существ, устроенных иначе. Поэтому приобре-

тает вполне реальное значение задача более общего определения понятия *жизни*.

II. Современная электронная техника открывает весьма широкие возможности *моделирования* жизни и мышления. Дискретный (арифметический) характер современных вычислительных машин и автоматов не создает в этом отношении существенных ограничений. Системы из *очень большого числа* элементов, каждый из которых действует чисто «арифметически», могут приобретать *качественно новые свойства*.

III. Если свойство той или иной материальной системы «быть живой» или обладать способностью «мыслить» будет определено чисто функциональным образом (например, любая материальная система, с которой можно разумно обсуждать проблемы современной науки или литературы, будет признаваться мыслящей), то придется признать в принципе вполне осуществимым *искусственное создание* живых и мыслящих существ.

IV. При этом, однако, следует помнить, что реальные успехи кибернетики и автоматки на этом пути значительно более скромны, чем иногда изображается в популярных книгах и статьях. Например, при описании «самообучающихся» автоматов или автоматов, способных «сочинять» музыку или писать стихи, иногда исходят из крайне упрощенного представления о действительном характере высшей нервной деятельности человека и, в частности, творческой деятельности.

V. Реальное продвижение в направлении понимания механизма высшей нервной деятельности, включая и высшие проявления человеческого творчества, естественно, не может ничего убавить в ценности и красоте творческих достижений человека. Я думаю, что это то же самое, что и лозунг «Материализм — это прекрасно!», поставленный подзаголовком в мой доклад.

\* \* \*

Я принадлежу к тем крайне отчаянным кибернетикам, которые не видят никаких принципиальных ограничений в кибернетическом подходе к проблеме жизни и полагают, что можно анализировать жизнь во всей ее полноте, в том числе и человеческое сознание со всей его сложностью, методами кибернетики.

Очень часто задают такие вопросы.

Могут ли машины воспроизводить себе подобных и может ли в процессе самовоспроизведения происходить прогрессивная эволюция, приводящая к созданию машин, существенно более совершенных, чем исходные?

Могут ли машины испытывать эмоции: радоваться, грустить, быть недовольными чем-нибудь, чего-нибудь хотеть?

Могут ли, наконец, машины сами ставить перед собой задачи, не поставленные перед ними их конструкторами?

Иногда пытаются отделаться от этих вопросов или обосновать отрицательные ответы на них, предлагая, например, определить понятие «машина» как нечто, каждый раз искусственно создаваемое человеком. При таком определении часть вопросов, скажем первый, автоматически отпадает. Но вряд ли можно считать разумным упорное нежелание разобраться в вопросах, действительно интересных и сложных, прикрываясь насильственно ограниченным пониманием терминов.

Вопрос о том, можно ли на пути кибернетического подхода к анализу жизненных явлений создать подлинную, настоящую жизнь, которая будет самостоятельно продолжаться и развиваться, остается насущной проблемой современности. Уже сейчас он актуален, годен для серьезного обсуждения, ибо изучение аналогий между искусственными автоматами и настоящей живой системой уже сейчас служит принципом исследования самих явлений жизни, с одной стороны, и способом, помогающим изыскивать пути создания новых автоматов, — с другой.

Есть и другой способ сразу ответить на все эти вопросы. Он заключается в ссылке на математическую теорию алгоритмов. Математикам хорошо известно, что в пределах каждой формальной системы, достаточно богатой математически, можно сформулировать вопросы, которые кажутся содержательными, осмысленными и должны предполагать наличие определенного ответа, хотя в пределах данной системы такого ответа найти нельзя. Вот поэтому-то и провозглашается, что развитие самой формальной системы есть задача машины, а обдумывание правильного ответа на вопрос — это уже дело человека, преимущественное свойство человеческого мышления.

Такая аргументация, однако, использует идеализированное толкование понятия «мышление», с помощью ко-

того можно легко доказать, что не только машина, но и сам человек мыслить не могут. Здесь предполагается, что человек может давать правильные ответы на любые вопросы, в том числе и на поставленные неформально, а мозг человека способен производить неограниченно сложные формальные выкладки. Между тем нет никаких оснований представлять себе человека столь идеализированным образом — как бесконечной сложности организм, в котором уместается бесконечное количество истин. Чтобы достичь такого положения, заметим в шутку, пришлось бы расселить человечество по звездным мирам, чтобы, пользуясь бесконечностью мира, организовать формальные логические выкладки в бесконечном пространстве и даже передавать их по наследству. Тогда можно было бы считать, что любой математический алгоритм человечество может развить до бесконечности.

Но вряд ли эта аргументация имеет отношение к реальному вопросу. И уж во всяком случае это не возражение против постановки вопроса о том, возможно ли создание искусственных живых существ, способных к размножению и прогрессивной эволюции, в высших формах обладающих эмоцией, волей и мышлением.

Этот же вопрос поставлен изящно, но формально математиком Тьюрингом в его книге «Может ли машина мыслить?». Можно ли построить машину, которую нельзя было бы отличить от человека? Такая постановка как будто ничуть не хуже нашей и к тому же проще и короче. На самом же деле она не вполне отражает суть дела. Ведь по существу интересен не вопрос о том, можно ли создать автоматы, воспроизводящие известные нам свойства человека; хочется знать, можно ли создать новую жизнь, столь же высокоорганизованную, хотя, может быть, очень своеобразную и совсем непохожую на нашу. В современной научной фантастике сейчас появляются произведения, затрагивающие эти темы. Интересен и остроумен рассказ «Друг» в сборнике Станислава Лема «Вторжение с Альдебарана» о машине, пожелавшей управлять человечеством. Однако фантазия романистов не отличается особой изобретательностью. И. А. Ефремов, например, выдвигает концепцию, что «все совершенное похоже друг на друга». Стало быть, у высокоорганизованного существа должны быть, по его мнению, два глаза и нос, хотя, может быть, и несколько измененной формы.

В век космонавтики не праздно предположение, что нам, возможно, придется столкнуться с другими живыми существами, весьма высокоорганизованными и в то же время совершенно на нас непохожими. Сможем ли мы установить, каков внутренний мир этих существ, способны ли они к мышлению, присущи ли им эстетические переживания, идеалы красоты или чужды и т. п. Почему бы, например, высокоорганизованному существу не иметь вид тонкой пленки — плесени, распластанной на камнях?

**Что такое жизнь?**

**Возможно ли искусственное разумное существо?**

Поставленный нами вопрос тесно связан с другими: а что такое жизнь, что такое мышление, что такое эмоциональная жизнь, эстетические переживания? В чем, скажем, состоит отличие последних от простых элементарных удовольствий — от пирога, например, или еще чего-нибудь в этом роде? Если говорить в более серьезном тоне, то можно сказать следующее: точное определение таких понятий, как «воля», «мышление», «эмоции», еще не удалось сформулировать. Но на естественнонаучном уровне строгости такое определение возможно. Если мы не признаем эту возможность, мы окажемся безоружными против аргументов солипсизма.

Хотелось бы научиться на основании фактов поведения, например, делать выводы о внутреннем состоянии живого высокоорганизованного существа.

Как изучать высшую нервную деятельность, используя кибернетический подход? Здесь открываются следующие пути: во-первых, можно детально изучать само поведение животных или человека; во-вторых, изучать устройство их мозга; можно, наконец, иногда довольствоваться и так называемым симпатическим пониманием. Если, скажем, просто внимательно наблюдать кошку или собаку, то, и не зная науки о поведении и условных рефлексах, можно прекрасно понять, что они думают и чего хотят. Несколько труднее достигнуть такого понимания с птицами или, например, с рыбами, но вряд ли и это невозможно. Это вопрос не новый, частично он уже решен, частично легко решаем, частично — трудно. Опыт индуктивного

развития науки говорит нам, что все вопросы, долго не находившие решения, постепенно разрешаются, и вряд ли нужно думать, что именно здесь существуют заранее установленные пределы, дальше которых продвигаться нельзя.

Если считать, что анализ любой высокоорганизованной системы естественно входит в состав кибернетики, придется отказаться от распространенного мнения, что основы кибернетики включают в себя лишь изучение систем, имеющих заранее назначенные цели. Часто кибернетику определяют как науку, занимающуюся изучением управляющих систем. Считается, что все такие системы обладают общими свойствами и свойство номер один у них — наличие цели. Это верно лишь до тех пор, пока все, что мы выделяем в качестве организованных систем, управляющих собственной деятельностью, похоже на нас самих. Однако если мы хотим методами кибернетики изучать происхождение таких систем, их естественную эволюцию, то такое определение становится узким. Вряд ли кибернетика поручит какой-либо другой науке выяснять, каким образом обычная причинная связь в сложных системах путем естественного развития приводит к возможности рассматривать всю систему как действующую целесообразно.

Обычно понятие «действовать целесообразно» включает умение охранять себя от разрушающих внешних воздействий или, скажем, способность содействовать своему размножению. Спрашивается: кристаллы действуют целесообразно или нет? Если «зародыш» кристалла поместить в некристаллическую среду, будет ли он развиваться? Ведь никаких отдельных органов у кристалла различить невозможно, стало быть, это есть некая промежуточная форма. И существование таковых неизбежно.

По-видимому, частные задачи, подобные этой, будут решать науки, непосредственно с ними связанные. Опытном частных наук никак нельзя пренебрегать. Но исключить из содержания кибернетики общие представления о причинных связях в целесообразно действующих системах, ставящих себе цели, так же нельзя, как нельзя, например, уже при имитации жизни автоматами не считаться, скажем, с тем, что и сами эти цели меняются в процессе эволюции, а вместе с этим изменяется и представление о них.

Когда говорят, что организация механизма наследственности, позволяющего живым организмам передавать свое целесообразное устройство потомкам, имеет целью воссоздать данный вид, придать ему определенные свойства, а также возможности изменчивости, прогрессивной эволюции, то кто же ставит эту цель? Или если рассматривать систему в целом, то кто же, как не она сама, ставит перед собой цель развития путем отсеивания негодных экземпляров и размножения совершенных?

Подводя итоги, можно сказать, что изучение в общей форме возникновения систем, в которых применимо понятие целесообразности, есть одна из главных задач кибернетики. При этом изучение в общей форме естественно предполагает знание, отвлеченное от деталей физического осуществления, от энергетики, химии, возможностей техники и т. п. Нас здесь интересует только, как возникает возможность сохранять и накапливать информацию.

Такая широкая постановка задачи содержит в себе много трудностей, но отказаться от нее на современном этапе развития науки уже невозможно.

Если признавать важность задачи определения в объективных обобщенных терминах существенных свойств внутренней жизни (вышей нервной деятельности) какой-то незнакомой нам и непохожей на нас высокоорганизованной системы, то нельзя ли тот же путь предложить и в применении к нашей системе — человеческому обществу? Хотелось бы на общем языке, одном и том же для всех высокоорганизованных систем, уметь описывать и все явления жизни человеческого общества. Представим себе воображаемого постороннего наблюдателя нашей жизни, который совершенно не обладает ни симпатиями к нам, ни умением понять, что мы думаем и переживаем. Он просто наблюдает большое скопление организованных существ и желает понять, как оно устроено. Совершенно так же, как, скажем, мы наблюдаем муравейник. Через некоторое время он, пожалуй, без особого труда сможет понять, какую роль играет информация, содержащаяся, например, в железнодорожных справочниках (человек теряет такой справочник и не может попасть на нужный поезд). Правда, наблюдателю пришлось бы столкнуться с большими трудностями. Как, например, понять ему следующую картину: множество людей приходит вечером в большое помещение, несколько человек поднимаются

на возвышение и начинают делать беспорядочные движения, а остальные сидят при этом спокойно; по окончании люди расходятся без всякого обсуждения. Один из молодых математиков, может быть в шутку, приводит и другой пример необъяснимого поведения: люди заходят в помещение, там получают бутылки с некоей жидкостью, после чего начинают бессмысленно жестикулировать. Постороннему наблюдателю будет трудно установить, что же это такое — просто разлад в машине, какая-то пауза в ее непрерывной осмысленной работе, или же можно описать, что происходит в этих двух случаях, и установить разницу между ними.

Оставив шуточный тон, сформулируем серьезно возникающую здесь проблему: нужно научиться в терминах поведения осуществлять объективное описание самого механизма, это поведение обуславливающего, уметь различать отдельные виды деятельности высокоорганизованной системы. Впервые в нашей стране И. П. Павлов установил возможность объективного изучения поведения животных и человека, а также регулирующих это поведение мозговых процессов, без всяких субъективных гипотез, выраженных в психологических терминах. Глубокое изучение предложенной проблемы есть не что иное, как павловская программа анализа высшей нервной деятельности в ее дальнейшем развитии.

Создание высокоорганизованных живых существ превосходит возможности техники наших дней. Но всякие ограничительные тенденции, всякое неверие или даже утверждение невозможности на рациональных путях достичь объективного описания человеческого сознания во всей его полноте сейчас явились бы тормозом в развитии науки. Разрешение этой проблемы необходимо, ибо уже истолкование разных видов деятельности может служить толчком для развития машинной техники и автоматике. С другой стороны, возможности объективного анализа нервной системы сейчас столь велики, что не хочется заранее останавливаться перед задачами любой трудности.

Если технические трудности будут преодолены, то вопрос о практической целесообразности осуществления соответствующей программы работ останется по меньшей мере спорным.

Однако в рамках материалистического мировоззрения не существует никаких состоятельных принципиальных

аргументов против положительного ответа на наш вопрос. Более того, этот положительный ответ является сейчас современной формой убеждений о естественном возникновении жизни и материальной основе сознания.

### Дискретна или непрерывна мысль?

В кибернетике и теории автоматов сейчас наиболее разработана теория работы дискретных устройств, т. е. таких устройств, которые состоят из большого числа отдельных элементов и работают отдельными тактами. Каждый элемент может находиться в небольшом числе состояний, и изменение состояния отдельного элемента зависит от предыдущих состояний сравнительно небольшого числа элементов. Так устроены электронные машины, так, предположительно, устроен и человеческий мозг. Считается, что мозг имеет таких отдельных элементов — нервных клеток  $10^{10}$ , а может быть, и еще больше. Несколько проще, но еще более грандиозно в смысле объема устроен аппарат наследственности.

Иногда делают вывод, что кибернетика должна заниматься лишь дискретными устройствами. Против такого подхода есть два возражения. Во-первых, реальные сложные системы — как многие машины, так и все живые существа — действительно имеют определенные устройства, основанные на принципе непрерывного действия. Что касается машин, то таким примером может служить, скажем, руль автомобиля и т. п. Если мы обратимся к человеческой деятельности — сознательной, но не подчиненной законам формальной логики, т. е. деятельности интуитивной или полуинтуитивной, например к двигательным реакциям, то мы обнаружим, что большое совершенство и отточенность механизма непрерывного движения построены на движениях непрерывно-геометрического характера. Если человек совершает тройной прыжок или прыжок с шестом или, например, готовится к дистанции слалом, его движение должно быть заранее намечено как непрерывное (для математиков: путь слаломиста оказывается даже аналитической кривой). Можно полагать, однако, что это не есть радикальное возражение против дискретных механизмов. Скорее всего интуиция непрерывной линии в мозге осуществляется на базе дискретного механизма.

Второе возражение против дискретного подхода заключается в следующем: заведомо человеческий мозг и даже, к сожалению, часто вычислительные машины отнюдь не всегда действуют детерминированно — полностью закономерным образом. Результат их действия в некоторый момент (в данной ячейке) нередко зависит от случая. Желая обойти эти возражения, можно сказать, что и в автоматы можно «ввести случайность». Вряд ли имитирование случайности (т. е. замена случая какими-то закономерностями, не имеющими отношения к делу) может принести сколько-нибудь серьезный вред при моделировании жизни. Правда, вмешательство случайности часто рассматривается несколько примитивно: заготавливается достаточно длинная лента случайных чисел, которая затем используется для имитации случая в различных задачах. Но при частом употреблении эта заготовленная «случайность» в конце концов перестанет быть случайностью. Исходя из этих соображений к вопросу имитации случая на автоматах следует подходить с большой осторожностью. Однако принципиально это вещь во всяком случае возможная.

Только что изложенная аргументация приводит нас к следующему основному выводу.

Несомненно, что переработка информации и процессы управления в живых организмах построены на сложном переплетении дискретных (цифровых) и непрерывных механизмов, с одной стороны, детерминированного и вероятностного принципов действия — с другой.

Однако дискретные механизмы являются ведущими в процессах переработки информации и управления в живых организмах. Не существует состоятельных аргументов в пользу принципиальной ограниченности возможностей дискретных механизмов по сравнению с непрерывными.

### Что такое «очень много»?

Часто, сомневаясь в возможности моделировать человеческое сознание на автоматах, говорят, что количество функций высшей нервной деятельности человека необъятно велико и никакая машина не может стать моделью сознательной человеческой деятельности в полном ее объеме. Одних только нервных клеток в коре го-

ловного мозга  $10^{10}$ . Каково же должно быть число элементов в машине, имитирующей всю сложную высшую нервную деятельность человека?

Эта деятельность, однако, связана не с разрозненными нервными клетками, а с довольно большими агрегатами их. Невозможно представить себе, чтобы, скажем, какая-нибудь математическая теорема «сидела» в одной-единственной, специально для нее заготовленной нервной клетке или даже в каком-то определенном числе их. По-видимому, дело обстоит совершенно иначе. Наше сознание оперирует небольшими количествами информации. Количество единиц информации, которое человек воспринимает и перерабатывает в секунду, совсем невелико. Вот один несколько парадоксальный пример: слаломист, преодолевая дистанцию, в течение десяти секунд воспринимает и перерабатывает значительно большую информацию, чем при других, казалось бы, более интеллектуальных видах деятельности, во всяком случае больше, чем математик пропускает через свою голову за сорок секунд напряженной работы мысли. Вообще вся сознательная жизнь человека устроена как-то очень своеобразно и сложно, но когда закономерности ее будут изучены, для моделирования ее потребуется гораздо меньше элементарных ячеек, чем для моделирования всего мозга, как это ни удивительно.

Какие же объемы информации могут создавать уже качественное своеобразие сложных явлений, подобных жизни, сознанию и т. п.?

Можно разделить все числа на малые, средние, большие и сверхбольшие. Эта классификация нестрога, в рамках ее нельзя будет сказать, что такое-то число, например, среднее, а следующее за ним — уже большое. Здесь числа делятся на категории с точностью до порядка величин. Но больша́я строгость нам здесь и не нужна. Каковы же эти категории? Начнем с определений, понятных лишь математикам.

I. Число  $A$  назовем малым, если практически возможно перебрать все схемы из  $A$  элементов с двумя входами и выходами или выписать для них все функции алгебры логики с  $A$  аргументами.

II. Число  $B$  называется средним, если мы оказываемся не в состоянии перебрать практически все схемы из  $B$  элементов, а можем перебрать лишь сами эти элементы

или (что чуть-чуть сложнее) выработать систему обозначений для любой системы из  $B$  элементов.

III. И, наконец, число  $B$  — большое, если мы не в состоянии практически перебрать такое число элементов, а можем лишь установить систему обозначений для этих элементов.

IV. Числа будут сверхбольшими, если практически и этого нельзя сделать; они нам, как мы увидим дальше, и не понадобятся.

Поясним теперь эти определения на доступных примерах.

Пусть к одной электрической лампочке подсоединено три выключателя, каждый из которых может находиться в левом ( $L$ ) или правом ( $R$ ) положении. Тогда, очевидно, возможных совместных положений трех выключателей будет  $2^3 = 8$ . Перечислим их для наглядности:

- 1)  $LLL$  3)  $LLR$  5)  $LRL$  7)  $RLR$   
2)  $LLR$  4)  $LRL$  6)  $RLL$  8)  $RRR$

Проводку к нашим выключателям можно сделать таким образом, что в каждом из выписанных положений лампочка может как гореть, так и не гореть. Если произвести подсчет, то окажется, что различных положений выключателей, сопровождаемых такими отметками, будет  $2^3$ , т. е.  $2^3 = 8$ . Справедливость этого последнего утверждения читатель без труда может проверить самостоятельно, дополняя выписанные положения выключателей знаками «горит», «не горит».

Тот факт, что такое упражнение под силу читателю и не займет у него слишком много времени, и убеждает нас в том, что число 3 (число выключателей) относится к малым. Если бы выключателей было не 3, а, скажем, 5, то пришлось бы выписать  $2^5 = 4\ 294\ 967\ 296$  различных совместных положений выключателей, сопровождаемых отметками «горит», «не горит». Вряд ли можно за какое-нибудь разумное время практически проделать все это не сбившись. Поэтому число 5 уже нельзя считать малым.

Чтобы стал понятен термин «среднее число», приведем другой пример. Представьте себе, что вас ввели в помещение, где находится 1000 человек, а предложили с каждым из них поздороваться за руку. Правда, ваша рука после таких упражнений будет чувствовать себя неважно, но

практически (по времени) проделать такое упражнение вполне возможно. Вы вполне сумеете, не сбившись, подойти к каждому из тысячи и протянуть ему руку. А если бы последовало предложение всей тысяче присутствующих обменяться друг с другом рукопожатиями, да еще каждой компании из трех человек внутри своего кружка дополнительно обменяться рукопожатиями и т. д., то это оказалось бы немислимым. Число 1000 и есть среднее. Можно сказать, что мы «перебрали» тысячу элементов, отметив при этом каждого (рукопожатием).

Совсем простым примером большого числа является число видимых звезд на небосклоне. Каждый знает, что невозможно пересчитать звезды пальцем, а тем не менее существует каталог звездного неба (т. е. выработана система обозначений), пользуясь которым мы в любой момент можем получить справку о нужной нам звезде.

Естественно, что вычислительная машина может, во-первых, дольше работать не сбиваясь, а во-вторых, она составляет различные схемы во много раз быстрее, чем человек. Поэтому в каждой категории соответствующие числа для машины будут больше, чем для человека.

Числа	Человек	Машина
Малые . . . .	3	10
Средние . . . .	1000	$10^{10}$
Большие . . . .	$10^{100}$	$10^{10^6}$

Что поучительного в этой таблице? Из нее видно, что хотя соответственные числа для машины гораздо больше, чем для человека, но остаются близкого порядка с ними. Между же числами разных категорий существует непродолимая грань: числа, средние для человека, не становятся малыми для машины, так же как числа, большие для человека, не становятся средними для машины.  $10^3$  несравненно больше, чем 10, а  $10^{100}$  безнадежно больше, чем  $10^{10}$ . Заметим, что объем памяти живого существа и даже машины характеризуется средними числами, а многие проблемы, решаемые путем так называемого простого перебора, — большими.

Здесь мы сразу выходим за пределы возможностей сравнения путем простого перебора. Проблемы, которые не могут быть решены без большого перебора, останутся за пределами возможностей машины на сколь угодно высокой ступени развития техники и культуры.

К этому выводу мы пришли, не обращаясь к понятию бесконечности. Оно нам не понадобилось и вряд ли понадобится при решении реальных проблем, возникающих на пути кибернетического анализа жизни.

Зато важным становится другой вопрос: существуют ли проблемы, которые ставятся и решаются без необходимости большого перебора? Такие проблемы должны прежде всего интересовать кибернетиков, ибо они реально разрешимы.

Принципиальная возможность создания полноценных живых существ, построенных полностью на дискретных (цифровых) механизмах переработки информации и управления, не противоречит принципам материалистической диалектики. Противоположное мнение может возникнуть лишь потому, что некоторые привыкли видеть диалектику лишь там, где появляется бесконечность. При анализе явлений жизни существенна, однако, не диалектика бесконечного, а диалектика большого числа.

### Осторожно, увлекаемся!

В настоящее время для кибернетики, пожалуй, больше, чем для всякой другой науки, важно, что о ней пишут. Я не принадлежу к большим энтузиастам всей той литературы по кибернетике, которая сейчас так широко издается, и вижу в ней большое количество, с одной стороны, преувеличений, а с другой — упрощенчества.

Нельзя, конечно, сказать, что в этой литературе утверждается то, что на самом деле недостижимо, но в ней часто встречаются восторженные статьи, сами заглавия которых уже кричат об успехах в моделировании различных сложных видов человеческой деятельности, которые в действительности моделируются пока совсем плохо. Например, в американской кибернетической литературе и у нас, порой даже в совсем серьезных научных журналах можно встретить работы о так называемом машинном сочинении музыки. (Это не относится к работам Р. Х. Зарипова.) Под этим обычно подразумевается следующее: в память машины «закладывается» нотная запись большого числа (скажем, 70) ковбойских песен или, например, церковных гимнов; затем машина по первым четырем нотам одной из этих песен отыскивает все те песни, где эти четыре ноты встречаются в том же порядке

и, случайным образом выбрав одну из них, берет из нее следующую, пятую ноту. Теперь перед машиной вновь четыре ноты (2, 3, 4 и 5-я), и она снова таким же способом осуществляет поиски и выбор. Так машина как бы на ощупь «создает» некую новую мелодию. При этом утверждается, что если в памяти машины были ковбойские песни, то и в ее творении слышится нечто «ковбойское», а если это были церковные гимны, — то нечто «божественное». Спрашивается, а что произойдет, если машина будет производить поиск не по четырем, а по семи идущим подряд нотам? Поскольку в действительности двух произведений, содержащих семь одинаковых нот подряд, почти не встретишь, то, очевидно, «запев» семь нот из какой-нибудь песни, машина вынуждена будет пропеть ее до конца. Если же, наоборот, машине для собственного творчества достаточно знать только две ноты (а произведений с двумя одинаковыми нотами сколько угодно), то здесь ей представился бы такой широкий выбор, что вместо мелодии из машины послышалась бы какофония звуков.

Вся эта несложная схема преподносится в литературе как «машинное сочинение музыки», причем всерьез заявляется, что с увеличением числа нот, нужных «для заправки», машина начинает создавать музыку более серьезного, классического характера, а с уменьшением этого числа переходит на современную, джазовую.

На сегодня мы еще очень далеки от осуществления анализа и описания высших форм человеческой деятельности, мы даже еще не научились в объективных терминах давать определения многих встречающихся здесь категорий и понятий, а не только моделировать такие сложные виды этой деятельности, к каким относится создание музыки. Если мы не умеем понять, чем отличаются живые существа, нуждающиеся в музыке, от существ, в ней не нуждающихся, то, приступая сразу к машинному сочинению музыки, мы окажемся в состоянии моделировать лишь чисто внешние факторы.

«Машинное сочинение музыки» — это только пример упрощенного подхода к проблемам кибернетики. Другой распространенный недостаток заключается в том, что сторонники кибернетического настолько увлеклись возможностями кибернетического подхода к решению любых самых сложных задач, что позволяют себе пренебрегать опытом,

накопленным другими науками за долгие века их существования. Часто забывают о том, что анализ высших форм человеческой деятельности был начат давно и продвинулся довольно далеко. И хотя он и ведется в других, не кибернетических терминах, но по существу объективен, и его необходимо изучать и использовать. А то, что сумели сделать кибернетики «голыми руками» и вокруг чего поднимают такую шумиху, зачастую не выходит за рамки исследования самых примитивных явлений. Однажды на вечере в московском Доме литераторов один из участников вел с трибуны разговор о том, что наше время должно было создать и уже создало новую медицину. Эта новая медицина есть достоинство и предмет изучения не медиков, а специалистов по теории автоматического регулирования! Самое главное в медицине, по мнению выступавшего, — это циклические процессы, происходящие в человеческом организме. А такие процессы как раз и описываются дифференциальными уравнениями, изучаемыми в теории автоматического регулирования. Так что изучать медицину в медицинских институтах теперь вроде как устарело — ее надо передать в ведение вузов и математических факультетов. Может быть, и верно, что специалисты по теории автоматического регулирования могут сказать свое слово в разрешении отдельных проблем, стоящих перед медициной. Но если они захотят принять участие в этой работе, то прежде всего им потребуется колоссальная доквалификация, ибо опыт, накопленный медициной, этой старейшей из наук, огромен, и для того чтобы сделать в ней что-то серьезное, надо сначала овладеть им.

### Почему только крайности?

Вообще анализ высшей нервной деятельности в кибернетике сосредоточен пока на двух крайних полюсах. С одной стороны, кибернетики активно занимаются изучением условных рефлексов, т. е. простейшего типа высшей нервной деятельности. Всем, вероятно, известно, что такое условный рефлекс. Если два каких-нибудь раздражителя многократно осуществляются одновременно друг с другом (например, одновременно с подачей пищи включается звонок), то через некоторое время уже один из этих раздражителей (звонок) вызывает ответную реакцию орга-

низма (слюноотделение) на другой раздражитель (подачу пищи). Это сцепление является временным и, если его не подкреплять, постепенно исчезает. Значительная часть кибернетических проблем, которые известны сейчас под названием математической теории обучения, охватывает такие очень простые схемы, которые не исчерпывают и малой доли всей сложной высшей нервной деятельности человека и в анализе самой условнорефлекторной деятельности представляют собой лишь начальную ее ступень.

Другой полюс — это теория формально-логических решений. Эта сторона высшей нервной деятельности человека хорошо поддается изучению математическими методами, и с созданием вычислительной техники и вычислительной математики исследования такого рода быстро двинулись вперед. И здесь кибернетики во многом преуспели.

А все огромное пространство между этими двумя полюсами — самыми примитивными и самыми сложными психическими актами (даже такие простые формы синтетической деятельности, как, скажем, механизм точно рассчитанного геометрического движения, о котором говорилось выше, пока плохо поддаются кибернетическому анализу) — изучается крайне мало, чтобы не сказать вовсе не изучается.

## Кибернетика и язык

Особое положение сейчас занимает математическая лингвистика. Эта наука только еще создается и развивается по мере накопления кибернетических проблем, связанных с языком. Она имеет дело с анализом высших форм человеческой деятельности скорее интуитивного, нежели формально-логического характера, ибо эта деятельность плохо поддается точному описанию. Каждый знает, что такое грамотно построенная фраза, правильное согласование слов и т. п., но никто пока не может адекватно передать это знание машине. Точный, логически и грамматически безукоризненный машинный перевод сейчас возможен был бы, пожалуй, только с латинского и на латинский язык, грамматические правила которого достаточно полны и однозначны. Грамматические же правила новых, живых языков, по-видимому, еще недостаточны для осуществления с их помощью машинного перевода. Необхо-

димым здесь анализом занимаются уже давно, и в настоящее время машинный перевод стал предметом широко и серьезно поставленной деятельности. Можно, пожалуй, сказать, что именно на нем сосредоточено сейчас основное внимание математических лингвистов. Однако в теоретических работах по математической лингвистике мало учитывается одно обстоятельство, а именно тот факт, что язык возник значительно раньше формально-логического мышления. Быть может, для теоретической науки одно из самых интересных исследований (в котором могут естественно сочетаться идеи кибернетики, новый математический аппарат и современная логика) есть исследование процесса образования слов как второй сигнальной системы. Первоначально, при полном еще отсутствии понятий слова выступают в роли сигналов, вызывающих определенную реакцию. Возникновение логики обычно относят к сравнительно недавнему времени: по-видимому, только в Древней Греции было ясно понято и сформулировано, что слова не просто являются обозначениями неких непосредственных представлений и образов, но что от слова можно отделить понятие. До настоящего, формально-логического, мышления мысли возникали не формализованные в понятия, а как комбинирование слов, которые ведут за собой другие слова, как попытки непосредственно зафиксировать проходящий перед нашим сознанием поток образов и т. д. Проследить этот механизм выкристаллизовывания слов как сигналов, несущих в себе комплекс образов, и создания на этой базе ранней логики — крайне благодарная область исследования, для математика в частности, что, впрочем, неоднократно отмечалось в кибернетической литературе.

Интересным может показаться и следующий вопрос: как формируется логическая мысль у человека? Попробуем проследить этапы этого процесса на примере работы математика над какой-нибудь проблемой. Сначала, по-видимому, возникает желание исследовать тот или иной вопрос, затем какое-то приблизительное, неведомо откуда возникшее представление о том, что мы надеемся получить в результате наших поисков и какими путями нам, может быть, удастся этого достичь, и уже на следующем этапе мы пускаем в ход свой внутренний «арифмометр» формально-логического рассуждения. Таковы, по-видимому, путь формирования логической мысли, схема про-

цесса творчества. Может, вероятно, представиться интересным не только исследовать первую, интуитивную стадию этого процесса, но и задаться целью создать машину, способную помочь человеку в процессе творчества на стадии оформления мысли (математику, например, на стадии оформления вычислений), поручить, скажем, такой машине понимать и фиксировать в полном виде какие-то неясные, вспомогательные наброски чертежей и формул, которые всякий математик рисует на бумаге в процессе творческих поисков, или, например, воссоздавать по наброскам изображения фигур в многомерных пространствах и т. п. Иными словами, интересно подумать о создании машин, которые, не подменяя человека, уже сейчас помогали бы ему в сложных процессах творчества. Пока еще трудно даже представить себе, каким образом и на каких путях такую машину можно было бы осуществить. Но хотя пока еще эта задача и далека от своего разрешения, разговор обо всех таких вопросах уже возник в кибернетической литературе, что, по-видимому, можно только приветствовать.

Как можно уже увидеть из нескольких приведенных здесь примеров, различных проблем, связанных с пониманием объективного устройства самых тонких разделов высшей нервной деятельности человека, очень много. И все они заслуживают должного внимания кибернетиков.

## Материализм — это прекрасно!

В заключение следует остановиться на вопросах, касающихся, если можно так сказать, этической стороны идей кибернетики. Встречающиеся часто отрицание и неприятие этих идей проистекают из нежелания признать, что человек является действительно сложной материальной системой, но системой конечной сложности и весьма ограниченного совершенства и поэтому доступной имитации. Это обстоятельство многим кажется унижительным и страшным. Даже воспринимая эту идею, люди не хотят мириться с ней: такая картина всеобъемлющего проникновения в тайны человека, вплоть до возможности, так сказать, «закодировать» его и «передать по телеграфу» в другое место, кажется им отталкивающей и пугающей. Встречаются опасения и другого рода: а допускает ли вообще наше внутреннее устройство исчерпывающее

объективное описание? Предлагалось, например, поставить перед кибернетикой задачу научиться отличать по объективным признакам существа, нуждающиеся в сюжетной музыке, от существ, в ней не нуждающихся. А вдруг проанализируем, проанализируем — и окажется, что и в самом деле нет никакого разумного основания выделять такую музыку как благородную по сравнению с другими созвучиями.

Мне представляется важным понимание того, что ничего унижительного и страшного нет в этом стремлении постичь себя до конца. Такие настроения могут возникать лишь из полужнания: реальное понимание всей грандиозности наших возможностей, ощущение присутствия вековой человеческой культуры, которая придет нам на помощь, должно производить огромное впечатление, должно вызывать восхищение! Все наше устройство в самих себе понятно, но понятно и то, что это устройство содержит в себе колоссальные, ничем не ограниченные возможности.

На самом деле нужно стремиться этот глупый и бессмысленный страх перед имитирующими нас автоматами заменить огромным удовлетворением тем фактом, что такие сложные и прекрасные вещи могут быть созданы человеком, который еще совсем недавно находил простую арифметику чем-то непонятным и возвышенным.

## В ПРИРОДЕ ЗАПРЕТА НЕТ

*Член-корреспондент АН УССР*

**А. ИВАХНЕНКО**

Человек существует на Земле всего около миллиона лет. Он не достиг еще предела своей эволюции, предела развития своих интеллектуальных способностей, если, конечно, таковой имеется вообще. Следовательно, существа, равные ему или стоящие выше него по развитию, принципиально могут существовать. Возможно, что они уже есть на других планетах Вселенной.

Проследите историю развития человеческого общества. Факты показывают, что рано или поздно человек находит пути к искусственному повторению всего, что когда-нибудь и где-нибудь создала природа в своей грандиозной

«лаборатории». И наоборот, явления, которые не в силах воспроизвести человек, как правило, относятся к принципиально невыполнимым и в природе. Так, например, строго доказано, что в пределах той части Вселенной, которую мы наблюдаем, законы природы не позволяют человеку создать вечный двигатель — машину, вырабатывающую энергию из ничего. Нет такого двигателя и в природе. Но природа создала человека. И человек в силах рано или поздно повторить «творчество» природы искусственно.

Трудно сказать, каким будет путь искусственного воспроизведения нового разумного существа. По-видимому, успешное решение этого вопроса будет связано с достижениями в самых различных областях науки. И многие из таких приближающихся открытий можно предвидеть уже сегодня. Например, проблема искусственного получения белка. Ученым уже удалось осуществить синтез простейшего белкового вещества — из девяти аминокислот они получили простой белок окситоцин. Установлена молекулярная структура инсулина — белкового гормона. Пока это первые шаги. А в дальнейшем, постепенно синтезируя белки все большей и большей сложности, человечество придет к искусственному получению из неживых природных материалов сначала растений, а потом и живых организмов. Быть может, в очень отдаленном будущем такой путь приведет к созданию разумных существ — помощников человека.

Конечно, такое искусственное проявление разума явится все той же существующей на нашей планете белковой формой проявления жизни, хотя у синтезированных растений и живых организмов обмен веществ, например, может протекать по совершенно иным законам, чем у их природных собратьев.

Другой путь искусственного воспроизведения мыслящих, разумных существ связан с достижениями в области точных наук, например в области биологической кибернетики, или сокращенно — бионики. Целью этой науки является перенесение принципов действия систем, управляющих живыми организмами, в технику. Создание дешевых микроминиатюрных моделей нейронов и разработка надежных и простых способов «организации» огромного числа таких моделей в стройные системы могут привести к созданию устройств, подобных нашему мозгу. Есте-

ственно, что в этом случае искусственно созданные разумные существа не будут подходить под определение «жизни» как формы существования белковых тел, хотя, конечно, приобретут все качества тех живых созданий, которые мы наблюдаем сегодня.

Видимо, проявление жизни не обязательно связано с белковыми веществами, а создание искусственных разумных существ в принципе может быть осуществлено.

Противники такого подхода к проблеме искусственного воспроизведения жизни часто ссылаются на громадное число элементов — «заменителей» нейронов, из которых должна состоять «думающая» машина, считая, что это исключает ее создание. И в самом деле, может выясниться, что искусственное создание разумных кибернетических существ потребует такого множества различных элементов, что станет в конечном счете нецелесообразным. Но мне кажется, что это нам не грозит. Ограничить количество элементов человеку помогут хотя бы те свойства, которыми обладает наш мозг. И одно из них, несомненно, — свойство адаптации. Заключается оно в том, что многие клетки мозга не имеют постоянных функций и часто переключаются с управления одним процессом на управление другим. Например, если при чтении книги мы встречаем трудное или неясное место, то число нейронов, участвующих в работе над текстом, резко увеличивается за счет ослабления контроля над каким-нибудь второстепенным жизненным процессом. Кроме того, известно, что, если даже почти половина клеток мозга выйдет из строя, мозг продолжает функционировать — при этом снижается лишь так называемая его «разрешающая способность». Как видите, наш мозг представляет собой надежную систему, состоящую из большого числа ненадежных элементов, готовых в какой-то степени быстро «подменить» друг друга. Сейчас эти принципы переносятся в технику. А в будущем они лягут в основу искусственно созданных разумных существ.

Кибернетикам часто задают вопрос: могут ли разумные машины обогнать человечество в своем развитии? Здесь ответ зависит от того, сколь совершенен будет искусственный мозг. Если наряду со всеми способностями человека воспринимать, перерабатывать и накапливать самую различную информацию разумные искусственные существа будут обладать еще и определенным «быстродействием»

в выполнении этих операций, то естественно, что их самоусовершенствование будет идти значительно интенсивней, чем эволюция мышления человека.

Иногда под влиянием некоторых фантастических романов подобный ответ вызывает испуг — не возникнет ли конфликт между людьми и новыми существами, не смогут ли машины превратить людей в своих рабов? Сейчас это испуг праздный. Но поскольку он возникает, то ответить на него необходимо. Будущее мне представляется царством разума, где категории «хорошо» и «плохо» будут определяться интересами всего человечества. Человек никогда не нажмет «спусковой крючок» для создания существ, способных ему повредить, так же как не должен нажать «спусковой крючок» атомной войны.

## ЧТО ТАКОЕ РАЗУМНАЯ МАШИНА

*Профессор*

УИЛЬЯМ РОСС ЭШБИ

(АНГЛИЯ)

Сейчас наступил поворотный этап в развитии наших взглядов на природу мозга и подобные мозгу механизмы. Десять лет, с 1950 по 1960 г., были периодом брожения умов. Можно надеяться, что в следующие десять лет утвердятся идеи, которые на многие годы вперед определят развитие науки о «мозгоподобных» механизмах.

До последнего времени мы все были склонны допускать, что способности мозга, в особенности человеческого мозга, неограниченны. Нам казалось, что если человек достаточно умен, то он может сделать все что угодно — гений может разрешить любую проблему. Пора расстаться с этим представлением, так как оно препятствует дальнейшему прогрессу. Сегодня подобное мнение так же невежественно и наивно, как вера ребенка в то, что его старший брат может поднять любую тяжесть. Сегодня мы знаем, что означает слово «мозгоподобный», и знаем, каковы ограничения для мозга. Мы знаем также, что для человеческого мозга и для машины эти ограничения одни и те же, поскольку они присущи любой системе, поведе-

ние которой упорядочено и подчинено определенным законам. Система, которая бы могла обойти эти ограничения, обладала бы волшебными свойствами.

Прежде чем идти дальше, обсудим некоторые детали, чтобы затем их уже не касаться.

Мозгоподобные процессы можно разделить на два класса в зависимости от того, целенаправленны они или нет. Именно целенаправленные процессы являются разумными независимо от того, протекают ли они в машине или в мозгу. Однако в мозгу происходит множество других процессов, которые мы и рассмотрим в первую очередь.

Живой мозг обладает рядом интересных особенностей, которые обычно нигде больше в организме не наблюдаются. В мозгу, например, протекают уникальные биохимические и электрохимические процессы. Особый интерес для инженеров, занимающихся вычислительными машинами, представляют специфические свойства нервных сетей и стохастические явления в мозгу. Основной особенностью этих нецеленаправленных процессов является то, что сами по себе они ни хороши, ни плохи: они являются такими же естественными процессами, как, например, окисление, и мозг под воздействием естественного отбора и эволюции развивает или подавляет тот или другой процесс в зависимости от того, является ли он полезным или вредным. Все эти процессы могут быть моделированы с помощью вычислительной машины, так как они являются непосредственными природными процессами.

Рассматривая мозгоподобные процессы, нужно помнить, что вычислительная машина совершеннее мозга, поскольку она может быть сделана так, чтобы ее поведение совершенно не зависело от какой-либо операционной структуры. В принципе машина способна вести любой хорошо определенный процесс. Живой же мозг сформировался за пять миллиардов лет развития таким, что сейчас он оказывается специально приспособленным именно к земным условиям. Эти условия, как мы начинаем теперь понимать, вовсе не имеют такого всеобщего характера, как мы привыкли думать. Характерными для земных условий являются: распределение объектов в пространстве, подчиняющемся трехмерной евклидовой матрице; исключительное значение непрерывности процессов, происходя-

щих на Земле; тенденция к локализации эффектов; наконец, повторяемость некоторых свойств в различных местах.

Для того чтобы эти свойства придать вычислительной машине, нужно было бы затратить много труда для их программирования. Поскольку живой мозг в течение длительного времени развивался в земных условиях, его операционные методы специализировались. В результате мозг, вместо того чтобы быть исключительно гибким механизмом, стал, как сейчас оценивается, в высшей степени негибкой системой.

Мы не собираемся много говорить о нецеленаправленных мозгоподобных процессах, однако отметим, что наиболее перспективным направлением исследований в этой области является изучение систем с большим числом состояний равновесия. Наши знания об этих системах недостаточно. Хорошо изучена только статистическая механика больших физических (ньютоновских) систем; к сожалению, эти системы обычно имеют малое число состояний равновесия.

Простейший пример системы с большим числом состояний равновесия — это тарелка с песком, в которой частицы песка могут покоиться в различных конфигурациях. Однако единственной формой активности такой системы являются малые перемещения песчинок, когда они переходят из неустойчивых состояний в устойчивые; при этом перемещения настолько малы, что не представляют интереса. Нас интересуют системы с большим числом равновесных состояний, обладающие достаточной динамичностью, при которой их траектории перехода в состояние равновесия достаточно длинны и сложны.

Такие системы обладают некоторыми элементарными свойствами живых организмов.

Можно не сомневаться, что при дальнейшем изучении систем будет открыто еще много их интересных особенностей. Нервная система, обладающая порогом чувствительности, также является примером системы с многими равновесиями. И несмотря на то, что вот уже пятьдесят лет, как известен этот факт, мы еще практически ничего не знаем о том, как она себя ведет, когда ее размеры достаточно велики для того, чтобы в силу вступали законы статистической механики.

На этом мы закончим обсуждение простых и естествен-

ных процессов, происходящих в мозгу. Перейдем теперь к другим мозгоподобным процессам, получившим всеобщее признание как исключительные. Это целенаправленные процессы.

## Что такое разум?

Еще несколько лет назад было много споров о том, что понимать под «разумной машиной». Сейчас положение прояснилось и ответ на этот вопрос известен. Разумной следует считать систему, способную выполнять подходящий отбор. Эта способность и есть критерий разумности. Иными словами, разумен тот, кто разумно действует. Приведем несколько примеров, чтобы пояснить эту мысль. Если человек играет в шахматы, то мы не должны судить о его способностях, слушая его хвастовство, мы просто наблюдаем за его игрой и оцениваем, выбирает ли он из всех возможных ходов именно те несколько, которые быстро приведут его к победе.

Разумным руководителем предприятия считается лишь тот, кто, несмотря на всю сутолоку и неразбериху дня, дает настолько тщательно отобранные распоряжения, что необходимая работа может быть выполнена. Диспетчер, регулирующий движение, проявляет свой разум тем, что отбирает такие комбинации светофора, при которых даже при длительных перегрузках пути не происходит несчастных случаев. При так называемых проверках умственных способностей, когда испытывается то, что мы считаем разумом, критерием в конечном счете бывает простая констатация: сумел ли кандидат отобрать правильный ответ.

Таким образом, разумная машина может быть определена как система, которая использует информацию и обрабатывает ее так, чтобы достигнуть высокой степени подходящего отбора. Если эта машина должна показать в самом деле высокий уровень разумности, то она должна обработать большое количество информации и при этом с высокой эффективностью.

В биологических процессах подходящий отбор и разумность проявляются в основном в регулировании: живой организм, если он действует «разумно», ведет себя так, чтобы поддерживать себя живым. Другими словами, он действует так, чтобы поддерживать основные переменные, от которых зависит его существование, в биологи-

ческих границах. Это есть непосредственное проявление подходящего отбора, и животные, чем выше они на шкале разумности, проявляют свое превосходство именно большей способностью к регулированию.

Выбранный нами подход к рассмотрению природы разума позволяет привлечь новейшую теорию информации и взглянуть на проблему под углом зрения, отличным от принятого у старых философов. «Регулирование» означает просто, что, несмотря на воздействие возмущающих факторов, организм ведет себя так, что отклонений от оптимума не происходит; иначе говоря, как бы сохраняются правильная форма существования. Такое многократное достижение конечной правильной формы, несмотря на возмущения, гомологично с коррекцией шумов в канале связи. Шумы, как известно, изменяют форму сигнала, и корректирующий канал действует так, чтобы вернуть их обратно к истинной форме. Таким образом, проблема разумности может быть рассмотрена с помощью шенноновской теории связи.

## Предел разума

Как только мы признали, что разумная система (независимо от того, живая она или механическая) — это та, которая ведет себя разумно, мы должны признать, что проверкой разумности является способность к подходящему отбору. Все разумные действия являются действиями по подходящему отбору. И, значит, любая разумная система подчиняется следующему постулату: *любая система, выполняющая подходящий отбор (на ступень выше случайного), производит его на основе полученной информации.*

Можно думать, что это совершенно очевидно, однако часто в дискуссиях о способностях живого мозга этот постулат скрыто или очень тонко отрицается. Представим себе, однако, что бы произошло, если бы этот постулат был недействителен. В этом случае экзаменуемый студент, например, давал бы правильный ответ до того, как задается вопрос; человек мог бы предъявить точные требования по страховке раньше, чем случился бы пожар; наконец, вычислительные машины давали бы необходимые результаты до того, как в эти машины была заложена задача.

Ничего подобного науке неизвестно. Что может случиться в будущем, сказать нельзя, однако совершенно ясно, что в середине XX в. мы должны отбросить такую возможность. Сказав, что такие явления не могут произойти, мы скрыто предположили, что любые системы, живые или механические, подчиняются высказанному постулату и могут выполнить подходящий отбор только при получении и обработке соответствующего количества информации.

Встав на эту точку зрения, мы приходим к выводу о неизбежном количественном ограничении таких систем. Поскольку подходящий отбор гомологичен коррекции шумов, постольку объем коррекции, который может быть осуществлен, подчиняется десятой теореме Шеннона. Эта теорема гласит, что если некоторое число ошибок должно быть устранено (иначе говоря, должны быть сделаны некоторые подходящие отборы), то через корректирующий канал должно пройти по крайней мере такое же количество информации. Когда человеческое существо производит корректировку, регулирование или подходящий отбор, оно действует как корректирующий канал и не может выполнить эти функции, пока не примет и не передаст необходимую информацию.

Та же самая точка зрения может быть выражена в более простой и доступной форме, если воспользоваться законом «необходимого разнообразия», который указывает, что подходящий отбор может быть выполнен только при обработке соответствующего количества информации (если, конечно, при этом не верить в возможность волшебства).

Мы должны признать сегодня одно из двух предположений о работе человеческого мозга. Либо она подчиняется высказанному постулату, и тогда мозг выполняет подходящий отбор в результате обработанной в достаточном количестве информации, либо мозг обладает волшебными свойствами, и тогда правильные эффекты создаются без соответствующих причин, которые могли бы их вызвать.

Нельзя сказать, что человеческий мозг никогда не совершит чуда: Вселенная полна неожиданностей. Однако те, кто утверждает, что работа человеческого мозга не подчиняется постулату, должны принять вытекающий из этого отрицания вывод о возможности подходящего от-

бора без получения соответствующей информации. Желательно, чтобы противники нашей точки зрения привели примеры подобной работы мозга. До тех пор пока не будут приведены такие факты, постулат останется в силе.

Интересно разобратся в причинах ошибочных представлений о природе человеческого разума и его способностей. Возможно, что подобная ошибка — следствие грубого просчета при оценке количества информации, используемой людьми и вычислительными машинами. Когда программируется машина, мы должны выписать в задании любую деталь; при этом мы очень остро осознаем количество необходимой для этой цели информации. Создается впечатление, что для машины требуется весьма большое количество информации; в действительности же это далеко не так.

Математик, решая задачу трехмерной геометрии, может справиться с ней легко и быстро; этим создается впечатление, что использованный объем информации мал. В действительности он очень велик; точной мерой его может быть объем программы, которую должна выполнить машина, чтобы решить ту же задачу. Дело в том, что человек располагает колоссальным запасом информации, имеющей характер предпрограммирования. Перед тем как взять в руки карандаш, решая геометрическую задачу, человек уже имеет опыт далекого детства, когда он познакомился с трехмерным пространством, двигая руками и ногами. Позднее, в школе, он изучал евклидову геометрию, затем занимался столярным делом и научился делать простые коробки и трехмерную мебель. Наконец, за плечами у человека пять миллиардов лет эволюции, сформировавшей его представление о трехмерном пространстве.

Поскольку выживали только те организмы, которые были лучше приспособлены к трехмерному пространству, природа снабдила человека мозгом, который специально приспособлялся к общению с трехмерными существами. Таким образом, когда математик решает задачу из трехмерной геометрии, он грубо недооценивает количество информации, действительно им использованное. Когда же он решает ту же задачу с помощью машины, он грубо переоценивает его.

Если в обоих случаях применить одинаковую меру, то и машина и живой мозг способны выполнить подходящий

отбор только в пределах, допускаемых количеством полученной и обработанной ими информации.

Вследствие того, что в любом человеческом существе имеется такое скрытое предпрограммирование, человек может очень легко и быстро получить нужный результат при условии, конечно, что проблема не выходит за пределы его специализации. Однако в этом нет ничего чудесного, поскольку тот же эффект можно получить от машины с большим объемом предпрограммы. Чаще всего примеры, с помощью которых пытаются доказать какие-то особые способности человека, свидетельствуют о том, что человек подготовлен к решению проблемы или специально или за счет наследственности.

Рассмотрим, например, обучение игре в шахматы. Первое, что нужно объяснить обучаемому десятилетнему ребенку, — это значение строк, колонок и диагоналей на шахматной доске. Поскольку ребенок уже знаком с некоторыми элементами планиметрии, ему достаточно просто показать шахматную доску, чтобы он понял.

Вычислительная машина сама по себе лишена каких-либо метрических представлений и поэтому нуждается в детальном описании методики шахматной доски. Зато машина так же способна играть в любой другой метрике, которая могла бы показаться безумной и просто недоступной для человека.

То, что человек хорошо решает «человеческие» проблемы, не более удивительно, чем то, что машина дискретного счета наиболее приспособлена к счету при основании два или аналоговая машина — к исследованию непрерывных процессов. Можно утверждать, что проявление специфической способности человека решать какой-то класс проблем объясняется наличием соответствующей предпрограммы. В противном случае мы должны допустить существование каких-то волшебных сил.

## Что такое гений?

Рассмотрим вкратце вопрос о так называемых «гениях». Существуют два грубых заблуждения, которые мешают понять этот вопрос.

Первое заключается в том, что мы приписываем какие-то особые способности ученому, решившему проблему, над которой безуспешно бились в течение ряда лет мно-

гие другие. Это мнение столь же неразумно, как и заключение, что человек, десять раз кряду правильно угадавший, какой стороной упадет монета, имеет особые способности в предсказании по сравнению с тысячей человек, гадавших вместе с ним и не получивших правильного результата.

Исаак Ньютон, например, отмечал, что когда он был совсем молод, то всегда представлял себе любые явления как бы непрерывно протекающими в чем-то еще другом. Такой метод мышления был для Ньютона естественным, близким ему по духу, и ученый применял его при рассмотрении любых вопросов. Разве удивительно, что именно он был человеком, который в момент, когда назревало открытие дифференциального исчисления, стал первым, открывшим его? Когда в начале этого века наука буквально требовала человека, могущего представлять все явления как происходящие малыми дискретными скачками, появился Планк. Если бы Ньютон имел несчастье родиться в 1900 г., то свойственный ему метод мышления помещал бы ему сформировать квантовую теорию.

Представим себе, что много ученых, не зная заранее правильного пути, пытаются различными способами решить одну и ту же задачу. Наконец, один из них добивается успеха. После этого появляемся мы и заявляем, что этот человек обладает исключительными способностями. Именно таким образом возникает представление о гении. Однако эта часть отбора не была сделана этим человеком; отбор был сделан нами, когда мы выбрали его за его успех. Это весьма распространенная ошибка в статистической логике, которая, вероятно, ответственна за большинство торжественных речей в честь «гениев».

Вторым заблуждением является представление, что гений способен решить проблему без затраты труда. В действительности большая часть его работы состоит в попытках решения, которые, конечно, не что иное, как мощное средство получения информации.

Многие из признанных гениев были людьми, которые днем и ночью обдумывали какой-либо вопрос и делали в различных комбинациях многочисленные попытки подойти к решению. Возьмем, например, Гаусса, который, по общему признанию, может быть великолепным примером гения. Приведем его собственные слова из письма к Ольберсу, в котором он рассказывает о том, как были достигнуты определенные результаты.

«Возможно, Вы помните мои жалобы относительно теоремы, которая не поддавалась никаким моим попыткам. Этот пробел портил мне все, что я до сих пор открыл, и в течение четырех лет редко проходила неделя, чтобы я не предпринял попытки решить эту проблему, однако все было тщетным... Несколько дней назад я наконец добился успеха». И несколько далее в том же письме Гаусс пишет: «Никто не имеет представления, когда читает эту теорему, как долго я находился в тупике».

Несомненно, что одной из причин, почему кто-либо становится гением, является то, что платит он за это тяжелым трудом. Он вынужден обрабатывать необходимое количество информации.

Если человеческий мозг способен решать задачи, к которым он предпрограммирован, то естественно, что он оказывается исключительно глуп при решении проблем, которые противоречат его предпрограмме. До сих пор эта область очень мало исследовалась. Мы редко гордимся своими ошибками, поэтому только недавно психологи, которые преувеличивали достоинства человека, начали заниматься его дефектами.

Нам известно, однако, что в ряде случаев возникают специфические для человека затруднения. Известно, с каким трудом любой из нас может разобраться в собственных любовных переживаниях, поскольку неизбежно создается путаница из-за смешения реального и символического. Не нужно удивляться тому, что мы способны разобраться с большой точностью и объективностью в половых отношениях корюшки и в то же время можем совершенно запутаться во взаимоотношениях современных юношей и девушек. Всем известно, как трудно делать рукой и ногой одновременные движения, которые не соответствуют выработанным человеком навыкам.

Доказательством того, что мы всюду пытаемся видеть взаимные связи только потому, что у нас есть соответствующая предпрограмма, могут быть психологические опыты Эмса. В одном из этих опытов испытуемый смотрел в отверстие коробки и видел внутри висящий в пространстве игрушечный стул. Затем испытуемый смотрел через боковое отверстие коробки и убеждался, что в действительности внутри нее в разных местах подвешены на проволочках отдельные части стула, и только при определенном направлении взгляда эти части можно было видеть

в перспективе как целый стул. Когда испытуемый полностью убеждался в том, что отдельные части стула находятся далеко друг от друга, ему предлагалось опять посмотреть в отверстие коробки. И он не мог заставить себя не видеть подвешенный целый стул.

## Не существует «истинного» разума

Существует ли «истинный» разум? Если под этим понимать способность выполнять подходящий отбор без обработки соответствующего количества информации, то такого «истинного» разума нет, это миф. Он возник так же, как возникает идея о «чистом» волшебстве у ребенка, который видит фокус. Сначала ребенок верит в волшебство. Позже, когда он узнает, каким образом были сделаны показанные ему трюки, он перестает верить в трансцендентное «чистое» волшебство. В его голове миф заменяется подлинным знанием существа фокуса.

## Выводы

Какие же следует сделать выводы из всего сказанного нами? В частности, для инженеров, занимающихся вычислительными машинами?

Нужно прекратить разговоры о двух сортах разума независимо от того, идет ли речь о живом мозге или о машине. Существует только один сорт разума. Он проявляет себя тем, что производит подходящий отбор. Разумная работа всегда предполагает сбор необходимого количества информации (или непосредственно после того, как задана проблема, или заранее, в виде предпрограммы) и достаточно эффективную ее обработку, обеспечивающую подходящий отбор. Живой мозг имел перед собой в процессе эволюции только одну задачу: как получить необходимую информацию и как обработать ее с достаточной эффективностью. Задачи, стоящие перед современным инженером, по существу точно такие же. Инженер должен перестать спрашивать: «Как я могу сделать разумную машину?» — поскольку он уже сейчас может это делать и делал это в течение последних 20 лет. Он должен перестать относиться со сверхблагоговением к так называемой гениальности, понимая, что гений — это просто предельный образец системы, разработкой которой он не-

прерывно занят. Несомненно, что он скоро разработает машины, отличающиеся от больших машин дискретного счета, однако и они по-своему будут разумны. Существенно различие не между машинами дискретного счета и непрерывного действия или между германием и протеином, а между реальным разумом, который обрабатывает нужное количество информации, и неким мифическим разумом, которым, как предполагали люди, они обладают.

Основной постулат дает возможность разобраться в массе различных процессов. Для этого нужно понять, что правило подходящего отбора приложимо не только к окончательной цели, но и ко всем вспомогательным целям, которые встают в процессе ее достижения, в том числе и к выбору оценочных критериев.

Таким образом, если, например, целью будет составление программы для игры в шахматы, то программист может выдвинуть вспомогательную цель: игра должна быть закончена в кратчайшее время. Теперь «кратчайшее время» становится самоцелью, и достижение ее требует подходящего отбора (среди различных вариантов игры, характеризующихся различным временем). Это требование можно выполнить, только обработав необходимое количество соответствующей информации. Если информация (об относительной скорости вариантов игры) не существует сегодня, то подходящий отбор сейчас не может быть сделан. Если цель (окончание игры в кратчайшее время) все-таки желательна, то для достижения ее нет иного средства, кроме сбора информации. Это значит, что программист может пойти только по одному пути: он должен составить какую-то программу и проверить, сколько времени требуется для ее выполнения, затем составить другую программу и опять проверить ее и т. д. В конце концов, делая ряд попыток и ошибок (что и представляет собой «эксперимент»), он получит информацию о том, какая программа приведет быстрее к поставленной цели.

Существует масса таких вторичных, часто трудных вопросов, возникающих при практической реализации подходящего отбора. Любая попытка достичь главной цели влечет за собой необходимость выполнить много второстепенных, или «оценочных», целей. Содержание основного постулата или закона необходимости разнообразия перекрывает их. Для примера рассмотрим случай, когда

нужно быстро произвести поиск (быстрота является оценочной целью) и для этого может потребоваться повторная дихотомизация (последовательное деление области поиска на две части, полученных частей опять на две и т. д.). Тогда вопрос «как провести дихотомизацию» становится объектом поиска. Но нахождение ответа на вопрос «как» является актом подходящего отбора, следовательно, этот случай также подчиняется постулату.

Можно упомянуть еще проблему, связанную с выбором местоположения корректирующей обратной связи: должна ли быть подведена обратная коррекция к этой или другой точке? Знать, к какой именно точке, — это значит выполнить подходящий отбор, и опять-таки отбор может быть выполнен только при наличии информации. Если ее нет, то решение может быть принято или случайно или на основе информации, накапливаемой в результате многократных попыток и ошибок.

Подведем общий итог. То, что часто с благоговением называют истинным разумом, есть миф. Человеческое существо спасает себя от полной глупости тем, что пользуется информацией, заключенной в предпрограмме. Эта информация включает в себя опыт многих миллионов лет эволюции и частный опыт жизни данного человека. Дайте человеку проблему, соответствующую его объему знаний, и он ее быстро разрешит. В этом состоит его истинный разум. Любая машина, предпрограммированная в таком же объеме, будет иметь столько же разума.

Однако разум человека и машины полностью ограничен. Разум машины ограничивается количеством информации, которую мы в нее внесли. Мы можем получить от машины столько разума, сколько мы хотим, но только при условии, что в нее заложено соответствующее количество информации.

Мысль о предельных ограничениях действует, конечно, отрезвляюще, однако следует вспомнить, что сложившаяся сейчас ситуация напоминает ту, которая была сто лет назад, в начале развития обычных машин. В то время было уже создано столько сложных машин, что многие инженеры считали возможным открытие вечного двигателя. Затем возникла мысль о том, что энергия не может быть создана из ничего, и можно думать, что многих инженеров того времени постигло серьезное разочарование.

Они рассматривали закон сохранения энергии просто как ограничение. Мы же знаем теперь, что те, кто принял это ограничение, оказались реалистами. В конце концов они построили лучшие машины, чем инженеры, пытавшиеся создать вечный двигатель. Современное положение с вычислительными машинами очень похоже. Если мы согласимся с тем, что подходящий отбор может быть выполнен только до уровня, определяемого полученной и обработанной информацией, и если мы примем, что это ограничение справедливо для всякого мозга, человеческого и машины, наша работа может быть хотя и менее увлекательной, но зато более полезной. Те, кто будет строить машины на основе этих представлений, перегонят тех, кто хочет строить их исходя из старого и суеверного взгляда, что человеческий мозг всемогущ.

## ОБ ОБУЧАЮЩИХСЯ И САМОВОСПРОИЗВОДЯЩИХСЯ МАШИНАХ

*Профессор*

НОРБЕРТ ВИНЕР

(США)

### «Образ» машины

Что такое «образ» машины? Возможно ли, чтобы наличие этого «образа», воплощенного в одной машине, позволило бы любой машине, не обладающей какими-либо специфическими функциями, воспроизвести такую же машину, которая была бы либо абсолютно похожа на исходную, либо слегка отличалась от нее, причем так, что это отличие можно было бы истолковать как результат изменчивости?

Может ли новая и несколько измененная машина сама функционировать в качестве прототипа даже в том случае, когда она сама отличается от своего собственного машинного прообраза?

Здесь автор поставил своей целью дать ответ на эти вопросы — и ответ положительный. Значение того, что я здесь выскажу, или, вернее, того, что я уже высказывал в более специальном аспекте своей книги «Кибернетика».

связано с тем, что математики обычно называют доказательством теоремы существования.

Здесь я намерен дать набросок идей. Я приведу лишь один метод, который позволяет машинам воспроизводить друг друга. Я вовсе не хочу сказать, что это единственно возможный метод воспроизведения; я не хочу также сказать, что этот метод машинного воспроизведения пригоден для биологического воспроизведения, так как это, безусловно, не так. Однако как бы ни отличалось механическое воспроизведение от биологического, это сходные процессы, завершающиеся одними и теми же результатами; вот почему анализ одного процесса может привести к выводам, имеющим значение для исследования другого процесса.

Для серьезного анализа проблемы создания одной машиной другой машины по своему образу и подобию мы должны остановиться подробнее на понятии «образ и подобие» и уточнить его.

Следует при этом помнить, что существуют образы и образы. Пигмалион создал статую Галатеи по образу и подобию своего идеала возлюбленной, но, после того как боги вдохнули жизнь в его статую, она стала образом его возлюбленной в значительно более реальном смысле. Она превратилась из «зримого» образа в функциональный образ.

Копировальный станок может воспроизвести по модели ружейного ложа образец, который в свою очередь может быть использован для создания ружейного ложа, и это просто сделать потому, что назначение самого ружейного ложа очень простое. С другой стороны, электрическая схема может выполнять сравнительно сложную функцию, а ее изображение, воссозданное печатной машиной, использующей типографскую металлическую краску, может функционировать так же, как изображаемая ею схема.

Такие печатные схемы сейчас нашли очень широкое распространение в различных областях современной электротехники.

Таким образом, помимо изображений, передающих внешний образ объекта, мы можем иметь и его функциональный образ. Эти функциональные образы — копии, выполняющие функции своего оригинала, могут иметь, а могут и не иметь внешнего сходства с ним. Независимо от того, будут они или не будут иметь сходство, они могут заменить оригинал в его действии, и в этом заключается

гораздо более глубокое подобие копии с оригиналом. Здесь мы рассмотрели возможность воспроизведения машин с точки зрения их функционального подобия.

Но что такое машина? С некоторой точки зрения машину можно рассматривать как первичный двигатель, т. е. как источник энергии. В данном случае мы будем опираться на другую точку зрения. Для нас машина — это устройство для преобразования входных сообщений в выходные.

С этой точки зрения сообщение — это последовательный ряд величин, представленных в виде соответствующих сигналов. Такие величины могут быть и электрическим током, и напряжением, но они не исчерпываются лишь этими двумя физическими величинами. Кроме того, составные сигналы могут быть либо непрерывными, либо дискретными. Машина преобразует определенное число таких входных сообщений в определенное число выходных сообщений. При этом каждое выходное сообщение в любой момент времени зависит от входных сообщений, полученных до этого момента. На своем техническом жаргоне инженер высказал бы эту мысль так: «Машина — это преобразователь с множеством входов и выходов».

Однако большая часть рассматриваемых ниже вопросов в большей или меньшей степени отличается от тех проблем, которые возникают при рассмотрении преобразователей с одним входом и одним выходом. Это может натолкнуть инженера на мысль, что дальше пойдет речь о хорошо ему известной классической задаче определения импеданса или адмитанса электрической цепи или же об определении отношения напряжений.

Однако это не совсем точно. Импеданс и адмитанс и отношение напряжений — понятия, которые могут быть использованы с любой степенью точности лишь в случае линейных цепей, т. е. цепей, для которых сумма входных сигналов за определенное время соответствует сумме соответствующих выходных сигналов.

Это условие выполняется в цепях, составленных из чисто активных сопротивлений, емкостей, чисто индуктивных сопротивлений, и в цепях, подчиняющихся законам Кирхгофа и состоящих исключительно из комбинаций этих элементов. Для этих цепей входной сигнал, с помощью которого можно испытать данную электрическую цепь, — это напряжение, описываемое тригонометриче-

ской функцией, частоту которого можно изменять, а амплитуда и фаза его точно известны. Тогда выходной сигнал будет представлять собой серию колебаний той же частоты, при этом, сравнивая амплитуду и фазу выходного сигнала с входным, можно получить полную характеристику цепи или преобразователя.

Если цепь нелинейна и содержит, например, выпрямители или ограничители напряжения и другие подобные приборы, то входной сигнал, описываемый тригонометрической функцией, уже не будет наиболее подходящим испытательным сигналом. В этом случае «тригонометрический» входной сигнал не будет давать «тригонометрического» выходного сигнала. Более того, строго говоря, линейных цепей вообще не существует, а существуют только цепи с лучшим или худшим приближением к линейности.

Испытательный входной сигнал, который мы выбрали для нелинейных цепей (кстати, им можно пользоваться и для линейных цепей), имеет статистический характер. Теоретически, в отличие от тригонометрического входного сигнала, частоту которого нужно изменять во всем диапазоне частот, это единый статистический ансамбль входных сигналов, которые могут быть использованы для всех преобразователей. Такой сигнал известен под названием «дробовый шум».

Выходной сигнал преобразователя, получающийся при заданном входном сообщении, — это сообщение, которое зависит одновременно от входного сообщения и от свойств самого преобразователя.

При самых обычных условиях преобразователь задает способ преобразования сообщения и мы рассматриваем выходное сообщение как преобразованное входное сообщение. Однако существует ряд обстоятельств (и они в основном возникают, если входное сообщение несет минимум информации), когда мы можем рассматривать информацию, содержащуюся в выходном сообщении, как исходящую главным образом от самого преобразователя. Нельзя представить себе входное сообщение, которое несет меньше информации, чем хаотический поток электронов, создающих дробовый шум; поэтому входной сигнал преобразователя, возбуждаемого дробовым шумом, можно рассматривать как сообщение, отображающее действие самого преобразователя.

В самом деле, выходной сигнал характеризует действие самого преобразователя при любом возможном входном сообщении. Это происходит благодаря тому, что в конечном интервале времени существует конечная (хотя и малая) вероятность того, что дробовый шум на входе создаст на выходе любое возможное сообщение с любой заданной степенью точности. По этой причине статистика сообщения, получаемого на выходе преобразователя при заданном нормированном статистическом входном сигнале, формирует «функциональный образ» преобразователя, и вполне понятно, что он может быть использован для воссоздания эквивалентного преобразователя в другом физическом исполнении. Следовательно, если мы знаем, как преобразователь будет реагировать на входной шумовой сигнал, то мы знаем в силу самого факта, как он будет реагировать на любой входной сигнал.

То, что преобразователь — это машина, выступающая, с одной стороны, как прибор, а с другой — как сообщение, наводит на мысль о столь дорогой физике дуальности, примером которой служит двойственная природа волн и частиц. Этот дуализм напоминает нам о том, что суть биологической смены поколений можно метко выразить известным афоризмом (не помню, кому он принадлежит — Бернарду Шоу или Самуэлю Батлэру): «курица — это лишь средство, используемое яйцом, чтобы снести другое яйцо».

Итак, машина может создавать сообщение, а сообщение может создавать другую машину. Ранее эта мысль была уже использована мною; в частности, я говорил, что в принципе возможно переслать человеческое существо по телеграфу. Позвольте мне тут же заметить, что трудности, возникающие при этом, намного превышают мои способности их преодолеть. В настоящее время, а возможно и в течение всего существования человеческого рода, такая идея может оказаться практически неосуществимой, но это не значит, что ее нельзя постичь.

Даже совершенно не касаясь грудной практики использования идеи в случае с человеком, она безусловно осуществима в случае с созданными человеком машин меньшей степени сложности. Именно это я и предлагаю в качестве метода самовоспроизведения нелинейных преобразователей. Сообщения, в которых может быть воплощена функция заданного преобразователя, будут также охва-

тивать все те многие воплощения преобразователя с тем же функциональным образом. Среди всех этих воплощений есть по меньшей мере одно с определенным типом физической структуры, и именно это воплощение я предлагаю воссоздать по сообщению, несущему функциональный образ машины.

При описании какого-то конкретного воплощения, которое будет мною выбрано для функционального образа машины, подлежащей воспроизведению, я даю также формальный признак этого образца. Для того чтобы это описание было чем-то большим, чем плод расплывчатой фантазии, оно должно быть облечено в математические термины, а математический язык — это язык, малодоступный широкому кругу читателей, для которых эта книга предназначается. Я уже выразил эти идеи математическим языком в книге «Кибернетика» в главе IX, выполнив тем самым свой долг перед специалистами. Однако, если бы я оставил рассмотрение данного предмета на той стадии, я бы не выполнил своего долга перед читателем, для которого предназначена эта книга.

Вот почему я постараюсь далее ограничиться тем, что перескажу смысл математических выкладок, выражающих суть данного предмета.

Если мы используем один и тот же аппарат и для анализа машин, и для их синтеза, приводимого в соответствии с результатами анализа, то мы воспроизведем функциональный образ этой машины.

На первый взгляд может показаться, что это потребует вмешательства человека. Однако легко (во всяком случае намного легче, чем провести анализ и синтез) добиться того, чтобы результаты анализа представлялись не в виде отчетов по шкалам приборов, а как установки ряда потенциометров.

Итак, насколько нам позволяют число доступных элементов и точность современной техники, мы заставим черный ящик неизвестной нам структуры перевести функциональные свойства (образ действия) на комплексный белый ящик, первоначально приспособленный к восприятию любого функционального образа. Это в сущности очень похоже на то, что происходит в основополагающем акте воспроизведения живой материи. Здесь тоже субстрат, способный принять множество форм (в данном случае молекулярных структур), заставляет принять ка-

кую-то определенную форму благодаря наличию структуры, которая уже обладает данной формой.

Когда я представил результаты своего анализа само-размножающихся систем на суд философам и биохимикам, то они были встречены следующим заявлением: «Но ведь эти два процесса совершенно различны. Любая аналогия между живым и неживым, несомненно, совершенно поверхностна. В настоящее время процесс биологического размножения раскрыт до мельчайших деталей, и он ничего не имеет общего с процессом, который вы приписываете размножению машин».

С одной стороны, машины сделаны из стали и латуни, тонкая химическая структура которых не имеет ничего общего с их функциями как частей машин. Живая же материя остается живой вплоть до мельчайших частей, которые характеризуют ее как один и тот же тип материи, а именно — до молекулы. Кроме того, размножение живой материи происходит хорошо известным путем, в котором цепочка нуклеиновых кислот как матрица определяет расположение аминокислот в синтезируемых молекулах, и эта цепочка двойная, состоящая из пары дополнительных спиралей. Когда они отделяются, то каждая из них вбирает в себя молекулярные остатки, необходимые для восстановления двойной спирали исходной цепочки.

Ясно, что в деталях процесс воспроизведения живого вещества отличается от процесса воспроизведения машин, который я здесь набросал. Габор в одной из работ указал на пути воспроизведения машин, определяемых менее жесткими законами, чем тот, который я привел. Они, пожалуй, в большей степени будут схожи с явлением размножения живых существ. Живая материя, безусловно, имеет тонкую структуру, более присущую ее функциям и процессу размножения, чем части неживой машины, хотя это и может не относиться в равной мере к тем новейшим устройствам, которые функционируют на принципах физики твердого тела.

Однако даже живые системы не являются живыми (по всей вероятности) ниже молекулярного уровня. Кроме того, при всех отличиях между живыми системами и обычными механическими системами неверно было бы отказываться от мысли, что системы одного типа могут в какой-то мере помочь нам раскрыть сущность организации систем другого типа.

Такой случай вполне возможен, когда пространственная и функциональная структуры, с одной стороны, и сообщения во времени — с другой, взаимнообратимы. Шаблонное рассмотрение процесса воспроизведения еще не раскрывает нам полностью всей картины этого сложного процесса. Должен, по-видимому, существовать какой-то обмен информацией между молекулами генов и молекулярными остатками, который нужно искать в питательной жидкости, причем эта связь должна быть динамической. Было бы вполне в духе современной физики предположить, что предшествующим звеном в такой связи должны быть какие-то поля излучения. Неверно было бы категорически утверждать, что между процессом воспроизведения у машин и у живых существ нет ничего общего.

Осторожным и консервативным умам высказывания подобного рода часто кажутся менее рискованными, чем поспешные высказывания об аналогии живого и неживого. Однако, если опасно утверждать без достаточных доказательств, что существует аналогия, в равной мере опасно отвергать аналогию, не доказав ее нелогичность. Интеллектуальная честность — это не то же, что отказ от принятия интеллектуального риска, а отказ даже рассмотреть новую концепцию, вызывающую эмоциональное возбуждение, не имеет особого оправдания с этической точки зрения.

Мысль о том, что бог якобы создал человека и животных, что живые существа воспроизводятся по своему подобию и что существует возможность воспроизведения машин, — все это явления одного порядка, вызывающие такое же эмоциональное возбуждение, какое в свое время вызвала теория Дарвина об эволюции и происхождении человека. Если сравнение человека с обезьяной наносило удар по нашему самолюбию и мы теперь уже преодолели этот предрассудок, еще большим оскорблением ныне считают сравнение человека с машиной. Каждая новая мысль в свой век вызывает некоторую долю того осуждения, которое вызывал в средние века грех колдовства.

Я уже упоминал о возможности наследования свойств в процессе их самовоспроизведения и о дарвинистской теории эволюции на основе закона естественного отбора. В «машинной генетике», рассматриваемой в качестве одного из типов эволюции через естественный отбор, мы должны учитывать и изменчивость и наследование из-

менчивости. Предполагаемый нами вид генетики машин охватывает оба фактора. Изменчивость возникает из-за неточности осуществления процесса копирования, в то время как скопированная машина сама может служить прототипом для дальнейшего копирования. В действительности, в то время как в исходном одноступенчатом процессе копирования копия оказывается похожей на оригинал не по внешнему виду, а по функциональному образу, на последующей стадии копирования пространственная структура сохраняется, и последующая копия содержит уже и внешние и функциональные признаки оригинала.

Очевидно, что в процессе копирования в качестве нового оригинала может быть использована предыдущая копия. Иными словами, изменения наследуемых свойств сохраняются, хотя они и подвергаются дальнейшим изменениям.

### Обучение машины

Здесь мы будем, в частности, говорить об обучении машин играм, которые улучшают стратегию и тактику своего поведения на основе приобретаемого опыта.

Существует общепризнанная теория игр, созданная фон Нейманом.

В играх, подобных игре «Тик-так», вся стратегия известна, и поэтому можно разрабатывать тактику игры с начала до конца. Теория позволяет вести игру наилучшим образом. Однако во многих играх, вроде шахмат и шашек, наших знаний недостаточно для того, чтобы разработать полную стратегию, и мы можем это сделать только приблизительно. Приблизительный вариант теории фон Неймана стимулирует игрока действовать с максимальной осторожностью, предполагая, что его противник первоклассный мастер.

Однако это предположение не всегда оправданно. На войне, которая также представляет собой разновидность игры, это может привести к нерешительным действиям, которые часто не лучше, чем поражение. Всякое прямое использование теории игр фон Неймана в этих случаях может оказаться фатальным.

Книги по теории шахматной игры написаны не с позиций фон Неймана. Они представляют собой сборники правил, почерпнутых из практического опыта игры в шах-

маты против игроков высокой квалификации и глубоких знаний. Они устанавливают некоторую стоимость, или вес, который нужно приписать потере фигуры, мобильности, развитию фигур и другим факторам, изменяющимся от этапа к этапу.

Нетрудно сделать машину, которая как-то будет играть в шахматы.

Представьте себя играющим в шахматы с такой машиной. Для того чтобы ситуация была справедливой, предположим, что вы играете в шахматы по переписке, не зная, что игра ведется против машины и что у вас в связи с этим не будет возникать никаких предрассудков. Естественно, как это всегда бывает при игре в шахматы, вы придете к некоторому заключению о личных качествах вашего противника. Вы обнаружите, что, когда на шахматной доске дважды возникает одно и то же положение, реакция вашего противника будет одной и той же. Вы придете к заключению, что ваш противник — личность весьма консервативных правил. Если вам удался какой-либо трюк, он будет всегда удаваться при той же ситуации. Поэтому для опытного игрока будет нетрудно разгадать стратегию машины и побеждать ее в каждой партии.

Однако существуют машины, которые нельзя победить таким простым образом. Предположим, что после нескольких партий машина делает перерыв и использует свои возможности совсем для другой цели. В то время когда она не играет со своим противником, она изучает все предыдущие партии, записанные в ее памяти, производит оценку фигур в зависимости от их положения, мобильности и т. д., анализирует наиболее выигрышные ситуации. Таким путем она изучает не только свои собственные ошибки, но и удачу своего противника. Теперь она заменяет свои предыдущие ходы новыми и продолжает игру, как новая, улучшенная машина. Такая машина больше не будет проявлять прежнего упорства, и комбинации, которые раньше против нее удавались, потеряют свою ценность. Более того, со временем машина может изучить манеру игры своего противника.

Многие формы борьбы, которые мы обычно не рассматриваем как игру, тем не менее можно изучать с точки зрения теории игр. Один из интересных примеров — это борьба между мангустой и коброй. Как пишет Киплинг в рассказе «Рикки-тикки-тави», укусы змеи для мангусты

смертелен, несмотря на то что ее тело покрыто жесткой шерстью, которую кобра прокусывает с трудом. Киплинг называет эту борьбу своего рода пляской смерти, в которой проявляется мускульная сила и сообразительность. Нет никаких оснований предполагать, что индивидуальные движения мангусты более быстрые и точные, чем движения у кобры. Тем не менее в подавляющем большинстве случаев мангуста побеждает кобру. Как она этого добивается?

Я рассказываю об этом на основании того, что я видел сам и что можно видеть в кино. Я не гарантирую безукоризненность своей интерпретации. Мангуста начинает с ложного выпада, который заставляет змею подняться. Мангуста отскакивает и делает второй такой же выпад, так что получается серия ритмических движений, выполняемых обоими животными. Однако этот танец не монотонен, он постепенно развивается; по мере того как идет борьба, выпады мангусты все больше и больше опережают выпады кобры, и так продолжается до тех пор, пока, наконец, мангуста не совершает смертельное нападение в тот момент, когда кобра вытянута настолько, что больше не может достаточно быстро реагировать на выпады. В это мгновение атака мангусты уже не ложная, она смертельно точна и зубы прокусывают череп змеи.

Во время боя мангуста действует как обучающаяся машина, и успех ее атаки определяется более высокоорганизованной нервной системой.

Бой быков представляет собой второй пример такого же типа. Необходимо помнить, что бой быков — это не спорт, а такая же пляска смерти, сущность которой состоит в координированной взаимосвязи между поведением быка и человека.

Все, что я сказал относительно борьбы мангусты и кобры, тореадора и быка, относится также к любым физическим соревнованиям человека с человеком. Дуэль на шпагах представляет собой последовательность ложных выпадов, парре, ударов, при которых каждая сторона пытается вывести шпагу противника в такое положение, чтобы достичь успеха при помощи своей шпаги. То же самое происходит при игре в теннис. Нужно не только уметь возвратит мяч на сторону противника; стратегия заключается в том, чтобы путем ряда посылок вынудить противника занять на поле такое положение, при котором

он будет не в состоянии сделать то же самое. Все эти физические соревнования и игры, в которые могут играть машины, имеют тот общий элемент, что для их успешного поведения необходимо длительное изучение опыта своего противника, а также своего собственного опыта. То, что справедливо для физических соревнований, относится и к тем играм, в которых элементы интеллекта проявляются в большей степени, например в военных играх, в которых штабные офицеры приобретают навыки военного искусства. Некоторая степень механизации, подобной той, которую используют для игры в шашки путем обучения машины, возможна и здесь.

Нет ничего более опасного, чем планировать третью мировую войну. Интересно рассмотреть, может ли какая-то часть этой опасности возникнуть из-за бесконтрольного использования обучающихся машин. Снова и снова мне приходится слышать утверждение, что обучающаяся машина не может подвергнуть нас никакой опасности, потому что в решительный момент, когда мы это почувствуем, мы ее просто выключим. Можем ли мы это сделать? Для того чтобы своевременно выключить машину, мы должны обладать информацией, что опасный момент действительно наступил.

Уже тот факт, что машину изготовили люди, доказывает: нет никакой гарантии, что у нас будет достаточно информации для того, чтобы это сделать. Теперь уже известно, что играющая в шашки машина может обыграть человека, который ее изготовил, после сравнительно короткого промежутка времени. Более того, сама скорость работы современных вычислительных машин препятствует тому, чтобы мы были в состоянии своевременно почувствовать и осознать признаки надвигающейся опасности.

Идея устройства, обладающего большим могуществом и выдающимися способностями осуществлять какую-либо стратегию, а также опасность таких устройств не новы. Новым является то, что мы фактически уже обладаем этими устройствами. В прошлом подобные возможности преподносились в форме чародейства, и это стало темой для многих легенд и народных сказок. В этих легендах тщательно исследована моральная сторона колдовства. Я уже обсуждал некоторые этические аспекты чародейства в одной из своих ранних книг («Человеческое использование человеческого ума»). Здесь я повторю часть

материала, чтобы более точно вскрыть содержание понятия «обучающаяся машина».

Одно из наиболее известных сказочных произведений Гете называется «Ученик чародея». В этой сказке колдун оставляет своего ученика на кухне и приказывает ему натаскать бочку воды. Мальчишка ленив, но довольно изобретателен: он заставляет метлу выполнить эту работу, произнося над ней магические заклинания, подслушанные у своего хозяина. Метла покорно выполняет эту работу, но остановить ее он не может. Мальчик почти тонет, он обнаруживает, что не выучил или забыл другое заклинание, которое остановило бы метлу. В отчаянии он хватается за метлу, ломает ее пополам, но к своему ужасу обнаруживает, что из каждой половинки продолжает течь вода. К счастью, он не погиб, потому что появился его хозяин, произнес магические слова, остановил метлу и хорошенько наказал своего ученика.

Более страшным является рассказ английского писателя начала XX столетия У. Джакобса об обезьяньей лапе. Ушедший на пенсию английский рабочий сидит за столом вместе со своей женой и приятелем, английским сержантом, вернувшимся из Индии. Сержант показывает хозяевам амулет в виде высохшей сморщенной обезьяньей лапы. Этот амулет, подаренный ему индийским священником, обладает силой выполнить любые три желания любых трех людей. Сержант говорит, что он ничего не знает о первых двух желаниях прежнего владельца, но что третье его желание было — смерть. Он рассказывает своим друзьям, что является вторым владельцем амулета, но он не хочет говорить об ужасах, которые он из-за него пережил. Он бросает обезьянью лапу в камин, однако его друг выхватывает ее и заявляет, что хочет испытать могущество амулета. Первым его желанием было получить 200 фунтов стерлингов. Вскоре после этого раздается стук в дверь и появляется представитель компании, в которой работал сын хозяина. Отец узнает, что его сын погиб на заводе и что компания, не считая себя виновной в его гибели и без каких бы то ни было юридических обязательств, решила выплатить отцу погибшего 200 фунтов стерлингов. Убитый горем отец приносит свое второе желание, чтобы его сын вернулся. Снова слышится стук в дверь, и она открывается. Появляется нечто, о чем мы узнаем из очень скупых слов, — появляется призрак

сына. Последним желанием отца было, чтобы призрак исчез.

Общим для всех этих историй является то, что магические действия выполняются буквально. И если мы ждем от магии какого-либо благодеяния, мы должны просить именно то, что мы хотим, а не то, что мы думаем, что мы хотим.

Новым, реальным качеством обучающихся машин является то, что они выполняют наши требования буквально. Если мы программируем машине выиграть войну, мы должны хорошенько подумать над тем, что мы понимаем под выигрышем войны.

Обучающаяся машина программируется на основе опыта. Опыт атомной войны, которая не приведет к катастрофе, можно почерпнуть только из военных игр. Если мы будем использовать этот опыт для разработки машинной стратегии на случай реальной опасности, смысл победы, которую мы имели в виду, программируя военную игру, должен быть точно тот же, который мы чувствуем сердцем в действительной войне. Нельзя думать, что машина будет, подобно нам, способной к различного рода предрассудкам и эмоциональным компромиссам, позволяющим нам называть гибель победой. Если мы просим от машины победу, не зная, что мы под этим подразумеваем, мы можем обнаружить, что в дверь постучится призрак.

## **МАШИНА НЕ МОЖЕТ ЖИТЬ, ПЛЕСЕНЬ НЕ СПОСОБНА МЫСЛИТЬ!**

### **ЕЩЕ РАЗ О ЧУВСТВЕ МЕРЫ**

*Академик Чехословацкой Академии наук*

**Э. КОЛЬМАН**

Верно ли, что человек — это машина, самая совершенная из известных нам пока кибернетических машин, что нет разницы между кибернетической машиной достаточно высокой организации и человеком, между «искусственным» и «естественным» способом ее создания?

Верно ли, что машины могут обладать психикой, что они могут испытывать эмоции, радоваться, грустить, быть недовольными чем-нибудь, чего-нибудь хотеть?

Свыше 200 лет назад выдающийся французский философ-материалист врач Жюльен Офре Ламеттри издал сочинение «Человек-машина». В нем он доказывал, что законы живой и неживой материи едины. Живое отличается от неживого лишь количественно, значительно большей сложностью. В то время эти материалистические метафизические взгляды были весьма прогрессивными и их автор подвергся гонениям церкви.

Ламеттри правильно подметил, что психологические и физиологические явления не происходят без явлений физических и просто механических. Но из этого он ошибочно заключил, что первые сводятся ко вторым, что человек является машиной, что между человеком и маши-

ной имеются лишь количественные различия. Он не заметил, что низшие формы движения сохраняются в высших не как самостоятельные, а только как подчиненные, побочные, что при переходе от низших форм к высшим происходят не только количественные, но и качественные изменения, появляется нечто принципиально новое и что поэтому объяснение высших форм не может быть исчерпано изучением форм низших.

Прошло сто лет. Естественные науки сильно развились. Марксом и Энгельсом была создана научная философия — материализм *диалектический*. Он усматривает не только материальное единство живого и неживого, но и их качественное различие. Хотя живое подчиняется тем же математическим, физическим и химическим законам, что и неживое, но оно подчиняется не только им. Оно имеет свои собственные специфические биологические закономерности. При переходе от неживого к живому происходит скачок. В этом смысле между живым и неживым имеется принципиальная разница.

Конечно, с того времени, как Маркс и Энгельс создали свое учение, также прошло более ста лет. Развитие естественных наук было исключительно бурным. Поэтому закономерно возникает вопрос — а не следует ли пересмотреть эти их взгляды как раз в связи с возникновением кибернетики? Ведь сам марксизм требует, чтобы его отдельные положения пересматривались, если к этому вынуждают новые открытия науки.

Однако для такого пересмотра в данном случае нет никакого основания. Как раз наоборот. Кибернетика только вновь подтверждает одно из основных положений марксизма — его учение о качестве и количестве.

Кибернетика — это математическая наука. Она изучает любые самоуправляющиеся системы независимо от того, являются ли они частью техники или они организмы, или общественные системы, но изучает их с одной только стороны — со стороны количественной (в широком смысле этого слова, т. е. не только в смысле числа, величины, но также порядка и структуры).

В этом как раз сила кибернетики. Обнаружение общности количественных закономерностей управления дало возможность, например, моделировать мыслительные операции при помощи вычислительных устройств и, наоборот, использовать опыт работы с вычислительными устрой-

ствами для изучения центральной нервной системы человека.

Но единство — это не тождественность. В том, что создает силу кибернетики, заключается также и ее слабость или по меньшей мере великий соблазн, соблазн не видеть из-за сходства между человеком и машиной их различия.

Те, кто утверждает, что человек — машина и что кибернетические устройства мыслят, чувствуют, имеют волю и т. п., упускают из виду прежде всего одну «мелочь» — исторический подход. Машины — это продукт общественно-трудовой деятельности человека, между тем как человек является продуктом естественной эволюции. Тут и материальная основа другая — в первом случае клетки органического вещества, в другом — электронные трубки, транзисторы и т. д., — и масштабы времени несоизмеримы. По этой же причине и незаконно стирать разницу между «естественным» и «искусственным».

Правда, для того чтобы защитить тезисы «человек — машина» и «машина мыслит», можно использовать еще и другие аргументы.

Говорят, что не надо насильственно ограничивать понимание терминов. Например, если определить «машину» как нечто, каждый раз искусственно создаваемое человеком, то ясно, что машина не может воспроизводить себе подобных, а тем более существенно более совершенных, чем исходные.

Что верно, то верно. Такие нарочито узкие определения могут давать лишь узколобые противники кибернетики. Их выдвигают и те, кто, являясь сторонниками витализма, учения, пытающегося объяснить явления жизни с помощью каких-то особых надуманных «сил» или «принципов», проводит непроходимую грань между неживой и живой материей. Однако вместе с тем надо сказать, что и машины, способные к самовоспроизведению и самоусовершенствованию, имеют эти замечательные свойства исключительно только потому, что в конечном счете их придал им замысел конструктора.

Любые, даже самые сложные «машины» выполняют лишь *вспомогательные* операции в соответствии с *целями*, поставленными человеком». Этими словами закончил свою статью «Кибернетика» в Большой Советской Энциклопедии (т. 51, 1958) А. Н. Колмогоров, и они остаются по-

прежнему верными. Никаких факторов, доказывающих противное, не существует. Не существует машин, которые могут сами ставить перед собой задачи, не поставленные перед ними их конструкторами, ибо машины, например, сами вырабатывающие для себя программу своей работы или даже создающие научные гипотезы, делают это лишь потому, что это самопрограммирование или создание гипотез им было запрограммировано.

Но разве все дело только в определениях? Разве не зависит все от того, что мы условимся называть машиной? Почему бы не расширить определение машины настолько, чтобы оно охватило и человека?

Но этот довод никуда не годится. Расширять определения нельзя произвольно, они должны отвечать действительности. При помощи произвольно расширенных определений можно при некоторой логической сноровке доказать что угодно. Например, что нет разницы между собаками и стульями, потому что те и другие — «четвероногие», или что нет разницы между пролетариями и капиталистами, потому что те и другие — «производители» (producers). Это особенно ловко проделывают некоторые современные англо-американские социологи, чтобы этим раз и навсегда «устранить» классовую борьбу. Аналогично можно понятие «машин» распространить на всю Вселенную, объявить ее «часами», и тогда законно поставить вопрос о «часовщике», о ее создателе. Значит, пересмотр определения машины не ведет к доказательству того, что человек — это машина и что машина мыслит.

Допустим. Но разве не следует пересмотреть понятие «жизнь»? Считать, что жизнь — это способ существования белковых тел, как ее определял Энгельс, ныне слишком узко. Возможно, что в результате развития космонавтики мы познакомимся с другими формами жизни, основанной не на высокомолекулярных соединениях углерода. Почему бы тогда не определить «жизнь» так, чтобы она охватывала и работу кибернетических устройств?

Хотя в этом аргументе есть доля истины, его все же нельзя считать состоятельным. По-видимому, верно то, что жизнь не следует определять исходя из химической структуры, а что надо при ее определении опираться на функции жизни: ассимиляцию и диссимиляцию, рост, самовоспроизведение и прежде всего самоуправление обменом веществ и энергией со средой. Вполне возможно, что

в будущем, и даже не столь далеко, создадут кибернетические устройства, моделирующие такие функции. Но это не будет означать, что они станут живыми.

Дальнейший аргумент в пользу «живых машин» таков. Если они не созданы сегодня, то они будут созданы завтра. Вместо электронных ламп, транзисторов, ферритов, печатных схем, криотронов и других средств современной электроники в них используют белковые вещества, живые клетки, в лабораториях создадут живой мозг.

Допустим. Но разве не ясно, что эти кибернетические устройства начнут функционировать на живой основе, а следовательно, станут принципиально отличаться от современных вычислительных машин? А ведь как раз последним некоторые приписывают способность жить и мыслить.

Однако при нынешнем состоянии науки кибернетические устройства, построенные полностью или частично с использованием живых элементов, относятся пока к области мечтаний. Разумеется, мечтать красиво. И очень хотелось бы, чтобы некоторые мечты осуществились немедленно. Но прежде всего нужно проделать очень большую, трудную работу, чтобы создать условия, которые позволят приступить к осуществлению этих мечтаний. Ведь даже «обыкновенные» кибернетические устройства не нашли до сих пор того распространения и внедрения, которые должны были бы найти. Ведь многие проблемы в области кибернетической техники, решенные принципиально, технически еще не осуществлены. А что же говорить о биохимических, физиологических, психологических основах тех будущих кибернетических устройств, о которых можно только грезить!

Вполне закономерно, что сочинители фантастических романов уходят далеко вперед: Беляев, оживлявший умерший мозг, Лем, соединивший живой мозг с кибернетическим устройством, или астроном Хойл, описавший возможность прямого воздействия на человеческий мозг совершенных живых существ «Черного облака», вторгшегося в нашу планетную систему. Однако ученые обязаны совмещать в себе смелость фантастики с трезвостью ума. Нельзявтискивать научные исследования в узкие рамки прагматизма. Но вместе с тем наука должна направлять максимум своих усилий на решение наиболее жизненных проблем сегодняшнего дня.

Эти замечания вовсе не ограничивают возможности кибернетики. Те, кто предлагает ограничить кибернетику областью одних лишь технических автоматов, являются ее противниками, но сегодня не могут уже обзывать ее «лженаукой», «сплошной мистификацией». Таких немало, и против них надо бороться. Некоторые, выступающие против применения кибернетики в биологии, в психологии, а в особенности в социальных науках, заявляют, что они якобы защищают эти науки от механицизма, от «сведения» высших форм движения к низшим. Но если кибернетические методы применяются в биологии, в психологии или в общественных науках под контролем специфических методов данной науки, то никакого «сведения» здесь нет. Но нельзя забывать, что и обратное увлечение не менее опасно. Тот, кто подменяет биологические, психологические и тому подобные методы кибернетическими, кто отождествляет живое с неживым, одушевленное с неодушевленным, общество с природой, тот вольно или невольно способствует гилозоизму, панпсихизму, социалдарвинизму, которые, так же как и витализм, ведут в конце концов к боженке, к реакционным взглядам на мир.

Но верно ли в таком случае, что методами кибернетики можно анализировать жизнь во всей ее полноте, включая и человеческое сознание со всей его сложностью? Да, с этим мы полностью согласны. Более того, без малейших колебаний добавляем, что кибернетические методы можно и нужно применять также для анализа общественных явлений. Мы решительно высказываемся против консервативно мыслящих биологов, психологов и врачей (равно как и экономистов и философов), которые как черт лада на страшатся кибернетики. Но мы столь же решительно возражаем против мысли, будто методы кибернетики могут заменить собой методы биологии, медицины, психологии, политэкономии и т. п.

Но верно ли, далее, что, идя по пути кибернетического подхода к анализу жизненных явлений, можно создать подлинную, настоящую жизнь, которая будет самостоятельно продолжаться и развиваться? С этим можно и нужно согласиться, но лишь в том смысле, что этот подход будет чрезвычайно содействовать биохимии добиться своими специфическими методами искусственного синтеза белковых тел, живой материи. Однако если кто-нибудь полагает, что такими искусственными живыми существами,

способными к размножению и прогрессивной эволюции, в высших формах обладающими эмоцией, волей и мышлением, окажутся построенные из неживого вещества автоматы, то он крайне заблуждается. Какого бы высокого порядка они ни были, они будут лишь частью техники, той искусственной среды, которую общество ставит между собой и природой, чтобы подчинять своим целям естественные стихии. Автоматы будут всегда лишь производными от человека, будут выполнять лишь физические действия. И только человек, какой бы «свободный пробег» он им ни придал, всегда будет стоять у их колыбели, только он будет осмысленно, в понятиях, истолковывать их действия, которые без этого истолкования останутся лишь физическими действиями.

Тем не менее некоторые убеждены, что можно создать автоматы, не только воспроизводящие все свойства человека, автоматы, неотличимые от него, но и такие, которые будут обладать свойствами неведомых нам высокоорганизованных живых существ, обитающих в других мирах и вовсе непохожих на нас. Это будто бы облегчит нам задачу разгадать психику этих небожителей, если в будущем благодаря космонавтике мы столкнемся с ними.

Все это звучит крайне увлекательно, не правда ли? Но научная истина выше всего. Фантазия хороша, но беспочвенная фантастика к добру не ведет.

Прежде всего неверно, что кибернетические автоматы могут воспроизводить все свойства человека, всю его психику, могут стать неотличимыми от живых людей или даже животных. Этим устройствам нельзя поручить ничего больше — а это вовсе не мало! — чем воспроизводить помимо условных рефлексов операции мыслительной деятельности, причем, как уже сказано, это вовсе не значит, будто они мыслят. Огромная область мозговых функций, которую не удается формально описать, не может быть передана машинам.

Разумеется, можно сделать допущение, что это ограничение лишь временное, что в будущем удастся формально описать ощущения, восприятия, эмоции, волю, темперамент и характер человека, и тогда не будет больше принципиальных препятствий к тому, чтобы кибернетические устройства воспроизводили их. Хотя в наше время вряд ли можно представить даже туманно те пути, по которым следовало бы приступить к решению задачи,

мы вовсе не собираемся оспаривать законность этого допущения. Мы лишь требуем, чтобы и тем, кто его высказывает, и тем, кто с ним знакомится, было ясно — это только допущение, гипотеза, а отнюдь не реальность.

Затем: что следует понимать под весьма высокоорганизованными и в то же время совершенно на нас непохожими существами? Если они совершенно на нас не похожи, то потому, что их физико-химическая основа другая, например не углеродная, а кремниевая, не кислородная, а фтористая, или же они не твердые тела, а, скажем, жидкости, наконец, быть может, они образованы не из известных нам форм материи — частиц и полей, а из каких-то других, нам пока не известных. Если они при этом представляют некую аналогию живых существ, то в том смысле, что обладают свойством саморегулирования материального обмена со средой. Если они вдобавок высокоорганизованные, то имеют способность преобразовывать эту среду, создавать свою искусственную среду, свою «технику», а на основе этого «трудового» процесса и доводить свое свойство отражения до весьма высокой степени.

Но не ясно ли, что, так же как наивно воображать, будто у всех высокоорганизованных существ обязательно имеются, как и у нас, пара глаз и нос между ними, столь же наивно полагать, будто закономерности их функций управления и отражения настолько схожи с нашими, что мы сможем моделировать их кибернетическими автоматами. Шутка сказать, установить, каков внутренний мир этих существ! Когда-то Лаплас высказал мысль, что для общения с марсианами следовало бы на равнинах Сибири построить интенсивно светящуюся фигуру теоремы Пифагора — по ней они поняли бы, что на Земле обитают мыслящие существа. В наше время некоторые считают, что этой же цели могут служить правильно чередующиеся мощные радиосигналы. Но если, например, предположить, что где-то в Туманности Андромеды есть высокоорганизованные существа, то, если они, например, жидкостные обитатели жидкой среды, у них не может быть ни метрической геометрии, ни даже арифметики в нашем смысле, а поэтому при посредстве понятий этих наук нельзя установить между нами и ими никакого общения. Если при помощи кибернетики удалось расшифровать древнюю письменность индейцев майя, то лишь по-

тому, что у них и у нас имеются общие понятия, отражающие общность среды. Если же где-то существует мир, построенный из антивещества, то с его жителями мы не смогли бы «договориться» даже о том, где правая и где левая стороны.

Да вообще приписывать гипотетическим, совершенно непохожим на нас существам какое-то подобие нашей психики (мышление, эмоции, эстетические переживания) столь же мало обоснованно, как считать, что, притягиваясь, разноименные электрические заряды испытывают чувство любви, а одноименные, отталкиваясь, — чувство ненависти. Но именно к гилозоизму и панпсихизму, к учению о всеобщей одушевленности материи, к отрицанию качественных скачков при переходе от неживой природы к живой, а далее к высокоорганизованной, способной мыслить, должен прийти всякий, если он свои рассуждения о совершенно на нас непохожих, но обладающих похожей на нашу психикой доведет до логического конца.

Ответ на вопрос «возможно ли искусственное разумное существо?» некоторые ученые ставят в зависимость от создания точных определений таких понятий, как «мышление», «эмоции», «воля» и т. п. При этом они считают, что данные определения не существуют, хотя — на уровне естественнонаучной строгости — они могут быть созданы. Нам думается, что они несправедливо упрекают физиологию, психологию и философию, которые эти определения давно дали. Разве не является таковым, например, определение мышления как «опосредованного, отвлеченного и обобщенного отражения объективной действительности», как «высшего продукта мозга, высшего продукта материи»? Другое дело, что такие определения можно считать недостаточно развернутыми и точными или слишком узкими. Естественно, что с развитием науки должны развиваться и ее определения, но весь вопрос в том, на основании чего и в какую сторону: на основании ли новых, научно установленных данных и в сторону более глубокого соответствия действительности или же исходя из субъективных желаний и симпатий в сторону фантастики.

Для того чтобы распространить определение *мышления*, равно как и *ощущения*, *воли* и т. д., на всю материю, нет никаких опытных оснований. Нет никаких научных доводов для того, чтобы пересматривать положение Ленина о том, что «в ясно выраженной форме ощущение

связано только с высшими формами материи (органическая материя)» и что «в фундаменте самого здания материи можно лишь предполагать существование способности, сходной с ощущением».

Правильно отмечают, что одна из причин встречающегося до сих пор отрицательного отношения к кибернетике чисто психологическая. Несмотря на то что кибернетика существует как наука всего лишь с 1948 г., ее достижения изумительны. Тому, кто знает о кибернетике только из популярных изданий, часто представляется картина жизни среди автоматов, которые взяли на себя львиную долю физического и умственного труда человека. Если для одних это крайне заманчиво, то у других вызывает испуг. Иначе говоря, некоторые не хотят мириться с тем, что автомат может подражать их мыслительной деятельности, казавшейся привилегией одного лишь «царя природы». Другие же дают себя увлечь в прстивоположную крайность столь же психологическими мотивами, вызванными успехами кибернетики, в самом деле головокружительными. В этом отношении они не сумели избежать опасности, о которой неоднократно предупреждал основоположник кибернетики Норберт Винер (хотя и он сам часто поддавался искушению): влиянию идей так называемой «кибернетической философии», метафизическим преувеличениям, пытающимся представить кибернетический метод как единственный и универсальный, а кибернетику — как науку наук.

В своих беседах профессор Винер говорил: «Существует средневековая еврейская легенда, что живший во время императора Рудольфа II пражский раввин Лев бен Бецалель создал „голема“ — глиняного раба, дровосека и водоноса. Он оживлял его, вкладывая ему в рот записку с кабалистическим именем божьим „шем“. Но однажды раввин ушел, позабыв вынуть записку, и голем изрубил всю его обстановку и затопил его жилище. Потом он угрожал всей округе, пока сам раввин не уничтожил голема». Тот же сюжет использовал и Карел Чапек в своей драме «РУР». Кибернетические устройства, продолжал Винер, «могут не только воспроизводить самих себя, но и производить устройства, все более и более совершенные. Но как раз наиболее сложные устройства легко выходят из строя. Не так ли обстоит дело с человеком? Работники, которые будут обслуживать эти устройства, должны быть

несравненно более развитыми, чем рабочие на конвейере. Но чем человек культурнее, тем менее он склонен подчиняться чужой воле. Если и не взбунтуются сами машины против человека, то опасность, что общество распадется, все-таки очень серьезна...»

Роман Винера «Искуситель» (перевод которого на русский язык, вероятно, следовало бы выпустить) показывает, что Винер остро ощущал пороки современного американского общества. Но Винер, конечно, не был марксистом. Он не понимал, что опасность бунта человека против автоматизма всецело определена эксплуататорской обезчеловечивающей сущностью капитализма. Человек коммунистического общества будет сознательно подчиняться коллективной дисциплине, воля коллектива будет его воля. Видя, что кибернетику собираются использовать для ядерно-ракетной войны, Винер не прочь был уничтожить голема, созданного им самим.

Этим мыслям, явно преследовавшим его, посвящена вышедшая в год смерти Норберта Винера (1964) его небольшая книжка «Человек и бог». Подобно Эйнштейну, глубоко сознававшему свою ответственность перед человечеством в связи с тем, что формулой  $E = m \cdot c^2$  он невольно открыл путь для военного использования ядерной энергии, и Винер мучился мыслью (он сам говорил мне об этом летом 1964 г. во время конгресса по кибернетической медицине в Неаполе), что его детище, кибернетика, может послужить делу истребления людей, уничтожения человечества. К сожалению, Винер не понимал до конца, что не кибернетика, не сама наука, а общественный строй повинен в том, что величайшие достижения человеческого гения обращаются против людей.

Из всего сказанного с очевидностью вытекает, что в этой проблематике нельзя разобраться без философии. Проблема отношения между живым и неживым, между одушевленным и неодушевленным не может быть решена отдельными естественными науками. На основании результатов этих наук ее может решить единственно только философия.

Правда, некоторые из нас, философов, в свое время объявили наиболее прогрессивные научные теории, с которыми они были знакомы лишь понаслышке, «идеалистическими» или «метафизическими», содействовали тому, чтобы иные естественники отвернулись от философии.

Правда, рецидивы появляются и теперь, например когда некоторые философы объявляют чувственную ненаглядность современной атомной физики идеализмом, а другие прокламируют существование кризиса физики в капиталистических странах и т. п. Смешивать отдельных философов с философией — это ошибка не меньшая, чем смешивать кибернетику с развязными высказываниями о ней некоторых западных публицистов.

В ноябре 1954 г. мне пришлось впервые выступать публично в защиту кибернетики против тех из марксистских философов, которые называли ее «лженаукой». Тогда я указывал, что одной из причин этого их своеобразного реагирования являются — при полном их незнании кибернетики — те несовместимые с диалектическим материализмом, а зачастую и общественно-политически реакционные выводы, которые в капиталистических странах некоторые делают из нее. Тогда и многие советские естественники, врачи, математики и даже инженеры, работающие в области автоматики, были настроены против кибернетики.

Разумеется, в настоящее время вряд ли найдется чудака, который объявил бы кибернетику «сплошной мистификацией». Но противники кибернетики остались — они лишь изменили свою тактику. На словах они расшаркиваются перед ее успехами, а некоторые даже щеголяют применением модных словечек «обратная связь», «канал информации» и т. п. Но они не желают учиться, не желают освоить новые методы, применять их в биологии, медицине, психологии, экономике или же заняться их продуманным философским обобщением. Эту свою леность мысли они выдают за борьбу против механицизма, и вполне понятно, что всякие механистические высказывания отдельных кибернетиков им только на руку.

Но сегодня среди философов-марксистов можно встретить и таких, которые ударились в другую крайность. У них мы находим высказывания, согласно которым *информация* не является ни материей, ни сознанием, высказывания, смахивающие на позитивистские, вызванные смешиванием понятий *информации* и *количества информации*, двусмысленности, которые немедленно материалистически разрешаются, если исходить из ленинской теории отражения. У них же ярко выступает стремление к универсализации кибернетики: под *обратную связь*, на-

пример, они подводят всякое обратное действие, всякое взаимодействие вообще, а саморегулирование они считают закономерностью, которая выступает везде, на всех ступенях развития Вселенной. Отсюда и их преувеличенные заявления о том, что революционное воздействие открытия кибернетики можно сравнить с открытием Марксом законов общественного развития; что кибернетика, более чем другие науки, является существенно диалектической наукой; что она представляет собой особое промежуточное звено между философией и рядом специальных наук; что Маркс был первым кибернетиком, его экономические схемы воспроизводства в «Капитале», а также и политику марксистско-ленинских партий следует считать применением кибернетики. . . Все это путаница, оказывающая медвежью услугу как кибернетике, так и нашей философии.

Кибернетика вместе с атомной физикой и космонавтикой принадлежит к самым прогрессивным областям современной науки. Но как раз потому, что она раскрывает нам непривычные для нас связи — аналогии между управляющими функциями машин, организмов и социальных систем, — она все еще сталкивается с непониманием и отрицательным отношением к себе иных консервативно мыслящих людей. С другой стороны, некоторые из тех, кто проникся мыслью об ее исключительном значении, закрывают глаза на границы ее возможностей. И те и другие действуют по инерции, по линии наименьшего сопротивления, поддаются той «страшной силе привычки» мышления, против которой неоднократно предупреждал Ленин.

Но как раз кибернетика призвана — в условиях коммунистического общества — наиболее эффективно помогать человеку преодолеть эту инерцию его мышления, борьба против которой требует больших, более упорных усилий, чем преодоление инерции материальных тел. Ведь кибернетика имеет не одну, а четыре основные функции: освободить человека от однообразных действий физического и умственного труда; служить биологии и медицине; помогать экономике и социологии; содействовать логике, психологии, психиатрии, педагогике, гносеологии стать максимально точными науками. Эти функции, из которых вторая, а в особенности третья и четвертая только в будущем обретут свое подлинное, все более возрастающее значение, принесут новому, коммунистическому чело-

веку счастливую и радостную жизнь в обществе, чье устройство и моральный уровень его членов будут гармонизировать с высокой техникой, которая никогда больше не станет служить порабощению и уничтожению человека.

В любой специальной науке кибернетика (так же как и математика) может применяться плодотворно, если исходить из принципов этой специальной науки (например, геологии или медицины), а не пытаться подменить эти принципы кибернетикой. Эйнштейн справедливо заметил, что если пренебрегать реальными явлениями, то математически (а кибернетика — математическая наука) можно доказать что угодно.

Чтобы кибернетика могла выполнять свою третью функцию, чтобы она могла стать на службу научно управляемого общества, необходимо, чтобы оно развивалось по принципам, которые для коммунистического общества и его первой — социалистической — фазы разработали Маркс в «Гражданской войне во Франции» и Ленин в «Государстве и революции» (разумеется, с учетом новейшего опыта строительства социализма). Только при этом условии кибернетическая модель научно управляемого общества будет не одной лишь игрой ума, а станет отражать действительность. И тогда, если мы эту модель передадим кибернетическому устройству, мы сможем получать решение проблем, возникающих при развитии общества, сможем оптимально планировать это развитие.

Какой должна быть такая кибернетическая модель, какие условия должны для нее соблюдаться? В ней не должно быть незагруженных и перегруженных элементов. В системе отрицательные обратные связи должны устранять отклонения (неизбежно появляющиеся в процессе развития) от состояния подвижного равновесия. Все подсистемы должны действовать не по жесткой программе, а с учетом случайных флуктуаций, местных и временных особенностей. Информация должна протекать по каналам связи одинаково легко в обоих направлениях — от «мозга» к «периферийным органам» и обратно — и с минимумом искажений. «Память» должна иметь максимальный объем и наибольшее разнообразие. Такое общество, конечно, будет развиваться так, что при минимальных затратах на производство и распределение материальных и культурных благ оно обеспечит всем своим членам максимальное потребление этих благ.

Что касается четвертой функции кибернетики, то уже сегодня разрабатывается математическая теория способности к обучению, опирающаяся на некоторые предположения о динамике образования привычек. Хотя эта теория пока что лишь феноменологична, поскольку она не анализирует процессов, происходящих в коре головного мозга при образовании привычек, а только описывает их результаты, она все же дает нам количественную картину того, как при разных обстоятельствах привычка закрепляется или, наоборот, теряется, а этим дает возможность оценить, насколько сложны «механизмы», управляющие этими процессами. Это один из путей — и сегодня мы стоим лишь в его начале, — который приведет к превращению педагогики в точную науку.

Другим и опять-таки кибернетическим путем, ведущим в том же направлении, является тот, который даст человеку возможность овладеть гигантской, угрожающе возрастающей массой новых знаний. Кибернетические информационные устройства, которые из миллионов разнообразных информации могут в течение нескольких секунд отобрать требуемую, существуют уже в наше время.

Третий путь, ведущий к улучшению процесса обучения, является сегодня лишь мечтой. Он будет осуществлен только тогда, когда удастся с помощью кибернетических устройств достичь детального анализа работы мозга, а это в свою очередь позволит прямо вмешиваться в процессы, протекающие в мозгу при обучении. Пока что это лишь «музыка будущего», возможно, очень и очень далекого.

Но прежде всего кибернетику нужно всемерно развивать, широко внедрять ее, преодолевать предрассудки, которые этому препятствуют. Только при этом условии кибернетические устройства помогут человеку поднять его логическую, методологическую культуру на новый, высший уровень, помогут ему замечать и правильно, без преуменьшений и преувеличений, оценивать возникновение нового и гибель старого. Вот почему так важно, чтобы на пути развития кибернетики, на пути внедрения ее в наше социалистическое и коммунистическое общество не возникали излишние препятствия. К ним принадлежат и метафизические преувеличения, способные вызвать у многих нежелательную идейную путаницу, особенно когда они подчас высказываются выдающимися учеными, крупнейшими специалистами в своей области.

# ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ЗАГАДКИ ЖИВОЙ МАТЕРИИ

*Доктор биологических наук*

К. ТРИНЧЕР

Существует мнение, что любую функцию живой материи, как бы сложна она ни была, можно моделировать и что этим фактом — возможностью материального моделирования — доказывается принципиально неограниченная сводимость биологических явлений к физико-химическим процессам. Поскольку физико-химические процессы в моделирующем механизме принципиально могут быть полностью изучены, то, следовательно, и моделированная функция живой системы якобы также может быть полностью изучена в физико-химическом аспекте. Ошибочность этого положения может быть доказана на основании второго закона термодинамики.

В формулировку второго закона входят два фундаментальных понятия: энергия и рабочие процессы. Превращение одного вида энергии в другой через посредство рабочих процессов протекает в условиях необратимости с некоторым обесцениванием энергии в виде тепла. При неограниченном во времени протекании рабочих процессов в изолированной системе, имевшей некоторый запас свободной энергии, должно произойти превращение всей свободной энергии в тепло. Это состояние, означающее прекращение всех рабочих процессов, и есть достижение стабильности изолированной системы — состояние максимальной энтропии, или наиболее вероятное состояние (принцип Клаузиуса). В классической трактовке второго закона термодинамики источником возрастающей энтропии является только рассеивающая энергия. В действительности, однако, существует еще один источник возрастания энтропии — изнашивание машин.

Машина — это циклически работающий механизм, который в ходе превращения энергии определенного вида в энергию рабочих процессов непрерывно теряет структурность. Работа машины — это одновременно причина ее гибели. Существует, следовательно, возрастание энтропии в изолированной системе не только из-за неизбежной диссипации энергии, но также ввиду неизбежной деградации структур работающих механизмов. Состояние максимальной энтропии в изолированной системе означает не только

превращение всей энергии системы в тепло, но и переход всех машин, т. е. всех программно движущихся структурированных образований, в хаотически движущиеся неструктурированные вещества. Нет такой машины, которая работала бы, не увеличивая при этом энтропию за счет непрерывной потери своей структуры. На языке кибернетики потеря структурности машины означает потерю «памяти». Применяя второй закон термодинамики к реально действующему механизму, т. е. к необратимо и в виде непрерывных циклов работающей машине, мы приходим к выводу, что через определенное число рабочих циклов машина перестает действовать из-за достаточно большой потери структуры, или «памяти».

Судьба работающей машины обречена в том смысле, что сама машина должна через некоторое время раствориться в так называемой хаотической среде. Нет такой машины, которая могла бы извлечь программные указания из окружающей ее среды. Машина может извлечь только необходимые ей компоненты для создания новых структурных образований и в том числе тех же программных устройств, которые в нее вложены. Однако поскольку программные устройства в машине, начиная уже с первого рабочего цикла, вступают в фазу разрушения и в хаотической среде нет замены в виде первоначальных программных устройств, не тронутых деградиационным процессом, то из этого следует, что, какими бы совершенными программными устройствами машина ни была снабжена, она неизбежно должна деградировать, работая в хаотической среде.

Как показано выше, понятие работающего механизма, или машины, является фундаментальным понятием. Попытаемся найти его эмпирические корни. В добиологическую эру на Земле происходили разнообразные процессы химического синтеза сложных органических соединений, но нет ни одного феномена, указывающего на существование в ту эпоху какого-либо непрерывно и циклически работающего механизма вне связи с живыми системами. Циклические процессы в астрофизических, планетарных и геофизических масштабах представляют собой пульсационные явления в общем потоке превращения энергии, ведущем к медленному, но необратимому возрастанию энтропии данной системы. Эти не связанные с живыми системами циклические процессы вряд ли можно

рассматривать как прототипы циклических процессов работающих машин.

Известный специалист по теории поведения сложных систем Ст. Бир считает, что «машина, предназначенная для выполнения некоторых функций, представляет собой не что иное, как систему, организация которой с определенной точки зрения подчинена осуществлению поставленных перед ней задач».

«С более общей, физической точки зрения машина и живой организм сходны, — утверждает философ Э. Кольман, — потому что они представляют собой островки в океане возрастающей энтропии во всех макропроцессах на обитаемой нами части Вселенной, эти островки, где энтропия убывает, ибо накапливается информация...» Эта же мысль высказана академиком А. И. Бергом: «Процессы управления, происходящие в кибернетических системах, характеризуются точной количественной мерой — уменьшением энтропии».

С другой стороны, мы видели при рассмотрении второго закона термодинамики, что машина является принципиально нестойким образованием, а ее существование — непрерывные, необратимые, циклически протекающие рабочие процессы — становится причиной ее гибели. Мы обнаружили, таким образом, следующее противоречие: 1) машина, как производное живой системы, является всегда в некотором отношении моделью живой системы; 2) машина, не будучи живой системой, неизбежно теряет структурность в результате своего существования.

В противоположность этому живые системы являются не только стойкими образованиями (при условиях стационарности окружающей среды), но обладают сверх того свойством неограниченно усложнять свою структуру и усовершенствовать свои функции. Мы имеем в виду не индивидуальную живую систему, которая рождается, размножается и гибнет, а совокупность живых систем при стационарных условиях закрытой системы. Это видно на примере экологически связанных между собой отрядов плотоядных и травоядных животных и растений; масса каждой из этих живых систем обнаруживает регулярные колебания вокруг некоторой средней величины, постоянной во времени.

Мы приходим к следующему выводу: физико-химические свойства живой системы принципиально не могут

быть полностью материально моделированы, так как моделирующий механизм — машина, которая является вообще производной живой системы и как таковая всегда в некотором отношении, порой и очень близком, моделирует эту систему, но обладает фундаментальным противоположным свойством, отличающим ее от живой системы. Это свойство — потеря структурности моделирующего механизма в результате его существования.

Живая система — это работающая система. Чем отличается живая система от неживого работающего механизма? Можно указать на четыре кардинальных отличительных свойства.

1. Структура живой системы при температуре ее существования лабильна, неустойчива, неуравновешена.

2. Структура живой системы сохраняется при температуре ее существования благодаря рабочим процессам, которые непрерывно устраняют хаотически возникающие структурные дефекты, связанные с тепловой деструкцией живой системы.

3. Все рабочие процессы в живой системе — каталитические, причем катализаторами являются сами работающие структуры образования живой системы — сложные белки.

4. Благодаря каталитическому характеру рабочих процессов в живой системе превращение химической энергии пищевых веществ в тепло через посредство рабочих процессов происходит при температуре существования живой системы. В условиях этой температуры пищевые вещества в отсутствие катализаторов являются стойкими веществами.

Эти четыре кардинальных свойства, характеризующие живую систему как термодинамически открытую систему со специфическими свойствами, могут служить иллюстрацией того классического определения жизни, которое было дано в 1874 г. Энгельсом: «Жизнь есть способ существования белковых тел, и этот способ существования состоит по своему существу в постоянном самообновлении химических составных частей этих тел».

В живой системе протекают химические реакции благодаря высокому химическому потенциалу пищевых веществ и каталитическим свойствам живой системы. На основе химических реакций происходят рабочие процессы синтеза структуры, которые уравнивают хао-

тические процессы термического разрушения структуры. Следовательно, живая система представляет собой химическую машину, работа которой, с одной стороны, возможна только при температуре существования живой системы, а с другой — состоит в постоянном устранении структурных дефектов, непрерывно и хаотически возникающих при температуре жизни. Диалектический закон единства и борьбы противоположностей — наличие рабочих процессов для устранения тепловой деструкции, когда сами рабочие процессы возможны только при температуре жизни, — это внутреннее противоречие существования живой системы является тем основным свойством, которое отличает «живую машину» от неживой.

Выше мы указали на термодинамическое различие между живыми системами и производными живых систем — машинами. Действие машины неизбежно сопровождается ее структурной деградацией, в то время как совокупность живых систем обладает не только свойством сохранения своей массы в ходе замены поколений, но и свойством непрерывного усложнения и усовершенствования своих морфо-физиологических функций. Объяснить возникновение, существование, размножение и эволюцию живых систем в рамках современных физических теорий, на наш взгляд, по-видимому, невозможно, поскольку объекты, которые исследуются в рамках этих теорий, рассматриваются всегда как совокупность пространственно конечных однородных фаз.

Машина, моделирующая какую-либо функцию живой системы, состоит из некоторого числа движущихся деталей конечных размеров. Каждая деталь представляет собой единую (гомогенную) фазу. Живая система в отличие от моделирующего ее механизма есть система с неограниченной «разнородностью» (микрорегетерогенностью). Для описания живой системы необходимо допустить наличие действующих факторов, которые связаны с беспредельной разнородностью живой системы в микроструктуре. В отличие от неживой машины с движущимися деталями из гомогенных фаз движущиеся компоненты в живой системе не представляют собой гомогенных фаз. Для описания живой системы необходимо учитывать наличие новых параметров, которые проявляются при изучении неограниченной микрорегетерогенности структуры живой материи. Эти новые параметры суть специфические факторы не-

ограниченной микрогетерогенности сложной динамической системы.

В настоящее время проблема искусственного создания живой материи стала особенно актуальной в связи с созданием кибернетических устройств, осуществляющих сложные целесообразные процессы. Поскольку живой организм и есть динамическая система, выполняющая сложные целесообразные функции, то кибернетическая машина, выполняющая хотя бы одну из них, может быть рассмотрена как нечто живое, в каком-то условном, более низком порядке. Переход кибернетического устройства от более низкого к более высокому порядку является, однако, принципиально неограниченным в смысле выполнения все большего количества и все более сложных функций. На самом деле кибернетическая машина может выполнять процессы любой степени сложности, если только выполняемое действие выражено на символическом языке алгоритмов, которые вложены в виде программы в кибернетическую машину. Отсюда делают вывод, что с точки зрения кибернетики различие между живым организмом и кибернетическим устройством, выполняющим те же функции, что и живой организм, заключается в конечном счете только в истории их создания, а не в принципиальном различии физических закономерностей, управляющих той и другими системами.

Кибернетик, следовательно, вправе утверждать, что искусственное создание живой материи принципиально возможно. При этом имеется в виду, что кибернетическое устройство, специально созданное для выполнения биологических функций, выполняет их точно так же, как и живой организм, и, стало быть, по признаку выполнения известных биологических функций нет различия между живой материей и кибернетическим устройством, созданным из неживой материи. Функции, выполняемые машиной, могут быть самые разнообразные, взятые как из среды физиологического поведения животного организма, так и интеллектуальной деятельности человека.

Рассмотрим теперь противоположное, как бы антикибернетическое утверждение. Искусственное создание живой материи в виде функционально тождественной кибернетической машины является невозможным, так как биологический обмен веществ принципиально не может быть воспроизведен с помощью неживой материи.

Подойдя к проблеме искусственного создания живого на современном уровне естествознания, необходимо признать, что оба утверждения противоречат друг другу и, следовательно, должны содержать взаимоисключающие теоретические положения. Логическое противоречие между кибернетическим и антикибернетическим утверждениями снимается, однако, если допустить следующее: живая материя, обладающая биологическим обменом веществ, не может быть создана никакими искусственными способами из неживой материи, но разнообразные функции живого организма, являющиеся «производными функциями» биологического обмена веществ, можно имитировать сколь угодно точно кибернетическими устройствами. Если это положение, которое удовлетворяет как «кибернетическому», так и «антикибернетическому» утверждениям, правильно, то оно указывает одновременно на принципиальное физическое различие между основной функцией живой материи — биологическим обменом веществ — и всеми остальными функциями метаболизирующего организма, условно названными «производными функциями».

Термодинамическая суть этого физического различия между той или другими функциями живого организма, если оно действительно имеет место, заключалось бы в следующем: те функции живого организма, которые поддаются сколь угодно точному имитированию кибернетическими устройствами, представляют собой рабочие процессы, которые не противоречат второму закону термодинамики. Они, т. е. функции организма, представляющие рабочие процессы, могут быть воспроизведены с любой степенью точности автоматами, роботами, кибернетическими устройствами. Что касается, однако, биологического обмена веществ, т. е. той специфической функции живого организма, которая лежит в основе всех его разнообразных функций, то эта основная функция живой системы представляет собой своеобразный, характерный только для живой материи рабочий процесс, который противоречит второму закону термодинамики. Этот процесс, как противоречащий второму закону термодинамики, не может быть материально моделирован. Существует, следовательно, термодинамический запрет — невозможность материального воспроизведения основной функций живой материи — биологического обмена веществ.

Как бы ни было сложным поведение живого организма, любые наблюдаемые функции, из которых складывается его поведение, могут быть представлены в виде рабочих процессов, принципиально поддающихся имитации кибернетическими устройствами; причем обнаруживается даже некоторое превосходство кибернетического устройства над живым организмом. Оказывается, что кибернетическая машина, выполняющая какую-либо сложную функцию организма, работает дольше и быстрее, чем живой организм. Это функциональное превосходство кибернетической машины над организмом связано отчасти с тем, что организм выполняет всегда множество разнообразных, взаимосвязанных функций, в то время как специально созданная кибернетическая машина свободна от «побочных» функций. Превосходство машины над организмом оказалось еще более убедительным, когда теоретическим путем пришли к выводу о возможности создания кибернетического устройства как универсального преобразователя информации, поступивших в машину в виде соответствующих сигналов.

Отличительные черты кибернетического устройства (способность моделировать любую сложную биологическую функцию, имеющую характер «внешнего» рабочего процесса, и превосходство кибернетической машины над организмом в смысле многократной повторимости и скорости выполнения данной функции) явились основой для утверждения, что деятельность организма якобы представляет собой функционирование механизма, подчиняющегося во всех своих частях тем же законам физики и химии, что и любая машина.

Однако между живым организмом и машиной существует следующее коренное различие в отношении связи структуры и функций. Машина может и не работать, не теряя своей структуры по крайней мере в течение времени, сравнимого со временем рабочих циклов машины. Машина обладает устойчивостью своей структуры при температуре ее деятельности: структура сохраняется и тогда, когда машина не действует. Живой организм, напротив, должен всегда функционировать, и если по какой-то причине организм перестает выполнять свои функции при температуре своей жизнедеятельности, то он необратимо теряет свою структуру и погибает. Так как потеря структуры нефункционирующего организма свя-

зана с термической флуктуацией веществ при той же температуре, при которой происходит жизнедеятельность организма, то сохранение структуры в жизнедеятельном организме должно быть связано с какими-то антифлуктуационными процессами живой материи помимо всех других рабочих процессов действующего организма. В организме внешние рабочие процессы и антифлуктуационные процессы сохранения структуры, носителя информационного содержания живой системы, сопряжены между собой и протекают в одно и то же время и в определенном (узком) температурном интервале, в котором происходит жизнедеятельность.

Мы установили два фундаментальных, отличительных свойства живой системы.

Во-первых, при температуре жизнедеятельности структура клетки является термолабильной (нетеплоустойчивой) в связи с квазикристаллической, термолабильной структурой внутриклеточной воды, подвергающейся непрерывным микрофазовым переходам: кристалл → жидкость и жидкость → кристалл.

Во-вторых, все неводные компоненты живой клетки (белки, нуклеиновые кислоты и т. д.), образующие совместно с водой структуру клетки, являются носителями информации и при отсутствии воды обладают термостабильностью при температуре обмена веществ.

На основе этих двух фундаментальных свойств живой клетки мы сформулировали термодинамический принцип существования живой материи: *живая материя представляет собой динамическую структуру, которая работает при температуре термического разрушения своей структуры.*

Создать динамическую систему из неживой материи, которая работала бы при температуре плавления своей структуры, невозможно. Мы можем, следовательно, сформулировать следующий термодинамический запрет: *нельзя создать машину, функция которой состояла бы в построении собственной структуры, которая термолабильна при температуре деятельности этой же машины.* Действительно, любая «неживая» машина подчиняется во всех частях и действиях законам физики неживой природы.

Термодинамический принцип существования живой материи является самостоятельным принципом, указывающим на самостоятельность физики живой материи и

на невозможность возникновения живой материи из известной нам неживой материи.

Возникают два кардинальных вопроса:

1. Можно ли искусственно создать живую материю?
2. Каким образом возникла живая материя в историческом аспекте?

На первый вопрос в настоящее время, по-видимому, нельзя дать окончательного ответа. Допустим, что действительно удастся из неживой материи создать все неводные компоненты живой клетки — биомакромолекулы (белки, нуклеиновые кислоты и т. д.), т. е. все информационные компоненты живой системы. Тогда задача создания живой клетки будет заключаться в собирании всех этих несущих информацию неводных компонентов по определенному плану совместно с главным компонентом живой клетки — с водой. Поскольку внутриклеточная вода находится в квазикристаллическом термолабильном состоянии, то собирание компонентов живой клетки возможно только двумя путями: или при чрезвычайно низкой температуре в присутствии «замороженной» (упорядоченной, но термостабильной) воды, или при температуре жизнедеятельности, но без воды, т. е. в сухом виде. В первом случае для приобретения системой биологического обмена веществ необходимо нагревать систему до температуры ее жизнедеятельности, во втором случае необходимо «увлажнять» систему.

Теоретически оба пути осуществимы. Но в экспериментальном отношении имеются непреодолимые трудности. По-видимому, невозможно строить структуру из макромолекулярных компонентов в присутствии кристаллической воды, т. е. при низкой температуре, когда макромолекулярные компоненты неподвижны; и, по-видимому, также невозможно строить структуру из макромолекулярных компонентов при отсутствии воды, т. е. при температуре жизнедеятельности клетки, но в сухом состоянии, когда макромолекулярные компоненты также неподвижны.

Переходим теперь ко второму кардинальному вопросу: каким образом возникла живая материя как одна из материальных сущностей бытия, если существует термодинамический запрет возникновения живой материи из существующей в настоящее время неживой материи?

Приведенный анализ указывает на историчность материи — как живой, так и неживой. Мир материален во все

времена. Интересно отметить, что возраст живой материи того же порядка, как и возраст Вселенной в фазе ее расширения.

Признаки биосферы наблюдаются в отложениях земной коры, имеющих давность свыше  $2 \cdot 10^9$  лет. Корни жизни уходят, по-видимому, еще значительно дальше в глубь времен. Считают, что возраст Земли равен  $3-4 \cdot 10^9$  лет, возраст звезд —  $5 \cdot 10^9$  лет и возраст Вселенной  $10 \cdot 10^{10}$  лет. В промежуток времени от 5 до 10 млрд. лет назад Вселенная находилась, как полагают, в состоянии «первичного хаоса», существование которого управлялось теми физическими законами, которые определялись условиями состояния материального мира того времени.

Несколько миллиардов лет тому назад изменились условия состояния Вселенной. В этот же период существования Вселенной возникает планета Земля и рождается жизнь на ней, по-видимому, подобно термодинамической фазе, возникающей внезапно при внезапно изменившихся физических условиях, при которых существует данное фазовое состояние. Возникновение живой материи представляется, таким образом, как одномоментное возникновение всей совокупности первичных живых существ в адекватных условиях их существования, а не как возникновение отдельного или нескольких живых существ, способных к неограниченному размножению. «С геологической и геохимической точки зрения вопрос стоит не о синтезе отдельного организма, а о возникновении биосферы», — писал Вернадский.

Мир живой материи и мир неживой материи в таком виде, как он известен в настоящее время, имеют, следовательно, приблизительно одинаковый возраст — 2—4 млрд. лет. Отсюда можно заключить, что из некоей протоматерии (А) более 4 млрд. лет назад, когда Вселенная начала свою нынешнюю фазу развития — фазу расширения, возникли две материальные сущности (В) и (С) — живая и неживая материя:



время  $\rightarrow \infty$

и они развиваются каждая по своим физическим законам.

# ЖИВОЕ СУЩЕСТВО И ТЕХНИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО

*Академик*

**И. АРТОВОЛЕВСКИЙ,**

*доктор технических наук*

**А. КОБРИНСКИЙ**

Одним из центральных вопросов, поставленных в статье академика Колмогорова, является возможность создания искусственного живого существа. Обсуждая эту проблему, А. Н. Колмогоров высказал много интересных мыслей, догадок и гипотез, которые вызывают большой интерес и широкий отклик читателей.

Естественно, конечно, что в статье прямого ответа на поставленный вопрос не содержится. Тем не менее отношение академика Колмогорова к нему достаточно ясно выражается следующим доводом, приведенным в заключение первой части статьи: «Принципиальная возможность создания полноценных живых существ, построенных на дискретных цифровых механизмах переработки информации и управления, не противоречит принципам материалистической диалектики».

Мы считаем невозможным обсуждать доводы автора и его возможных оппонентов до тех пор, пока не будет ясно, что или, вернее, кто понимается под «полноценным живым существом».

Вместе с тем, желая принять конструктивное участие в обсуждении вопросов о соотношении между человеком и машиной, мы хотим восполнить этот пробел, предложив свою формулировку понятия «полноценное живое существо». Предупреждаем, что наша формулировка частная, не несет каких-либо количественных оценок и, наверное, содержит ряд других недостатков. Но поскольку иные предположения пока отсутствуют, мы считаем ее пригодной для первого обсуждения.

Под «естественным полноценным живым существом» мы понимаем, в частности, такое существо, которое непрерывно растет и развивается; которое в годовалом возрасте плачет по непонятным причинам и пачкает пеленки; которое в возрасте от 3 до 5 лет задает то мудрые, то бессмысленные вопросы; которое в 15 лет получает в школе двойки и пятерки, начинает интересоваться стихами и

иногда моет шею без специальных напоминаний; которое в 20 лет работает у станка либо в поле, сдает экзамены, кормит грудью ребенка; которое в 30 лет водит тракторы и проектирует спутники; которое на протяжении всей своей жизни обязательно связано тысячами и тысячами уз с тысячами и тысячами других полноценных живых существ; которое в конце жизни умирает, потому что процесс умирания является пока одним из неизбежных жизненных процессов.

Мы согласны признать живым и полноценным такое *искусственное* существо, которое, будучи включенным в общество себе подобных *естественных* полноценных живых существ, на протяжении всей жизни от рождения до смерти сумеет существовать и действовать в соответствии с законами этого общества, на равных правах со всеми его членами работая, двигаясь, мысля и отдыхая так же, как в среднем работают, двигаются, мыслят и отдыхают другие.

Если согласиться с таким определением, то трудно усмотреть в статье академика Колмогорова доводы в пользу принципиальной возможности искусственного создания полноценных живых существ.

Можно, конечно, воспользоваться утверждением, что познавательная мощь правильно организованного человеческого общества безгранична, что не имеет смысла заранее сужать область и возможности его творческой деятельности. Но сегодня это утверждение — общепризнанная истина, и вряд ли целесообразно отстаивать ее при обсуждении каждого частного вопроса, не приводя конкретных для данного случая доводов.

Совсем по-другому будет выглядеть вопрос, если назвать полноценным живым существом техническое устройство, выполняющее с той или иной скоростью те или иные логические или вычислительные операции. Тогда закономерность обсуждения принципиальной возможности создания такого «полноценного живого существа» не вызывает сомнений. Остается только непонятным, как далеко продвинет нас вперед этот новый претенциозный ярлык, наклеенный на техническое устройство, которое будет обладать одним, двумя или несколькими свойствами, присущими действительно живому существу, и, наверное, даже превосходить его в отношении этих свойств и не будет обладать бесчисленным множеством других

свойств, отличающих действительно живое существо от технического устройства.

Нецелесообразность такой «отчаянно кибернетической» терминологии, на наш взгляд, очевидна и потому, что все еще существуют определенные противоречия между чисто логическими построениями и физическими реализациями, как существуют противоречия между фантазией и действительностью.

Обратимся к простому примеру. Пусть электронная машина управляет обработкой какого-либо изделия на станке с цифровым управлением. Достаточно мощная вычислительная машина может рассчитать программу обработки с любой высокой точностью. При таком расчете каждый знак после запятой для вычислительной машины полон, если можно так выразиться, глубокого смысла. А станок? Для него имеет смысл только первая или вторая значащая цифра после запятой (в машиностроении размеры задаются в миллиметрах). Все остальные цифры для станка останутся «пустым звуком». Физические ограничения (упругие и тепловые деформации, зазоры и люфты, износ инструмента и т. д.) сведут на нет все прямые попытки управляющей машины принудить станок работать по расчетной программе. Для того чтобы управляющая машина могла заставить станок воспринимать хотя бы еще один знак после запятой, т. е. работать с точностью до микрона, управляющую машину надо будет сначала научить теории упругости и динамике, химии и физике, способам термообработки и технологическим приемам изготовления сверхточных деталей станка. Управляющую машину надо будет научить конструированию, а это особенно трудно. Ведь конструирование — в значительной мере искусство, такое же, как живопись или ваение. Короче говоря, даже при решении такой узкоограниченной технической задачи окажется, что гипотетическая управляющая машина должна обладать способностями и свойствами коллектива полноценных живых существ, разносторонне образованных, талантливых, трудолюбивых, творчески относящихся к своему делу.

Чтобы создать такую машину, понадобится объяснить ее конструктору, что такое творческий процесс, талант, мышление, объяснить не «по-общежитейски», а так, чтобы у конструктора возникли определенные количественные представления.

Подготовлены ли ученые к тому, чтобы выдать инженеру техническое задание если не на проектирование «полноценного живого существа», то хотя бы на проектирование «полноценной мыслящей машины»?

Мы нашли косвенный ответ на этот вопрос в статье академика Колмогорова. О его мнении относительно того уровня, на котором мы сейчас находимся в области познания механизмов мышления, можно судить по примеру, приведенному во второй части статьи, где он пытается проследить этапы процесса формирования логической мысли у математика, работающего над какой-нибудь проблемой.

«Сначала, *по-видимому* (курсив всюду наш. — Авторы), возникает желание исследовать тот или иной вопрос, затем *какое-то приблизительное, неведомо откуда* возникшее представление о том, что мы надеемся получить в результате наших поисков и какими путями нам, *может быть*, удастся этого достичь, и уже на следующем этапе мы пускаем в ход свой внутренний „арифмометр“ формально-логического рассуждения».

Очевидно, уровень наших познаний в области процесса мышления и тем более механизмов, лежащих в основе этих процессов, пока еще крайне низок. Поэтому трудно примириться с предложением, существо которого высказано в правильной, по нашему мнению, предпосылке: «Иными словами, интересно подумать о создании машин, которые, не подменяя человека, уже сейчас помогали бы ему в сложных процессах творчества».

Почему нам трудно примириться с этим предложением? Чтобы объяснить это, вообразим себе такой пример из области техники.

Уже не один фантаст описывал некий универсальный и полноценный пищевой продукт, синтезируемый промышленным путем.

Представьте себе пищевые таблетки, небольшие по объему и вместе с тем содержащие все необходимое для питания организма, обладающие превосходными вкусовыми качествами и вызывающие ощущение приятной сытости, другими словами, полностью удовлетворяющие потребностям самого взыскательного потребителя. Не правда ли, мысль о создании таких пищевых таблеток чрезвычайно привлекательна. Какое количество труда они могли бы сэкономить! Как бы упростился быт! Люди до

конца своих дней сохраняли бы стройную талию!.. и т. д. и т. п.

Теперь займемся этой проблемой и в качестве первой рабочей гипотезы в направлении ее решения выскажем следующее предположение: «Сначала, *по-видимому*, надо решить вопрос о химическом составе этого продукта, затем как-то *приблизительно* представить себе наиболее подходящий технологический процесс его изготовления, затем *неведомо откуда* заимствовать вкусовые ощущения, которыми он должен обладать, и, наконец, *неясно, как и на ком* длительно опробовать этот продукт».

Что если вслед за этой самой предварительной гипотезой мы выскажем предложение разрабатывать автомат, который из этого продукта будет изготавливать питательные таблетки?

Как будет встречено это предложение? Мы ответили бы так.

Конечно, работа над автоматом представляет определенный интерес в свете того, что творческие возможности человека неисчерпаемы, что когда-нибудь такой продукт будет создан. Но главная задача и сейчас и потом состоит и будет состоять в том, чтобы разрешить и разрешать бесчисленные «по-видимому», «как-то», «может быть»... Именно они наиболее важны и сложны, животрепещущи и многих волнуют. И пока не будут намечены серьезные перспективы их решения, возможность создания «полноценной мыслящей машины» остается столь же фантастической, как и возможность создания «полноценного живого существа».

И еще один вопрос, который мы хотим затронуть, — это вопрос об аналогиях.

Мы глубоко убеждены, что «мыслящие» автоматы будущего (что такие автоматы создадут, мы не сомневаемся) будут «мыслить» совсем не так, как мыслит человек. Но если на первом этапе их создания речь пойдет об автоматах, мыслящих обязательно «по образу и подобию человека», то в первую очередь необходимо понять, как мыслит человек, понять весь механизм мышления в целом! Именно понять, а не просто условиться, что под мышлением понимается то-то или то-то! Только когда этот механизм мышления будет понят и объяснен инженеру, проблема создания «человекоподобномыслящего» автомата станет на солидный фундамент.

И чем глубже будет познавать человек самого себя, тем более глубокие бездны незнания будут перед ним открываться, чем больше «человекоподобия» человек будет вкладывать, пользуясь своими знаниями, в автоматы, тем точнее он сумеет указать различие между собой и своим творением и, что самое главное, тем существеннее станут эти различия. Такова диалектика кибернетики!

Механики средневековья и современные инженеры, изучая трудовые процессы, выполняемые человеком, механизмируя и автоматизируя их, каждый раз убеждались, что живой организм и рационально построенные машина или автомат выполняют эти процессы, действуя совершенно по-разному. Самолет летит не так, как птица, пароход плывет не так, как рыба, тестомесильная машина месит тесто не так, как пекарь, неудачу потерпели первые попытки построить паровоз «с ногами»...

Конечно, некоторые элементы сходства в действиях технического устройства и живого организма всегда можно найти, и эти аналогии широко и полезно используются. Но чем сложнее технологический процесс, тем все меньшим и меньшим становится это сходство и тем очевиднее выступает вся глубина различия между живым организмом и техническим устройством.

В этом нас убеждает вся история развития техники, и вряд ли дело кардинальным образом изменится, когда человечество подойдет вплотную к созданию «мыслящих» автоматов.

По мере того как все точнее будет познаваться механизм мышления, все яснее станет, что для технической (а не естественной) реализации этот механизм малопригоден, что функции, выполняемые им, гораздо лучше реализуются при совершенно иной схеме, что технологический процесс «мышления» автомата должен быть совершенно не таким, как «технологический процесс» мышления человека: как паровоз неизбежно должен был быть переставлен «с ног» на колеса, так и процесс создания «мыслящего» автомата должен быть переставлен с головы на ноги.

Значит, для создания мыслящего автомата мало знать во всех тонкостях механизм мышления полноценного живого существа, надо будет еще разрабатывать или изобретать такие виды механизмов, которые сделают их пригодными для технической реализации.

Гигантский, пожалуй, ни с чем не соизмеримый объем работы, если учесть современный уровень знаний и все своеобразие человека как объекта исследования!

Мы будем считать поставленную цель достигнутой, если читатели почувствуют, какая дистанция разделяет сегодня автомат и полноценное живое существо, если они увидят, какого высокого уровня развития достигли наука и техника, и вместе с тем поймут, что чем больше сделано, тем больше остается сделать, если они научатся более уверенно отличать желаемое от возможного, воображаемое от существующего.

Иначе налицо опасность пропаганды своеобразного «технического шапкозакидательства», когда снисходительно похлопывают по плечу создателей современной техники, намекая на то, что якобы существуют оформившиеся идеи «необычных» автоматов, обладающих некими поразительными воображение кибернетическими (!) свойствами.

Поэтому так важно при широком обсуждении гигантских технических проблем находиться возможно дальше от позиции «технического шапкозакидательства».

## МОЗГ — НЕ МАШИНА

*Профессор*

ДЖОЗЕФ ВУД КРУТЧ

(США)

В наше время самый жгучий из общепhilософских вопросов — это уже не вопрос «есть ли бог?», а «человек — машина или нет?». Некоторые ученые отвечают на него утвердительно, и широкая публика зачастую соглашается с ними. Ни одно атеистическое направление не высказывается по первому вопросу так безоговорочно и ни один ответ не таит в себе столько последствий для всего человеческого рода, ибо он изгоняет из мира не только бога, но даже человечество. Прежде чем согласиться с ним, необходимо тщательно взвесить имеющиеся доказательства.

Механицизм, как философское направление, сводящее все проявления бытия к законам механики, существовал еще во времена Лукреция. В XVII и XVIII столетиях Де-

карт и Мальбранш направили его по новому пути. Все же он оставался гипотезой, казавшейся весьма нелепой, и только в XIX в. под нее был подведен достаточно крепкий фундамент. Даже и в ту эпоху ученые с острым чувством ответственности, например Дарвин и Гексли, нередко делали в скобках оговорки, но многие становились бескомпромиссными догматиками. Я не верю в существование души, говорил один, потому что не могу обнаружить ее в пробирке. Мозг, утверждал другой, это орган, который выделяет мысль, как печень выделяет желчь. Порой писатели и драматурги тоже примыкали к этому течению, и Теодор Драйзер, например, глубокомысленно заявлял, что любовь — химический процесс, словно такое определение что-нибудь объясняет.

В наше время, впрочем, трудно найти настоящего ученого, который присоединился бы к подобным абсурдным заявлениям. Хотя большинство ученых готово считать понятие «души» бесполезным и ненужным, все же они знают, что если душа существует, то искать ее следует не в пробирке. И они соглашаются, что в какой бы связи ни стояли мозг и «душа», сравнение с печенью и желчью нельзя признать удачным. Даже в эпоху расцвета наивного механицизма одному физиологу, заявившему, что он мог бы создать более совершенный оптический прибор, чем глаз, другой физиолог возразил: «Но вы никак не могли бы сделать его зрячим». И даже сейчас, когда мы все глубже и глубже изучаем механические процессы, сопутствующие проявлениям жизни, многие охотно допускают, что существует нечто, не поддающееся объяснению, и что термины «механистический» и «материалистический» становятся все менее и менее тождественными.

Каждое объяснение оставляет кое-что необъясненным. Возьмем, например, загадку наследственности. Когда были вторично открыты прошедшие вначале незамеченными законы Менделя, многие воскликнули: «Теперь все ясно!» Но ясными стали только законы, управляющие некоторыми процессами, а не то, что таится за ними. Затем Томас Хант Морган раскрыл нам роль генов, и мы воскликнули: «Вот теперь уж действительно все ясно!» Но каким образом гены переносят наследственные признаки? Новейшая теория отвечает: «С помощью нуклеиновых кислот», — и мы опять удовлетворенно киваем головой. Но как нуклеиновая кислота выполняет свою

задачу? В существование ответа на этот вопрос, ответа последнего, все объясняющего, можно только верить.

Если мы не уверуем, то будем все время гадать: не гонимся ли мы за призраком в стремлении добраться до окончательного ответа? Мы лишь все больше и больше узнаем о поддающихся наблюдению процессах, но не приближаемся ни к пониманию того, что они значат, ни к выводам, связанным с тайной жизни.

Недавно журнал «Лайф» поместил блестящий в общем отчет о последних открытиях биохимии, снабдив его совершенно недопустимым заголовком: «Ученые подходят к разгадке тайны жизни». Речь в статье шла лишь о роли, которую некоторые химические вещества играют в самых сокровенных процессах внутри живой клетки. Новые открытия в будущем позволят, быть может, биохимикам изменять наследственные характеристики человека, что, по признанию автора статьи, способно привести к ужасающим последствиям. Но я по-прежнему считаю, что, несмотря на все новые сведения о сопровождающих жизнь процессах, сама жизнь остается таким же неповторимым и необъяснимым явлением, каким она была задолго до рождения на свет самого термина «биохимия».

## Современная наука и механицизм

Сомнения подобного рода высказываются многими виднейшими мыслителями современности, в том числе и первоклассными учеными. Можно даже предположить, что если нам прошлое столетие кажется эпохой, укрепившей убеждение в том, что человек и окружающая его Вселенная — не что иное, как машина, то люди XXI столетия, весьма возможно, скажут о нашем: «То была эпоха начала крушения материализма как всеобъемлющего философского учения».

Биология, конечно, в своем развитии следует по стопам физики, но сейчас и физика начинает укреплять сомнения, зреющие в умах некоторых биологов. Невозможность предсказать состояние микрочастицы, переход вещества в энергию, понимание того обстоятельства, что между явлением и наблюдателем всегда существует взаимодействие, — все это сделало гораздо менее механистической даже науку о неживой природе. Очень поучительно сравнить мнения по этому вопросу виднейших

современных физиков (при этом, кстати, будет опровергнуто распространенное заблуждение, будто между представителями точных наук господствует согласие, ибо точные науки в отличие от гуманитарных имеют дело с фактами и потому точно знают, о чем говорят).

Сначала выслушаем механистические высказывания Джорджа Гамова, профессора теоретической физики университета имени Джорджа Вашингтона и одного из создателей квантовой теории радиоактивности. В книге «Мистер Томкинс знакомится с жизнью» (написанной якобы на уровне, доступном для понимания людей, вроде нас с вами) профессор Гамов излагает свои материалистические убеждения следующим образом: «Механистический подход заключается в том... что все процессы живого организма сводятся в конечном итоге к обычным законам физики, которые управляют атомами, составляющими данный организм... Основные проявления жизни, т. е. рост, движение, размножение и даже мышление, целиком зависят от сложности молекулярных структур, входящих в живой организм, и могут быть объяснены, во всяком случае в принципе, с помощью тех же основных законов физики, которые определяют ход... неорганических процессов».

Теперь обратимся ко взглядам физика П. У. Бриджмена, лауреата Нобелевской премии. Его замечательная книга «Настоящее положение вещей» написана в совершенно ином, почти покаянном тоне, поскольку в ней он говорит, что механицизм и бихевиоризм, к которым он склонялся прежде, никак не могут считаться единственно правильным подходом. В отличие от книги профессора Гамова труд Бриджмена слишком обширен, сложен и глубок, чтобы разбирать его здесь обстоятельно. Он признает пригодность механистических теорий для раскрытия некоторых сторон действительности, но указывает, что теории эти полностью пренебрегают другими методами, открывающими иные стороны реального мира.

Думается, я не погрешу против истины, изложив одну из основных концепций автора следующими словами. Лет полтора назад великий математик Пьер Симон Лаплас провозгласил принцип научного детерминизма, заявив, что, если бы мы знали, как говорят физики, «состояние» всех элементов мира в данный момент, мы могли бы

точно рассчитать все, что случилось до этого, и все, что случится после. На это профессор Бриджмен возражает, что мы не только не можем знать с абсолютной точностью нынешнее «состояние» Вселенной, но, что, даже и зная его, мы не могли бы предсказать некоторые реально существующие аспекты человеческого сознания. Для этих аспектов у физики нет даже терминов, и она не может оперировать такими реальностями.

С большим уважением отзываясь о своем бывшем коллеге по Гарвардскому университету — последовательном и крайнем бихевиористе Б. Ф. Скиннере, Бриджмен спешит добавить: «Я не считаю предлагаемое Скиннером решение единственно возможным и думаю, что это решение учитывает не все, что мы способны видеть, и не все существенное». Другими словами, вы обязаны учитывать особенности человеческого сознания, если не собираетесь упорно отрицать, что оно реально существует, и не утверждаете, что оно вас попросту не интересует, ибо к нему нельзя подойти с методами физических наук. Можно даже сказать (я рискую чрезмерно упростить вопрос), что профессор Бриджмен прагматически отстаивает концепцию «открытого» мира, выдвинутую в XIX столетии американским философом-психологом Уильямом Джемсом в противовес «замкнутому» миру Лапласа, Скиннера и других бихевиористов. По меньшей мере профессор Бриджмен хочет сказать, что старый философский спор о том, как нематериальная мысль может устанавливать контакт с материальными объектами и какова природа этого контакта, остается нерешенным; конечно, его и нельзя решить, зачеркивая реальность одного из видов бытия — материального или идеального.

На вопрос о том, может ли закон считать человека ответственным за его поступки, профессор Бриджмен замечает: «В настоящее время единственно доступный нам способ судить об окружающих — это считать их созданиями, подобными нам самим. Мы пренебрегаем детерминизмом, когда судим о своих собственных поступках, поэтому мы обязаны в разумных пределах пренебрегать им в повседневном общении с другими людьми».

Как ни осторожен П. У. Бриджмен в своих суждениях, все же, по-моему, его можно причислить к тем, кто считает человека не только программированной и послушной машиной.

## Мозг и электронный вычислитель

Не удивительно, что тот, кто утверждает: «Мозг — это машина», — вслед за тем должен сказать: «Машина может мыслить». Именно это, конечно, и проповедают самые горячие поклонники электронных вычислительных машин. Но, насколько я могу судить после достаточно широкого, хотя и несколько беспорядочного ознакомления с вопросом, здесь тоже произошел поворот в противоположном направлении. Некоторые крупные специалисты, во всяком случае, утверждают, что электронные машины, несмотря на свои замечательные качества, отнюдь не являются мозгом. Если они и кажутся нам мозгом, то только потому, что мы применяем к ним неудачную терминологию. За примером ходить недалеко: мы говорим об их «памяти», тогда как эта память ничем не отличается от записи на граммофонной пластинке. Покойный Норберт Винер, создатель завоевавшего большую популярность термина «кибернетика», сравнительно недавно советовал нам не слишком далеко заходить в увлечении «обратной связью» и не предпочитать ее во всех случаях собственному разуму. Мортимер Таубе, специалист по счетно-решающим устройствам, написал целую книгу, в которой приходит к выводу, что отождествление человека с машиной достигается не в результате приписывания машине человеческих способностей, а в результате приписывания человеку ограничений, свойственных машине.

Английский невролог Франсис М. Р. Уолш подходит к данному вопросу с другого конца. Он пишет: «Приведу простой пример из монографии У. Р. Рассела „Мозг, память и обучение“ — во многих отношениях замечательного клинического исследования проблемы. У. Р. Рассел отмечает, что постепенно, видимо, исчезают традиционные основания проводить разграничивающую черту между человеком и его мозгом; подобно этому, и грань между психологией и физиологией мозга становится несколько искусственной... сознание — это только проявление мозговой активности». На приведенную цитату сам Франсис Уолш возражает: «Сравнение сознания с „мозговой активностью“ есть тавтология. С таким же успехом можно сказать: „Мозговая активность“ — это только проявление сознания».

Как и в XIX столетии, попытки превратить человека в простую машину наталкиваются на упрямый факт существования сознания — уникального явления, поддающегося изучению не больше, чем «душа», в пробирке. Механический машинный мозг существует только потому, что его создает и им управляет настоящий мозг.

Некоторые энтузиасты кибернетики заходят так далеко, что утверждают: поскольку сознание есть только «деятельность», то когда-нибудь мы создадим машину, настолько деятельную, что она будет обладать сознанием. Но ведь это еще только «когда-нибудь!» Когда машина начнет не только задавать вопросы и давать ответы, но и спорить с другой машиной на тему, машины ли они или живые существа (сердясь и возмущаясь при этом), — только тогда здравомыслящие люди будут вправе предположить, что из проводов, ламп и транзисторов можно создать хотя бы отдаленное подобие мозга.

Недавно мне представилась возможность побеседовать с конструктором Симоном Рамо, президентом крупной электронной фирмы, проводящей опыты, в числе прочего, с машиной для перевода с русского языка на английский; эта машина использует при переводе подобие автоматического словаря — подбора слов и фразеологических оборотов. Я спросил Рамо: «Что, по вашему мнению, эти так называемые мыслящие машины напоминают больше — живой мозг или сложную счетную линейку с механическим приводом?» «Без сомнения, счетную линейку», — ответил известный конструктор.

## Машина и цель

Выдающийся ученый Ралф Выков, профессор физики и бактериологии университета штата Аризона, тоже высказал несколько тонких соображений по рассматриваемому нами вопросу. Позволю себе привести короткую цитату, хотя она и неполностью отражает глубину его мысли: «Как поведение живой материи не выводится из наблюдаемых свойств ее неживых компонентов, так и способность человека к сознательным мыслям и чувствам не может быть выведена из простых форм его эволюционного прошлого... Наше поведение никогда не вступит в конфликт с содержащимися в нас нуклеиновыми кислотами и белками, но отсюда не следует, что можно предвидеть

все наши мысли и чувства, если полностью постигнуть нашу генетическую структуру».

Читатель, может быть, уже удивляется, почему это писатель-неспециалист с такой горячностью включился в дискуссию, которая, собственно говоря, его не касается. Но в том-то и дело, что вопрос этот касается всех нас, специалистов и неспециалистов. Вся духовная атмосфера нашей эпохи во многом зависит от исхода нынешнего спора о природе человека и о границах его возможностей. Как выразился один ученый, «идеи влекут за собой последствия».

Если машина способна мыслить лучше живого мозга, то мы должны постепенно передоверить машинам право решения важных вопросов; если наш мозг — всего лишь машина, то мы представляем собой не более чем беспомощные продукты самодовлеющей социально-технической системы, которой мы будто бы управляем. Если это так, единственно разумный выход — как-нибудь приспособиться к такому положению вещей. Много говорится об угрозе порабощения человека машинами, но угроза порабощения человека механической идеей еще страшнее, ибо из этого тупика нет выхода.

Больше всего обнадеживает меня сейчас тот факт, что, насколько можно судить, многие ученые начинают понимать ошибочность механицизма. И с мрачным удовлетворением я отмечаю также отчаянное упорство, с которым сторонники механистической догмы стремятся во что бы то ни стало отместить все, что бросает тень сомнения на их предпосылки.

Вот что, например, говорит маститый английский генетик К. Х. Уоддингтон в своей в общем здоровой и интересной книге «Природа жизни». Он сравнивает живой организм с самонаводящимся прицелом, проявляющим подобие врожденной целенаправленности. И продолжает: «Остается справедливым утверждение, что мы не знаем иных путей возникновения новых наследственных вариантов, кроме случайных мутаций, и не знаем иного пути изменения наследственных признаков той или другой популяции от поколения к поколению, кроме естественного отбора. Но утверждение, что основной процесс эволюции не является целенаправленным, хотя это и справедливо, не может больше считаться достаточным. Взаимодействуя, целенаправленные механизмы образуют некоторый меха-

низм, обладающий псевдоцеленаправленностью, подобной свойствам самонаводящегося прицела».

Профессор Уоддингтон, видимо, упускает из виду один фактор, который, на мой взгляд, опрокидывает его доводы. Его машины обладают, подобно самонаводящемуся прицелу, псевдоцеленаправленностью лишь потому, что их сконструировали люди, обладающие не псевдо-, а подлинной целенаправленностью. До тех пор пока он не продемонстрирует нам кибернетическую машину, построившую самое себя по его же разработанному проекту, ни одна из существующих ныне машин не сможет подтвердить, каким образом могут появиться на свет целенаправленные организмы другим путем, чем благодаря истинной целенаправленности, идущей извне или изнутри их самих. Поэтому аналогия профессора Уоддингтона скорее напоминает нам старинное сравнение часового мастера с часами, и самому профессору угрожает опасность увести нас назад, к тому времени, когда стройность построения мира выдвигалась в качестве доказательства сотворения мира разумом, стоящим вне его. В эту далекую область я, учитывая некоторые мои разногласия с ортодоксальным дарвинизмом, пускаться не намерен.

## МАШИНА КАК ЛИЧНОСТЬ

С. ГАНСОВСКИЙ

Будущее обилие предсказываемых многими учеными «мыслящих» машин вызывает к жизни вопрос — не придет ли такое время, когда необходимость демонтировать тот или другой «разумный» робот поставит перед человеком не только техническую, но и этическую проблему? Не будет ли, другими словами, разборка машины чем-то напоминать убийство или во всяком случае казнь по приговору некоего научно-технического суда?

Поскольку с этическими, моральными критериями мы подходим только к личности (или к обществу, состоящему в свою очередь из личностей), вопрос по существу сводится к следующему: «Может ли быть машина личностью?» Кроме того, здесь и множество других тем. Не станет ли в конечном счете эта «машинная личность»

более высокой и содержательной, чем личность человеческая, не будут ли машины умнее нас и не следует ли нам рассматривать при этом допущении возможность замены цивилизации человеческой цивилизацией машинной как очередной естественный шаг эволюции? Не вытеснят ли машины, короче говоря, человечество из его колыбели — Земли?

По всей вероятности, этого можно все же не опасаться. Не вытеснят. И день, когда машину придется рассматривать в качестве личности, тоже не придет.

Почему? .. Для ответа на этот вопрос нам следует обратиться в том, что же такое человеческая личность.

Человеческая личность кроме физиологического аспекта имеет еще и социальный и социально-исторический — она всегда есть результат четырех биографий. Чтобы быть человеком, субъект А должен, во-первых, повторить филогенез (историю развития и существования вида «человек разумный»), т. е. иметь человеческое устройство тела. Ему нужно затем осуществить свою собственную физиологическую биографию — вырасти, в-третьих, уметь говорить (т. е. общаться с людьми) и не быть оторванным от тысячелетней человеческой культуры или от культуры, скажем, своего племени. Ему необходимо, в-четвертых, осуществить свою социальную биографию, чему-то научиться и участвовать в процессе социальной жизни.

При всем этом чем дальше человек уходит от своих диких предков, тем большее значение для формирования его как личности имеют две последние, т. е. социальные биографии. В современном обществе все мы, примерно одинаковые в качестве представителей биологического вида, отличаемся друг от друга прежде всего своим общественным положением и общественным поведением. Каждый из нас как бы стоит на высокой горе, образованной тем, что продумано и сделано людьми до нас и при нас. При любом ответственном решении мы, не замечая этого сами, опираемся прежде всего на свой общественный и культурный опыт. Если отнять у человека его историю, если отделить людей друг от друга, человечество тотчас рухнет.

Итак, человеческий разум, личность сформированы четырьмя биографиями, из которых две последние, т. е. социальные, особенно важны сегодня.

А что же есть у машины для того, чтобы сформировать личность?

Вот он стоит в лаборатории — огромный блок из миллиардов элементов (а может быть, и маленький, выполненный средствами микроминиатюризации). Допустим, что он равен по возможностям нашему мозгу. Но как же дать ему историческую и личную социальные биографии? Как обучить его?

Некоторые считают, что это проще простого. Что машина-то как раз обучается легче, чем человек, и за месяц в нее можно ввести вековой объем человеческой мудрости.

Что ж, давайте пробовать. Введем в машину роман «Война и мир». Это можно сделать, и машина будет тогда действительно «знать» роман. Но лишь в чрезвычайно узком смысле. В том смысле, что на вопрос, какая строчка идет за словами:

*«...ведь это опять от немца. Он при нем состоит. — И Дени»* — она даст уверенный и быстрый ответ. Но будет ли это знанием романа? Ведь Толстой начинает что-то значить для нас лишь в той мере, в какой написанное им созвучно с нашим личным жизненным опытом. Наташа Ростова влечет нас тоже в силу того, что нечто подобное ее мечтам мы переживали сами. А если нет этой созвучности, если читающему знаки и образы написанного чужды, то и прекраснейшая строчка из Лермонтова будет иметь для него не больше смысла и эмоционального значения, чем  $x + y = z$  при условии, что все три неизвестны.

Другими словами, как бы ни начинать машину, какие бы бесчисленные страницы научных и художественных публикаций ни вводить в нее, это ни на шаг не продвинет робота к тому, чтобы стать личностью.

А что продвинет?.. Социальная практика. Вступление в мир в качестве члена коллектива. Но может ли машина включиться в социальную практику?

Вот у нас лаборатория. Вместе с группой сотрудников там работает машина. Она видит, слышит, передвигается и манипулирует инструментами, она присутствует при всех разговорах и фиксирует их в своей памяти. Уравняется ли она при этих условиях с человеком, и возникнут ли условия для формирования личности? Также нет. Ибо, чтобы воспринять наш социальный

опыт, заключенный в искусстве, науке и морали, нужно чувствовать, воспринимать мир и вообще жить как человек. Потому что вторая сигнальная система возникает и существует у нас не сама по себе, а как производное от первой сигнальной системы, зависящей от физиологической специфики, от электрохимии именно человеческого, а не какого-нибудь другого организма. Конечно, разум есть функция мозга, но эта функция в том ее значении, которое образует личность, зависит и от того, каковы наши руки, ноги, дыхательная и кровеносная системы. Чтобы включиться в социальную практику, машине необходимо с радостью дышать чистым воздухом, с отвращением — зловонным, нужно, чтобы ухо робота воспринимало тот же диапазон колебаний, а глаз — сопоставимую шкалу волн. Нужно иметь семью, дружить, симпатизировать и быть объектом человеческой дружбы, любви или вражды, что возможно лишь в случае, если машина и внешне и функционально будет подобна человеку. Не будем, кстати, забывать, что обсуждаемое нами понятие не только социально, но еще и исторично и что историю развития каждой человеческой личности следует, вероятно, начинать с момента зарождения человеческого общества на Земле.

Личность затем — это то, что функционирует лишь в процессе постоянного созидания себя, в каждый данный момент умирая и возрождаясь, непрерывно представляя собой конец одного и начало другого этапа не только в собственном физиологическом и социальном росте, но и в развитии человеческого рода и общества в целом. Личность, далее, неисчерпаема, и ответ на вопрос: «Что такое Я?» — никогда не может быть точным, поскольку здесь есть аналогия с известным математическим парадоксом: «Сколько чисел находится во множестве всех чисел?» (Как бы ни определялось это число, число всех чисел будет больше любого числа, полученного в ответе.)

Однако сторонники другого взгляда на обсуждаемый предмет могли бы сказать нам: «Ну и что же? Все это так, но ведь мы могли бы дать машине такие же органы, как у Homo Sapiens. Снабдим ее желудком, предпочитающим кровяной бифштекс сухой корке, и кожей, умеющей воспринять прохладу вечернего ветерка... Если мы с помощью должного генетического кода создадим биологического робота во всем подобного человеку, что тогда?»

Тогда наши отношения с таким существом выйдут за рамки обсуждаемой проблемы. Что же касается собственно машины в качестве чего-то отличного от человека, то без достаточно стабильного и развитого, достаточно единообразного общества себе подобных она не сможет стать личностью и быть объектом этического отношения с нашей стороны. Потому что личность немыслима без общества, «я» не существует без «мы», «он» и «они». Возможность же того, чтобы человечество создало такое независимое от себя общество, пока весьма гипотетична.

Остается еще один вопрос: а может ли машина превзойти человека по разуму? Приходится думать, что вообще нельзя смешивать понятия «разум человеческий» (который, видимо, не существует без личности) и «разум машинный».

Если вместе с профессором Уильямом Эшби считать разум «способностью выполнять подходящий отбор на основе полученной информации», то при решении множества узких задач машина уже давно оставила нас позади. Но если понимать его как способность связывать в одно целое, в некую систему элементарную частицу со Вселенной, то и другое с мелькнувшим на улице незнакомым лицом, с услышанным музыкальным аккордом, с положением дел в Юго-Восточной Азии, с поэзией Пушкина и еще бог знает с чем, связывать да еще оценивать перечисленные и другие явления с точки зрения интересов общества, порождение которого ты сам есть, да еще — сознавая все эти связи — искать путей к улучшению жизни общества, то при таком определении и наиболее хитрая машина спасует не только в сравнении с лучшими умами человечества, но и рядом с самыми непретенциозными его детьми.

Приравнивая человека к машине, мы этим актом уже десоциализируем его и отрываем от общества. Кибернетика могущественна, в ней возможно многое, но невозможно приравнение робота к Homo Sapiens.

## КИБЕРНЕТИКА, ЧТО О НЕЙ ДУМАЮТ

---

### ИЗ СПЕКТРА КИБЕРНЕТИКИ

#### ФИЗИКА КИБЕРНЕТИКИ

АЛЬБЕРТ ДЮКРОК  
(ФРАНЦИЯ)

#### Новая научно-техническая революция

С рождением промышленности информации связаны в основном два аспекта.

С практической точки зрения ее результаты огромны и предвещают массовое внедрение автоматизации. Уже сейчас имеются поразительные примеры: полностью автоматизированные нефтеперерабатывающие заводы, доменные комплексы, химические заводы и электростанции, работа которых оптимизирована с помощью электронных устройств. Эти устройства особенно широко применяются для управления современными атомными электростанциями. С того момента, когда машины получили способность управлять собой сами, появилась надежда, что в конце концов кибернетические устройства освободят человека от всякой работы, — начиная с добычи сырья и кончая распределением готовой продукции, конечно, если мы их сумеем запрограммировать.

Подчеркнем, однако, что техника, вообще говоря, не станет подражать процессу работы человека. При современном состоянии техники машина снабжается такими приборами, которые позволяют ей принимать только одну категорию информации. В этом состоит ее отличие от че-

ловека: он «видит» внешний мир, т. е. непрерывно использует синтетическую информацию, позволяющую ему эффективно реконструировать картину внешнего мира в своем мозгу. Отсюда следует, что человек в своем активном состоянии чрезвычайно многоконтактен. Как машина, человек очень медлителен и несовершенен, но отличается универсальностью в противоположность систематической специализации робота. Таким образом, человек является реальным отражением мира и пребывает в постоянной связи с ним, тогда как робот — это только машина.

Было бы утопией стараться при современном состоянии техники придать роботу универсальность, аналогичную универсальности человека. Например, в процессе зрения на нашей сетчатке активизируется около 140 млн. клеток, а информация, передаваемая мозгу, расшифровывается сложнейшей системой из 15 млрд. нейронов. Если бы мы даже предположили, что универсальную машину можно осуществить материально, ее себестоимость была бы так высока, что никому вообще не пришло бы в голову использовать ее вместо человека.

Необходимая ограниченность каналов восприятия у роботов приводит к одному важному последствию их использования в промышленности: автоматизируя завод, нельзя сохранить его традиционную структуру; ее нужно перестроить так, чтобы свести получаемую информацию к минимуму. Это приводит к изменению характера сырья, способов обработки или характеристик готовой продукции. По этим причинам практические последствия внедрения автоматизации будут гораздо глубже, чем мы обычно предполагаем.

В области интеллекта уже можно догадаться о смысле сотрудничества, которое возникнет между человеком и машиной: человек будет заниматься изучением окружающего мира и ставить машине задачи, которые та будет решать, — задачи, еще недавно бывшие для человека неразрешимыми. С этой точки зрения мы лишь весьма приблизительно угадываем перспективы кибернетической революции, ибо в прошлом мы не можем найти никаких критериев для сравнения. История прогресса до сих пор состояла в том, что возникали машины, помогавшие работе наших мышц. Но настает время, когда машины будут помогать нам мыслить.

Разумеется, это уже философская сторона дела. Она приводит нас к убеждению, что кибернетика предвещает глубочайший переворот в том отношении, что позволяет конструировать машины, уже сейчас способные к функциям, свойственным живым существам и, наподобие этих существ, способных к организации, т. е. к отрицательной энтропии.

## Электронная лисица

В недавнем прошлом усердно занимались изучением проблемы отрицательной энтропии, возникающей благодаря машинам. Это была главная причина, приведшая еще в 1953 г. к созданию электронной лисицы, поведение которой дало много ценных сведений. Речь идет об искусственном животном, основанном на тех же принципах, что и знаменитые искусственные собаки Анри Пиро или черепахи Грея Уолтера.

Однако для лисицы был применен новый метод. Этот прибор питался электричеством и приводился в движение системой двигателей. У лисы было пять сенсорных каналов:

- осязательные, возбуждающиеся, когда лисица наталкивалась на какое-либо препятствие;
- емкостное обоняние, состоящее из пластинки, присоединенной ко входу на колебательный контур, характеристики которой изменялись, когда лисица приближалась к какому-либо электропроводящему телу;
- микрофон;
- парные фотоэлементы;
- потенциометр, помещенный на теле животного и сообщающий ему чувство ориентировки.

При монтаже каждый канал получил способность по своему влиять на определенный контур — электрическую цепь, образующую «мозг» животного. Структура контура все время изменялась под действием этих влияний, так что поведение лисицы в каждый данный момент было функцией не только непосредственно действующего раздражителя, но и суммы всех ранее полученных раздражений, благодаря чему контур действовал как интегрирующая память.

Добавим также, что мы ввели прерывистость восприятий и что «животное» было способно сообщать о своем

внутреннем развитии с помощью двоичного кода, для чего служили две электрических лампочки на его голове.

Развитие животного, предоставленного себе самому, шло весьма характерно. Наблюдения показали, что через некоторое время появились условные рефлексы; это означает, что электрический контур животного организовался соответственно картине внешнего мира, с которым оно было связано сенсорными каналами.

## Рождение звезд

Наше внимание должен привлечь еще один факт. Мы со- оружаем кибернетические машины, однако природа в этом отношении давно предвосхитила нас.

Характерна с этой точки зрения организация космоса. Если перенестись на несколько миллиардов лет назад, то представляется картина «зачаточного» космоса, вероятно, состоящая только из облака водорода. Под влиянием гравитации облако внутри разорвалось на части, в которых гравитация нашла почву для новой деятельности: она собрала водород в гигантские шары, их ядерная энергия создала звезды. Так возникают «фабрики», где перерабатывается материал Вселенной. У звезд — они могут находиться в действии миллиарды лет — размер контролируется автоматически, ибо в процессе формирования определилась их масса. А эта обусловленность дублируется еще и удивительной термической организацией, возникновением «горячих источников»: на черном небе поверхность звезд выделяется, как гигантские горны, излучающие свет и тепло.

Таким образом, материя первобытного космоса включилась в работу по созданию структур, являющихся результатом игры механизмов природы.

Тут нужно задать себе вопрос, касающийся всех приведенных выше примеров: все эти виды эволюции не есть ли в сущности опровержение законов термодинамики?

Еще вчера в физике властвовал формальный принцип «деградации энергии», не только отрицавший всякую возможность спонтанного появления организованности, но и считавший неизбежным постоянный рост беспорядочности в мире. Физики дошли до того, что описывали количество неорганизованности в изолированной системе, т. е. в си-

стеме, энтропия которой не могла снижаться. Как же в таких условиях понять естественный и автоматический процесс организации Вселенной, который мы можем представить себе на основе чисто физических механизмов?

У нас была возможность подумать об этом противоречии, тем более что кибернетической технике удалось доказать, что этот закон фатальной неупорядоченности никогда не был доказан. Электронная лисица снижала свою энтропию, не изменяя среды, в которой развивалась. Это означает, что снижалась и общая энтропия изолированной системы, которую составляли лисица и окружающая ее среда.

Наш вывод был ясным: необходимо отказаться от старого понятия об энтропии, необходимо проанализировать гипотезы и выводы физики, поднявшие философию неупорядоченности до степени универсального закона.

Эта философия возникла на основе термодинамики, науки, считавшейся огромным научным достижением XIX в. Но кибернетика позволила нам понять, что термодинамика — наука не универсальная. Это — физика особых систем, формулировавшая, как мы увидим, прослеживая подробнее развитие термодинамики, свои законы с помощью энтропии, но оставлявшая на заднем плане описание систем других классов, не доказываемых с помощью ее выводов. Об этих системах может рассказать нам только кибернетическая физика.

Принципы такого деления выяснятся при подробном описании развития термодинамики, а вытекающие из них следствия дадут ключ к пониманию истории Вселенной.

## Процесс энтропии

Рождение философии неупорядоченности было обусловлено в прошлом веке развитием термодинамики, которая возникла в тот день, когда физики начали исследовать механическую работу и теплоту.

Новая наука очень быстро вызвала яростные споры. Физики нашли, что тело весом в 3 т, падающее с высоты 1 м, дает 7000 кал, этого достаточно, чтобы повысить температуру 1 л воды с 8 до 15° С. Было очень соблазнительно произвести обратную операцию, т. е. взять в качестве «сырья» 1 л воды при 15° С, получить из него 7000 кал и с их помощью поднять массу в 3 т на высоту 1 м или

выполнить какую-либо другую эквивалентную механическую работу. «Остатком» после операции был бы 1 л воды при 8°С.

Но ведь это химера — тотчас же заметили термодинамики; они очень недоверчиво смотрели на возможность проведения такого процесса и с самого начала считали, что это слишком хорошо, чтобы быть правдой. Действительно, 1 л воды при 15°С содержит потенциально на 7000 кал больше, чем 1 л воды при 8°С. Но физики констатируют, что если окружающая среда имеет температуру 15°С, то эти 7000 кал не могут сами по себе уйти из воды и тем понизить ее температуру до 8°С. В изолированной системе, говорит Клаузиус, никакое количество теплоты не может перейти из одного тела в другое, имеющее более высокую температуру, и вообще температурные перепады не могут проявить себя без помощи извне.

С этим приходится согласиться. Во всякой термической машине должен быть температурный перепад, так как механическую энергию нельзя получить иначе, чем черпая калории из источника теплоты: некоторая часть ее будет поглощена холодной машиной и только разность превратится в работу. Таким образом, теоретическая эквивалентность теплоты и работы получает характеристику необратимости.

## Смысл необратимости

Чтобы иметь возможность вычислить эту величину тепловой энергии, Клаузиус в 1865 г. ввел понятие энтропии. Оно стало кошмаром для множества поколений студентов и яблоком раздора для физиков.

Что такое энтропия? Термин происходит от греческого *entropé* и означает «замкнуть внутри». А с тех пор, как его применил Клаузиус, он означает меру деградации какой-либо системы. Физик определяет энтропию как соотношение между количеством теплоты и абсолютной температурой. Если мы присмотримся к проблеме эффективности поближе, то поймем смысл энтропии: в оптимальных условиях все превращения энергии происходят на базе постоянной энтропии.

Если, например, тепловая машина располагает источником теплоты при 600°К, дающим ей 1200 кал, то энтропическое отклонение равно минус 2. Клаузиус утвер-

ждает, что работа машины будет оптимальной, если холодный источник будет иметь энтропическое отклонение, равное плюс 2. Иначе говоря: если источник холода находится при  $350^{\circ}\text{K}$ , то ему нужно добавить 700 кал. И только 500 кал превратятся в механическую работу. Такова по крайней мере максимальная эффективность; фактически же машина будет работать в менее благоприятных условиях, так что передаст источнику холода 800—900 кал. В этом случае энтропия системы будет повышаться.

Итак, энтропия должна возрастать повсюду, где тепловые машины работают с к. п. д., меньшим теоретического, а превращение механической энергии в теплоту должно, с точки зрения качества, быть чистой потерей, проявляющейся в резком росте энтропии.

Это объяснение удобное. Но является ли оно достаточным? Имеет ли понятие энтропии физический смысл, или же это только математическое построение?

Энтропию — и второй закон термодинамики, часто называемый «принципом энтропии», — действительно, поначалу принимали очень сдержанно. Но скоро кинетическая теория газов осветила связи между теплотой и механической энергией, а это помогло понять роль абсолютной температуры в принципе Карно и в энтропии Клаузиуса.

Как известно, молекулы газа движутся со средней скоростью, характерной для каждой данной температуры. Строго говоря, энергия молекул пропорциональна абсолютной температуре, так что превращение теплоты в работу является лишь изменением формы: из состояния беспорядочной толпы энергия переходит в состояние марширующего отряда. Значит, температура — это механическая работа, рассеянная на молекулярном уровне.

Из хода самого процесса непосредственно выявляется смысл превращения работы в теплоту; мы поймем также, почему такое превращение оказывается необратимым: молекулы — отнюдь не индивидуумы, выбирающие себе направление по своей воле, а материальные частицы, которым нельзя внушить никакого порядка; иными словами, вернуться от неупорядоченности к упорядоченности для них невозможно. Случайно, конечно, могло бы оказаться, что все молекулы в данный определенный момент движутся в одном направлении; тогда тепловая энергия снова

превратилась бы в механическую. Но простой расчет показывает, что вероятность подобного явления чересчур мала, чтобы принимать ее во внимание.

Таковы выводы, к которым постепенно приходили физики во второй половине XIX в. Физики поняли, что теплота и работа равноценны лишь количественно, а не качественно, так как теплоте свойственна «врожденная» неупорядоченность, а для перемещающегося предмета, все точки которого движутся одинаково, характерна именно упорядоченность.

## Упорядоченность и неупорядоченность

Вспомним, что неупорядоченность сама по себе не должна была бы считаться более вероятной, чем упорядоченность, так как оценка в этих терминах чисто субъективная. Но для термодинамики вся разница заключается в том, что на один случай, характеризующийся упорядоченностью, найдутся миллиарды миллиардов других случаев под знаком неупорядоченности. Поэтому всегда, когда мы имеем дело с системой, «предоставленной самой себе» (например, с газом, молекулы которого размещаются случайно, причем все случаи одинаково вероятны), на упорядоченность есть только один шанс, а на неупорядоченность — несчетное множество. Вывод расчета вероятности формально безупречен.

Если каждую структуру, осуществляющую какое-либо состояние, назвать компонентом, то общее направление, позволяющее системе переместиться, можно представить себе как частный случай, осуществляемый минимальным количеством компонентов, тогда как огромная анонимная группа случаев теплового движения будет состоять из миллиардов различных компонентов. Больцман нашел для энтропии Клаузиуса особый физический смысл: он доказал, что энтропия измеряется логарифмом количества компонентов, относящихся к определенному состоянию.

## Опасность обобщения

Новое понятие энтропии можно замечательно расширить.

Нельзя ли применить описание, основанное на подсчете компонентов, ко всякому состоянию вещества? Мы

становимся свидетелями обобщения: развитие всех систем начинают выражать в терминах энтропии.

Физики утверждают, что энтропия изолированной системы может только либо оставаться постоянной, либо увеличиваться. Каждое «фактическое изменение», как пишет один из самых выдающихся физиков, способствует росту энтропии, а если система предоставлена себе самой, то она будет иметь тенденцию деградировать, ее развитие будет идти от упорядоченности к неупорядоченности.

Больше того. Возникает мысль, что в результате смелого обобщения изолированной системой можно считать весь космос (действительно, чем и с кем он мог бы обмениваться?), а потому его энтропия должна неуклонно возрастать так, что каждое необратимое явление, т. е. каждая эволюция, повышает энтропию космоса.

Так возникает картина систематической деградации Вселенной. В философском смысле эта картина выражает представление, дорогое всякому человеку. Действительно, человек инстинктивно всегда хотел видеть в истории Вселенной грандиозное развитие, когда вначале была дана некая упорядоченность, а вся история шла затем в сторону неупорядоченности.

Это интуитивное представление наука освящала своим догматом о неуклонном росте энтропии, заставляющим физика видеть в развитии Вселенной ряд событий, систематически разрушающих первоначальную упорядоченность. Это означает, что *первоначальное, исходное состояние считалось высокоорганизованным*, а в дальнейшем развитии непрестанно разрушалось; только живые существа являются особыми исключениями, способными локально и на короткое время создавать отрицательную энтропию. Казалось бы, в этом отношении нашим физикам нечего возразить. В довершение всего в земных масштабах ежедневный опыт доказывает их правоту. Мы никогда не замечали, чтобы какое-либо вещество спонтанно разделилось на две части с различной температурой, мы никогда не видели, чтобы тепловая машина работала без источника теплоты.

Не является ли естественная деградация трагическим законом природы? Повсюду вокруг человека металл покрывается ржавчиной, вещества портятся, прекрасные создания природы и техники разрушаются, время приносит раны и беспорядок, работает на разрушение, а не на

созидание. Несмотря на это, мы находим в этих классических рассуждениях одну большую ошибку. *Все* примеры, на которых физики основываются в своих выводах об энтропии, обладали одной общей чертой: речь шла всегда об «анархических» системах.

В земных условиях газ в сосуде состоит из молекул, не подверженных влиянию внешних условий. Физики гипотетически уподобляют молекулы шарикам, на которые, пока они в сосуде, тяготение не влияет. Эти шарики движутся в условиях, исключаяющих какое бы то ни было влияние ядерных сил (впрочем, в XIX в. ядерные силы вообще не были известны). Далее предполагается, что эти молекулы обладают постоянной структурой, что они электрически нейтральны и отталкиваются от стенок сосуда и друг от друга, как простые шарики. Компоненты в этом случае действительно не зависят от среды, а столкновения, предполагаемые совершенно упругими, обеспечивают молекулам случайное распределение.

В этих условиях, дающих совершенную картину физически анархической системы, упорядоченная структура является лишь отдельным случаем в сравнении с астрономическим количеством других случаев, для которых характерна неупорядоченность. А так как каждый из случаев одинаково вероятно осуществим в процессе молекулярного движения, то упорядоченность не может возникнуть спонтанно.

Такой вывод получается именно потому, что система является анархической. И говорить об энтропии в таких условиях было бы просто тавтологией: для физика энтропия означает только, что компоненты системы управляются случайностью. И это в результате гипотезы, которую он молчаливо допускает.

Казалось бы, эти гипотезы хорошо подтверждаются примером газа, находящегося в сосуде в земных условиях. Но нельзя ли априорно представить себе другие случаи, отличные от этого? Если мы имеем дело с плазмой, то движение частиц в ней нельзя считать случайным, так как оно управляется электрическим полем. А в космическом масштабе определенное направление имеют и частицы нейтрального газа, так как на них действует гравитация. Иначе говоря — язык энтропии имеет смысл для гипотез, фактически относящихся *только к идеальному случаю*. Кажется почти невероятным, что практически

в течение целого столетия физики не обращали внимания на это замечание, — а ведь оно является принципиальным.

## Демон Максвелла

Тут нужно задать себе такой вопрос: а что будет, если компоненты какой-либо системы могут быть предметом выбора?

Уже в прошлом веке этот вопрос беспокоил физика Максвелла. Максвелл неутомимо занимался проблемой, которой не мог решить и которая долгое время была известна под названием «демона Максвелла».

Великий физик представлял себе два одинаковых замкнутых пространства, наполненных воздухом и соединенных каналом, по которому воздух мог свободно двигаться. Расчет вероятности говорит, что в каждую секунду в обоих направлениях проходит одно и то же количество молекул. Представим себе теперь, что соединительный канал, чрезвычайно узкий, можно перекрывать дверкой, управление которой доверено маленькому, проворному демону: он открывает дверку, когда молекула идет справа налево, и закрывает ее перед молекулой, идущей слева направо. В результате таких манипуляций давление в левом пространстве будет все время повышаться, а так как для открывания и закрывания дверки теоретически не нужно расходовать никакой энергии, то мы увидим, что возникает асимметрия, т. е. отрицательная энтропия.

Для всего этого нужно одно условие: нужно заставить молекулы вести себя по-разному, смотря по направлению их движения.

Такое избирательное поведение мы находим в космическом масштабе, где роль концентрирующего фактора играет гравитация, *направляющая водород к тем областям, где он случайно начал скапливаться*. А тогда асимметрия, которую мы называем упорядоченностью, перестает быть случайностью и становится состоянием, к которому система стремится; тогда все понятия о вероятности теряют смысл, так как мы имеем дело с системой, эволюция которой идет не случайно, а обусловленно.

## Явление обратной связи

Рождение звезд или галактик очень важно с логической точки зрения. Если мы имеем дело со взаимодействующими системами, то здесь, на самом пороге космической истории, замечательным образом опровергается догмат о неупорядоченности и одновременно получается замечательная иллюстрация того, что можно назвать следствием номер один, — положительной обратной связи.

С момента, когда в какой-то точке пространства скопилось определенное количество водорода, оно стягивает к себе материю, еще рассеянную вокруг; при этом его масса возрастает, а сила притяжения увеличивается, так что оно притягивает к себе все больше и больше. Здесь мы видим обратную связь, т. е., как показывает название, такую картину, в которой следствие порождает причину. С этой минуты все законы случайности свергнуты и процесс питает сам себя со все нарастающим размахом: развитие становится неизбежным.

Процесс начался в масштабе галактики или звезды, и обратная связь продолжает расширяться. Замечательно при этом то, что при положительной обратной связи источник обусловленности не является чем-то внешним. Это замечание имеет принципиальную важность. Физик, желающий описать Вселенную, старается найти язык, остающийся действительным при любом выбранном коде соотношений и выражающий не впечатления наблюдателя, а законы природы. Таков был смысл работы, сделанной в науке Эйнштейном.

Описывая явления, мы должны считать обратную связь основным процессом развития; она возникает в системе, работающей в коротком замыкании. При положительной обратной связи обусловленность создается «сама собой».

Возникает еще одно замечание. Величина, управляемая процессом положительной обратной связи, в результате своего экспоненциального роста получит фантастические размеры, так что процесс не сможет продолжаться далее. Его развитие роковым образом изменит самую основу проблемы.

Здесь нужно отметить два положения. Положительная обратная связь является источником организации, но в то же время самый ее характер воспрещает ей *прекращаться самостоятельно*. Она перестанет действовать лишь

тогда, когда вызовет изменения, настолько важные, чтобы изменить самые условия. Вообще говоря, процесс положительной обратной связи заканчивается «мутацией».

Концентрация звездного вещества заканчивается, когда в игру вступают ядерные силы, раскаляющие звезду. Как только разогревание началось, всю проблему нужно рассмотреть с совсем другой точки зрения, так как ядерные реакции ведут к распылению вещества, высвобождая энергию, тем большую, чем больше вещества сконцентрировалось. В конце концов, однако, дело приходит к равновесию, которое наступает, когда ядерные силы уравновешивают гравитацию. Дальше равновесие поддерживается влиянием другого процесса — процесса отрицательной обратной связи. Если ритм ядерной реакции ускорится, то с ростом высвобождаемой энергии будет расти и тенденция к распылению вещества; результатом будет снижение центральной температуры, способствующее снижению ритма ядерных реакций.

Понять логику этого процесса нетрудно.

Если какая-либо система изолирована в анархическом космосе, она не может получить обусловленность иначе, чем сама от себя. В этом и состоит смысл обратной связи.

Возможны, однако, два типа обратной связи. При положительной обратной связи результат вызывает причину того же типа, того же направления. Но можно представить себе структуру, в которой результат вызывает причину, направленную в обратную сторону. Таков принцип отрицательной обратной связи: как только система начнет стремиться к изменению своего состояния, реакция начнет противодействовать этому изменению.

Положительная обратная связь была источником *развития*: управляемая ею величина подчиняется законам экспоненциального роста. Напротив, отрицательной обратной связи мы обязаны постоянством управляемой величины; обусловленность имеет пассивный характер и противится какому бы то ни было случайному колебанию управляемой величины. Иначе говоря, отрицательная обратная связь является источником *стабилизации*; мы встречаемся с ней на многих этапах истории космоса.

## Универсальные законы

Таким образом, обратные связи появляются во Вселенной совершенно естественно; под их влиянием Вселенная начала организовываться.

Сейчас процесс обратной связи — это именно тот процесс, на который кибернетики систематически опираются в своих управляемых системах. Это не совпадение, а различные аспекты одной и той же логики.

Еще недавно человек полагал, что управлять способен только он сам. Но в эпоху промышленной кибернетики он понимает, что его функции можно передавать устройствам с обратной связью. Можно предполагать, что в истории Вселенной такие устройства возникают «естественно», в виде обратных связей различного типа; обратными связями управляется хотя бы плотность звезд, так что мир мог приобретать возрастающую обусловленность.

В этом и состоит глубокий смысл кибернетики, предметом которой является не техника, а наука о системах и их поведении. С точки зрения достигаемой цели не столь важно, накапливается ли информация гравитационными устройствами, электрическими, механическими или пневматическими, искусственными или естественными. Настоящая проблема состоит в изучении взаимодействия между системами или их влияния на себя самих. Таким образом, кибернетика оказывается *физикой соотношений*, тогда как еще недавно физика материи соотносила все предметы с человеком; она изучала их изолированно, не задаваясь вопросом о том, как они ведут себя относительно себя самих или относительно друг друга. А ведь в течение миллиардов лет космические системы развивались сами собой, не зная о существовании человека!

Вот почему кибернетика управляет миром. Теперь мы понимаем это: она существовала, не ожидая появления человека, и вызывала развитие Вселенной под действием сил природы. А сравнение с нашими собственными кибернетическими системами будет волнующим. Можно, например, указать на случай некоторых звезд, так называемых звезд Вольфа—Райе, отличающихся огромными скоростями вращения. Процесс развития у них идет необычайно. В таких звездах центробежная сила связана с давлением излучения так, что звезда интенсивно

выбрасывает свое вещество; таким образом она теряет значительную часть своей массы, которая в конце концов уменьшается настолько, что процесс перестает играть заметную роль. Не является ли это космическим вариантом регулятора скорости, изобретенного Уаттом в XVIII в.?

В приборе Уатта на вертикальном валу, получавшем движение от паровой машины, находились два стержня с подвешенными к ним шарами. Под влиянием центробежной силы шары отдалялись, приводя этим в движение кольцо, управляющее задвижкой, которая в свою очередь управляла движением машины. Если в этих условиях случайная причина вызовет уменьшение скорости, то прибор автоматически повышает свою деятельность, и наоборот.

На аналогичной идее основаны сейчас современные технические варианты промышленных регуляторов, в которых электродвигатель управляется показателями тахометрической динамо-машины, играющей роль датчика скорости. Таким путем можно сохранять постоянную скорость при любой нагрузке: с ростом нагрузки динамо-машины повышается рост мощности двигателя. И обратно: если двигатель работает вхолостую, динамо-машина снижает силу тока и замедляет его ход.

Техники вообще создают устройства с обратной связью всюду, где им нужна автоматическая регуляция, например при управлении давлением в резервуаре: компаратор определяет отклонение, имеющееся между давлением на датчике и предписанным значением. Смотря по величине этого отклонения, он вызывает соответствующее действие. Если давление слишком мало, он приводит в движение электродвигатель для его повышения; если оно слишком велико, он открывает клапан. Разве выбрасывание вещества звездами не было прообразом этой функции?

С другой стороны, техник в настоящее время знает, что если система, управляемая контуром обратной связи, реагирует слишком сильно, то управляемая величина может получить отклонение в обратную сторону, а это снова вызовет обратную реакцию. Так возникает явление, называемое собственными колебаниями и идущее в колебательном режиме. В космическом масштабе мы находим это явление в хорошо известной нам категории переменных звезд.

## Общая логика систем

Таковы признаки интеллектуальной революции, которую принесла с собой кибернетика. В героическую эпоху кибернетики, т. е. до 1955 г., характерен антагонизм между кибернетикой и физикой. Для многих физиков кибернетика была только новой наукой, которую нужно было ввести в классические рамки и с самого начала именно в ней применять принцип энтропии. Такая точка зрения привела даже к некоей разновидности деградации энергии — к деградации информации. Этот абсурд бросается в глаза: ведь если существует какое-то целое, в котором можно заметить «увеличение количества», то это именно и есть информация.

В действительности же кибернетика находилась не *среди* классических наук и техники, а *над ними*, так как давала логические критерии для общего изучения систем, из которых классическая термодинамика объясняла только одну область, а именно принцип энтропии, относящийся к изолированным системам *без внутренней обусловленности*. Те системы, которые стали предметом изучения термодинамики, были названы «идеальными».

Этот термин очевидно был эвфемизмом. Его нужно было понимать так, что идеальные системы — это такие, в которых полностью действительны законы, установленные физиками. «Идеальными газами» назывались вещества, подчиняющиеся закону  $PV = RT$ ; а этот закон предполагал, что между молекулами, массы которых представлялись точечными, нет никаких взаимовлияний.

Если исследовать иерархию организованных систем, то мы увидим, что системы, называемые идеальными, оказываются системами, предоставленными анархии; закон энтропии был законом этой анархии.

Таким образом мы можем определить область термодинамики: сюда входят системы, состоящие из «независимых» компонентов.

Если мы выйдем из этого состояния нулевой организации, то перед нами встанет проблема создания физики организованных систем.

Если мы уточним основы общей иерархии структур, то увидим, что подножием ее служит классическая термодинамика, а на вершине находятся организованные системы, созданные развитием жизни. Содержанием же

кибернетической физики должна быть исчерпывающая панорама структур — как до недавнего времени основной проблемой химии было составление общей таблицы элементов, — а также стремление к их синтезу с помощью технических средств.

## КИБЕРНЕТИКА — ИСКУССТВО УПРАВЛЕНИЯ

*Профессор*

ЛУИ КУФФИНЬЯЛЬ

(ФРАНЦИЯ)

### Почему кибернетика — искусство? Кибернетика занимается действием

Согласно определению Винера, кибернетика занимается управлением машинами и живыми организмами. Примеры, приведенные самим Винером, показывают, что сфера действия кибернетики распространяется как на совокупность отдельных частей, образующих машину, так и на совокупность отдельных органов, представляющих в целом живой организм, либо на совокупность живых организмов, составляющих сообщество животных или людей.

Что общего наблюдается у столь различных объектов — такого, что позволяет создать единую теорию управления ими? Единственный их общий признак заключается в том, что все эти объекты воздействуют друг на друга и что понятие об управлении относится только к действию и ни к чему иному. Можно управлять действиями одного человека или группы людей; нервы управляют действием мускулов; кулачки токарного станка — действием резца, обрабатывающего заготовку. Следовательно, кибернетика занимается действием одних объектов на другие, будь то живые существа или машины, созданные человеком.

### Что такое действие?

Даже краткое исследование какого-нибудь действия показывает, что управляемые им логические операции относятся к особой категории.

Действие осуществляется *исполнителем*, а объекты действия по отношению к исполнителю представляют собой

*окружающую среду.* Например, бригада каменщиков, занимающаяся кладкой стены, — это исполнитель действия, которое заключается в том, что одни кирпичи кладут на другие и скрепляют между собой посредством раствора. Кирпичи, раствор, инструменты и само место, на котором возводится стена, представляют собой внешнюю среду, подвергающуюся действию бригады каменщиков.

Действие имеет определенную цель, которая заключается в том, чтобы привести внешнюю среду в некое новое состояние.

Действие развивается во времени. Оно начинается в определенном *начальный момент* времени и заканчивается также в определенный *конечный момент*. В начальный момент внешняя среда находится в некотором начальном состоянии, а в конечный момент оказывается в новом, конечном состоянии. Действие считается эффективным, если конечное состояние внешней среды соответствует цели.

В предыдущем примере голая земля представляет собой начальное состояние внешней среды. Цель заключается в возведении на этой земле стены, что представляет собой новое состояние внешней среды; действие сводится к доставке кирпичей, раствора, инструментов и к кладке стены; земля с возведенной на ней стеной — это конечное состояние внешней среды. Если сложенная стена соответствует проекту архитектора, т. е. если достигнута цель действия, то действие считается эффективным.

## Управление действием

Следовательно, в основе оценки действия лежит его эффективность.

*Любое действие всегда предпринимается в предположении, что оно будет эффективным.* Для этого проводится подготовка к действию, заключающаяся в выработке его программы.

Например, в конструкторском бюро создаются чертежи машины и каждой ее детали. В технологическом отделе определяются виды производственных операций и их последовательность. В цехе решают, когда осуществлять каждую операцию, указывают, на каких станках будет обрабатываться та или иная деталь, какие именно рабочие будут изготовлять определенные детали. Все принятые

решения записываются, и соответствующие документы составляют программу производства машины.

Вот другие примеры. Командующий армией устанавливает программу действия своих войск; развитие экономики страны осуществляется в соответствии с программой, называемой в этом частном случае планом.

*Действие начинается в соответствии с заранее выработанной программой.* Но часто обстоятельства приводят к тому, что приходится изменять программу в процессе ее осуществления или в соответствии с обстоятельствами в нужный момент заменять ее новой программой. Это и есть управление действием.

Управление действием необходимо вследствие реакции внешней среды.

## Реакция внешней среды

Дело в том, что среда, преобразуемая в процессе действия, в большинстве случаев реагирует на производимые в ней изменения, и эта реакция может быть самой различной в зависимости от природы и характера действия.

Реакции внешней среды можно разбить на три основные группы.

а) *Реакция такова, как это предусмотрено программой.*

Приведенный выше пример с сооружением стены относится к этой категории: земля не оказывает сопротивления при кладке стены. В таком случае реакцию среды называют пассивной. При этом можно заранее установить последовательность операций, которые наверняка приведут к поставленной цели.

б) *Реакция не может быть предусмотрена, но она протекает в соответствии с известными законами, связывающими ее с действием исполнительных органов.*

Например, цель действия системы регулирования центрального отопления заключается в том, чтобы в помещении поддерживалась постоянная температура. Температура помещения зависит от температуры воды в радиаторах, а та в свою очередь — от степени открытия воздухопровода, по которому воздух поступает в топку. Вентиль подачи воздуха — это исполнительный орган системы регулирования температуры. Реакция среды выражается в том, что температура в помещении зависит от

температуры наружного воздуха, от того, сколько окон открыто, от числа людей, находящихся в помещении, и т. д.

Все эти факторы заранее предусмотреть нельзя, можно только в общем оценить их влияние, результатом которого является действительная температура помещения. Однако известна зависимость между температурой помещения и положением вентиля подачи воздуха: если температура в помещении понижается, следует больше открыть воздухопровод, если температура повышается, — подачу воздуха уменьшают.

В таких случаях говорят, что реакция внешней среды детерминирована. При этом нельзя заранее установить последовательность операций, которые привели бы к намеченной цели; можно лишь указать метод действия, которого должны придерживаться исполнительные органы в тех или иных обстоятельствах.

в) *Реакция среды не может быть предусмотрена, и неизвестна зависимость между ней и действием исполнительного органа.*

Примером может служить ловля бабочек: человек подкрадывается к сидящему неподвижно насекомому, но в тот момент, когда он собирается набросить на него сачок, бабочка перелетает на другой цветок.

В этом случае говорят, что *реакция среды случайна.*

Примеров третьей категории реакций внешней среды очень много. В большинстве случаев воздействие одного человека на другого или человека на живые организмы относится к этой категории. Таковы действия командующего армией, создателя экономического плана, главы государства.

Так как нельзя выработать ни программы, ни метода действия, позволяющих с уверенностью достигнуть поставленной цели, то исполнитель в каждый момент должен выбирать такое действие, которое больше всего приближает его к цели. Оказывается совершенно необходимым управление действием со стороны командира, который, будучи осведомлен о сложившейся в данный момент ситуации, принимает решение и дает команду осуществить нужную операцию. В этом проявляется *искусство управления*, которым владеет командир. В таком же смысле говорят об искусстве инженера и искусстве мореплавателя.

Так, руководство действием, разновидностью которого является рассмотренное Н. Винером управление, составляет одну из форм мышления, сопровождающего действие и понимаемого в более широком смысле, чем «теория» управления. К этой форме мышления и относится термин «кибернетика».

Расширяя еще больше значение этого термина, приходят к определению, данному, по моему предложению, во время Первого международного конгресса по кибернетике в городе Намюре (1956 г.) «*Кибернетика есть искусство эффективного действия*».

### Кибернетическая логика

Обычно умственную деятельность человека подразделяют на литературную, научную и техническую. Кибернетика создает новый вид умственной деятельности, взаимоотношения которой с перечисленными выше видами следует точно определить. Из сравнения кибернетической логики с методом рассуждений ученого, деятеля техники или писателя следует, что это «искусство» совсем иного рода.

### Наука, техника и кибернетика

Кибернетическая логика отличается от научного мышления следующими особенностями:

наука занимается тем, что в поведении тел обнаруживает законы, описывающие взаимодействия этих тел, тогда как кибернетика разрабатывает программы действий;

научные законы стремятся к наиболее полным обобщениям и не учитывают некоторых наблюдаемых явлений, к которым известные на данный момент законы неприменимы; кибернетика же, разрабатывая программу эффективного действия, имеет дело лишь с ограниченной областью внешней среды, но зато должна принимать во внимание все известные свойства этой среды, даже те, которые не учитывались при установлении научных законов; наука занимается прошедшим и настоящим и часто воздерживается от заключений о будущем, тогда как кибернетика должна предвидеть будущее и основывается на конечной цели действия; ее задача и заключается в выборе средств, которые позволили бы достигнуть цели, намеченной еще до начала действия.

Перечисленные различия показывают также, что кибернетика не является и «прикладной наукой».

Делались попытки отождествить кибернетику с наукой о поведении. Жорж Р. Буланже даже ограничил область кибернетики целеустремленным поведением. Но в науке о поведении, даже целеустремленном, одно наблюдаемое действие *объясняется* как следствие другого действия, тогда как кибернетика *выбирает* действие для достижения определенной цели. Платон остроумно исследовал действия кормчего, тесно связанные с действиями капитана и рулевого. Рулевой воздействует на кормило, его действие имеет конечную цель. Но именно кормчий управляет действиями рулевого так, чтобы судно достигло порта, и мышление кормчего — это мышление кибернетическое. Цель же действия определяет капитан, отдающий команду.

Мышление кормчего представляет собой пример кибернетического мышления, и слово «кибернетика» происходит от древнегреческого слова *κυβερνητική*, что значит «кормчий».

Кибернетика не относится к области техники, так же как и к области науки. Она не представляет собой некоторой технической теории, сравнимой, например, с теорией турбодвигателей, которая описывает общие зависимости между действием турбин, насосов, вентиляторов и других подобных машин.

В самом деле, технологический процесс сводится к применению программы, тогда как кибернетика разрабатывает самую программу и изменяет ее в зависимости от реакции внешней среды.

Итак, кибернетика, отличаясь одновременно от науки и от техники, характеризуется особым способом мышления.

Кибернетическая логика сложна, и все ее формы полностью еще не изучены. Однако уже в настоящее время достаточно широко используется метод аналогий и моделей и можно впервые дать его научный обзор.

## Механизмы, аналогии и модели

Выше уже указывалось, что действие развивается во времени и что в результате действия изменяется внешняя среда. Это явление может быть точно выражено посредством понятия «механизм».

*Механизм* есть такая физическая система, которая может последовательно изменять свое состояние. Например, двигатель автомобиля состоит из деталей, занимающих при его работе ряд различных последовательных положений. Двигатель — это механизм. Химические вещества, реагирующие между собой и изменяющиеся во времени, также представляют собой механизм. В таком же смысле говорят о механизме химической реакции, об экономическом механизме, о механизме математического доказательства.

С понятием о механизме связано еще несколько других простых понятий.

Механизм называется *формализованным*, если его связи с окружающей средой заранее известны. Формализованный механизм получает исходные *данные* через *вводное устройство*, *перерабатывает* их и на *выходе* выдает *результаты*. Действие механизма определяется логической связью между исходными данными и результатом; *структура* механизма зависит от природы его органов и способа их *действия*.

Различие между действием и структурой механизма очень значительно: оно основывается на том, что механизмы, имеющие разную структуру, могут совершать одно и то же действие, а один и тот же механизм может выполнять несколько разных действий.

Пример первого: для нагрева кастрюли с водой можно использовать любой из таких механизмов, как пламенная печь, газовая плита и электрическая плитка. Пример второго: наиболее наглядное действие мускулов человеческого тела состоит в том, что они приводят в движение кости скелета, но у них есть и менее заметная функция, заключающаяся в накоплении глюкозы.

*Два механизма аналогичны, если их органы, соответствующие один другому, выполняют одну и ту же функцию.* Например, диск фонографа и лента магнитофона — аналогичные механизмы, так как их функция состоит в хранении музыкальной записи.

Понятие аналогии широко распространено; в процессе мышления все прибегают к аналогиям и сравнениям. Но, как было показано, кибернетика не может довольствоваться методом научного мышления, т. е. дедуктивным, а должна анализировать рассуждения, которые она ис-

пользовала, и условия их эффективности. По этой причине была изучена сущность и метода аналогии.

Метод аналогии состоит в следующем. *Убедившись в аналогичности двух механизмов (т. е. в том, что они выполняют некоторые общие функции), предполагают, что известные функции одного механизма присущи также и другому механизму, для которого их наличие не установлено.*

Например, наблюдали, что функции организмов животных — пищеварение, дыхание, кровообращение, выделение и т. д. — аналогичны функциям организма человека и что отправление этих функций может быть нарушено одними и теми же болезнями. При изучении действия лекарственного препарата сначала проводят опыты на животных и затем предполагают, что при назначении этого лекарства человеку результаты будут аналогичны результатам, наблюдающимся на животных. Таким путем устанавливают приближенно дозы лекарств для человека.

*Моделью некоторого механизма или действия называют искусственно созданный механизм, имеющий определенные аналогии с данным механизмом.*

Вернемся к предыдущему примеру.

Прежде чем ставить опыты на животных, выращивают микробы определенной болезни в питательной среде, которая представляет собой модель гуморальной среды живого организма. Как питательные среды, так и организмы животных представляют собой аналогии человеческого организма, но питательные среды производятся человеком и поэтому являются моделями; организм животного не может быть создан человеком и представляет собой природный аналог человеческого организма.

Из данного выше определения и приведенного примера становится понятно, что создание моделей тесно связано с методом мышления по аналогии. Прогресс человека в познании окружающего мира и в воздействии на окружающий мир происходил благодаря созданию моделей, к которым применялся метод мышления по аналогии.

Один из наиболее значительных последних результатов изучения метода мышления по аналогии — выработка условий, необходимых для того, чтобы существовала большая вероятность эффективности модели:

модель должна быть верной, т. е. иметь аналогии с оригиналом;

модель должна воспроизводить преимущественно функции оригинала, а не его структуру; модель должна быть простой.

Например, обычной моделью силы служит вектор. Это верная модель, потому что такие характеристики, как начало вектора, его направление, длина, аналогичны свойствам силы: точке приложения, направлению, величине. Поэтому в большинстве задач динамики силы могут быть представлены их векторной моделью с большой вероятностью того, что решения, полученные при оперировании с векторами, подтвердятся на опыте. Замечу, впрочем, что французские исследователи Поль Пэнлеве и Этьен Делассю привели примеры и таких реально существующих систем, поведение которых не может быть описано путем применения законов динамики к их векторной модели. Норберт Винер в 1951 г. на Парижском конгрессе «Вычислительные машины и человеческая мысль» указал на сходство между замкнутыми контурами нервной системы и замкнутыми электрическими контурами вычислительных машин, в которых импульсы движутся сколько угодно долго, образуя «память» машины. Такое сходство позволяло думать, что замкнутые контуры нервов являются элементами памяти мозга. Однако другой участник конгресса Лоренте де Но показал, что это не так: аналогия, отмеченная Винером, основывалась лишь на структурном сходстве контуров и оказалась неэффективной.

Ниже, в разделе «Реакция населения на психологическое воздействие», мы расскажем об аналогиях между указанными контурами, которые основаны на сходстве их функций и оказались весьма эффективными.

Математические модели переросли в теории, излагающие те изменения, которым можно подвергнуть некоторые модели путем применения правил логики. Развитие большей части теорий на определенном этапе прекращается, и более внимательное изучение показывает, что этот момент наступает тогда, когда модели становятся настолько сложными, что человеческий ум перестает их представлять. Так, теория алгебраических кривых, детально разработанная для кривых второго порядка, в отношении кривых третьего порядка в лучшем случае ограничивается классификацией их форм, а изучение кривых более высоких порядков сводится к рассмотрению отдельных частных случаев.

## Информация

Как сталь служит материалом для механических изделий, материалом для мышления является информация. Н. Винер ясно представлял громадное значение информации, объединяя в своем определении кибернетики такие понятия, как «управление» и «связь», т. е. передачу информации.

Создано несколько теорий информации, из которых наиболее известна теория К. Шеннона. Но кибернетика в принятом нами широком понимании должна учитывать те обстоятельства, которые отбрасывались различными теориями информации.

Пользуясь обычными терминами, информацию можно определить как «физическое воздействие, вызывающее ответное физиологическое действие».

Для эффективного использования информации с целью управления действием это определение следует уточнить.

Грей Уолтер в своем смелом сравнении рассматривал психологические действия как отправление физиологических функций. Он назвал функцией мышления получение, хранение и переработку информации. Получению, хранению и переработке информации соответствуют такие психологические действия, как *восприятие, память и воображение*. Удобно также выделить функцию воли, которая проявляется в принятии тех или иных решений, представляющих одну из разновидностей информации.

Мышление аналогично усвоению пищи. Переваривание ее имеет сходство с восприятием, так как при пищеварении пища перерабатывается в такие химические вещества, как гликоген и глюкоза, которые могут сохраняться в тканях организма. Память сходна с гликогенным действием печени и мускулов, которые накапливают и хранят энергию, привносимую с пищей.

Наконец, воображение аналогично такой функции организма, которая создает тот или иной физико-химический носитель энергии, соответствующий способу использования этой энергии в том или ином органе живого существа.

Короче говоря, аналогия между усвоением пищи и мышлением заключается в том, что в первом случае человеческий организм получает извне, хранит, видоизменяет и распределяет требующуюся ему энергию, а во

втором случае, в процессе мышления, аналогичные операции выполняются в отношении информации.

С понятием «мышление» связана одна особенность. *Нам неизвестен орган мышления*, так же как неизвестны органы памяти, воображения, воли. Но кто может сказать, какая материальная субстанция является носителем радиоволн, идущих от антенны передатчика к антенне приемника? В кибернетике не возникает затруднений из-за того, что носитель информации неизвестен, так же как инженер-связист использует радиоволны, ничего не зная о природе их носителя.

Определение понятия «информация» может быть теперь уточнено, если называть информацией «физическое действие, влияющее на мышление».

Следовательно, информация имеет две стороны: *семантику*, которая заключается в *действии* данной информации на *мышление*, и *носителя* информации — физическое явление, оказывающее семантическое действие на мышление.

## Универсальность кибернетики

При управлении действием должна приниматься во внимание вся совокупность информации о внешней среде, так как какое-либо даже незначительное неучтенное обстоятельство может оказать серьезное влияние на эффективность действия.

Это значит, что при создании моделей и применении кибернетической логики следует пользоваться знаниями, относимыми обычно к различным областям — физике, химии, биологии, психологии, механике, математике, литературе и т. д. Другими словами, нужно «брать добро там, где оно лежит».

Кибернетические методы мышления с трудом укладываются в категории существующих психологических теорий. Поэтому между результатами, получаемыми в кибернетике, трудно установить последовательную связь, и автор должен извиниться за то, что изложение материала следующей главы не построено по строго рациональному плану.

Любое рассуждение, любое указание, любая творческая идея могут быть использованы в кибернетике, если они эффективны, вне зависимости от того, какими путями они

получены. В этой связи между идеями, различными по природе и происхождению, связи, устанавливаемой с целью такого управления дейсгвием, которое с успехом привело бы к поставленной цели, а также к свободе кибернетической мысли затрагивать все проблемы воздействия на окружающую природу и человека для получения объективных сведений о них и для эффективного на них воздействия — во всем этом заключается *универсальность кибернетики*.

## Последние результаты

Универсальность кибернетической мысли проявляется в аналогиях, сопоставляющих самым неожиданным образом существа самых различных категорий. Приведем несколько типичных примеров.

Реакция населения на психологическое воздействие. В начале XX в. невропатологи, в частности французский исследователь Луи Лапик и англичанин Чарлз С. Шеррингтон, показали, что при возбуждении конца нерва по нему распространяется электрическая волна, имеющая такую форму, как показано на рис. 1, где по оси абсцисс отложено время, а по оси ординат — разность потенциалов. Дени Габор показал, что волна, несущая мгновенный импульс через электрический фильтр, может рассматриваться как результат наложения друг на друга волн, близких по форме к кривой Лапика и смещенных во времени одна относительно другой. Такую же форму имеет волна, которая распространяется в контуре, состоящем из нервов и нервных узлов (ганглий), и передается от одного нерва к другому через образование, называемое синапсом, без соприкосновения нервов.

При поисках других аналогий было установлено, что электронная лампа имеет сходство с синапсом, так как связь между электродами лампы осуществляется также через плохо проводящую среду. Таким образом, нервный

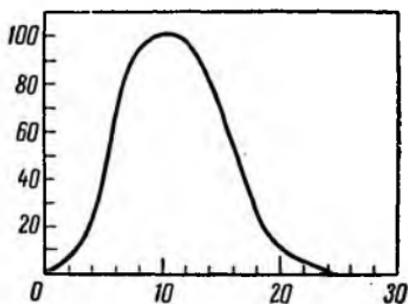
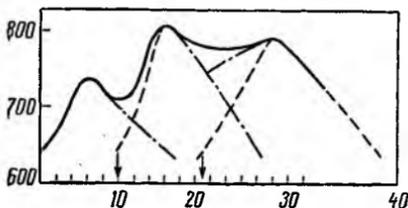
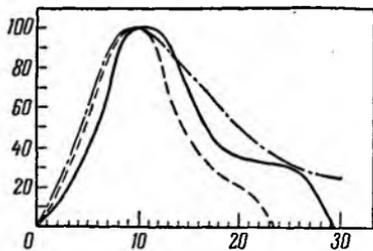
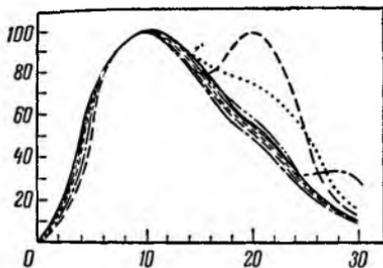


Рис. 1



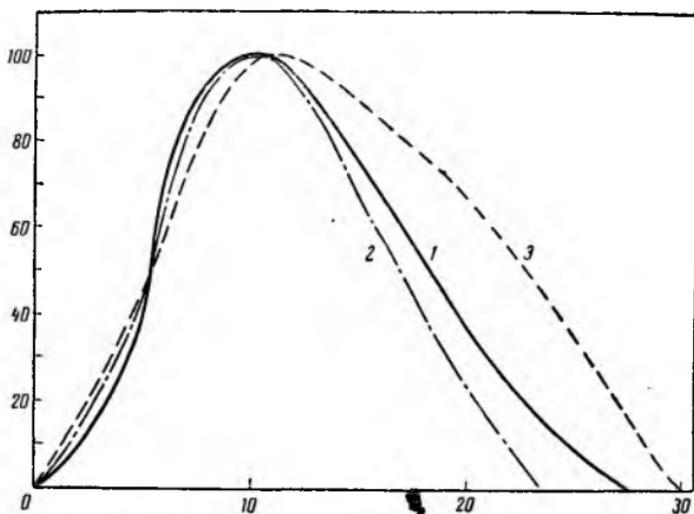
Р и с. 2. Кривые на верхнем рисунке показывают ход распродажи однородных товаров в течение месяца; на среднем — распродаж, производившихся в течение недели в разное время года; нижний график показывает ход распродажи в течение длительного времени; стрелками обозначены дни, когда происходило усиленное рекламирование товара. Если сопоставить все эти кривые, как это сделано на рис. 3, то оказывается, что они имеют одну и ту же форму

время распродажи. К рекламировавшимся товарам относились чулки, перчатки, парфюмерные изделия, белье, хозяйственные товары. Рекламные распродажи производились

узел и электрический фильтр действуют по одному и тому же принципу, отличаясь один от другого своей структурой.

Если затем учесть, что электрические импульсы, распространяющиеся по нервам, почти всегда являются носителями информации и что импульсы в электрической цепи также часто служат для передачи информации, то по аналогии можно предположить, что реакция механизма, использующего информацию, на возбуждения должна описываться кривой, сходной по форме с кривой Лапика, даже тогда, когда возбуждения не создаются электрическими импульсами. В частности, таким механизмом может рассматриваться население, получающее устную или зрительную информацию.

Для проверки метода аналогии был проделан следующий опыт. В качестве механизма рассматривались покупатели одного крупного парижского магазина. Информацией служили сообщения о рекламной распродаже товаров, а за меру реакции принималась выручка за



Р и с. 3. Как бесконечно далекие так и до полного совпадения близкие по структуре явления легко могут быть сопоставлены в том случае, если их функции одинаковы. Процессы прохождения импульсов в нервной системе человека описываются той же математической кривой, что и зависимость спроса на товары от хода рекламной кампании

в разное время года, и продолжительность их также варьировалась. После статистической обработки полученных результатов были получены кривые, показанные на рисунках. Вершины этих кривых имеют абсциссу, равную 10, и ординату, равную 100.

Из этого опыта можно заключить, что *достаточно однородное население вполне определенным, присущим для него образом реагирует на психологическое воздействие.*

Открытием этой закономерности мы обязаны методу мышления по аналогии, описанному выше во всех подробностях.

**Работа предприятия.** Если метод аналогий применить в другой области — по отношению к поведению отдельного органа живого организма, или отдельного живого существа, или человеческого общества, то можно отметить, что:

действия отдельных органов животного согласованы между собой, и цель их, по всей видимости, — поддерживать существование животного и дать ему возможность действовать, в чем и состоит потребность, удовлетворить которую стремится животное;

действия органов человека, а часто и их строение имеют много общего с действиями органов животного, и при их функционировании преследуется та же цель; но почти у каждого человека в значительно большей степени развита функция мышления, и потребности, удовлетворить которые стремится человек, носят особый характер: это *потребности эстетические*.

Следовательно, очевидная цель активности человека заключается в удовлетворении его потребностей.

В доисторические времена люди объединялись для охоты, в современных условиях они объединяются в производственные группы для того, чтобы благодаря совместным направленным усилиям удовлетворять свои потребности, чего они не могли бы добиться, действуя каждый в отдельности, или же для того, чтобы всем вместе наслаждаться, когда удовольствие не может быть доставлено каждому из них в отдельности.

Анализ современных социальных отношений при помощи аналогий между животным и человеком, между человеком и обществом, между органами человека и органами общества выявляет такие черты в жизни общества, которые до сего времени оставались незамеченными или не могли быть исследованы.

а) *Действие всего человеческого общества заключается в удовлетворении потребностей его членов*. Это действие мы будем называть *экономической функцией* общества. Группу лиц, деятельность которой служит выполнению экономической функции общества, мы будем называть *предприятием*.

Например, завод, производящий пневматические шины, — это предприятие, функция которого заключается в производстве шин, чтобы удовлетворить потребности людей, пользующихся автомобилями.

Библиотека — это предприятие, функция которого сводится к тому, чтобы предоставлять книги в распоряжение лиц, испытывающих потребность в чтении.

Целая нация, главная функция которой состоит в обеспечении всем ее гражданам благосостояния и счастья, в чем они испытывают потребность, также представляет собой предприятие.

б) Работа предприятия складывается из действий отдельных людей, использующих орудия производства: инструменты, машины, транспортные средства и т. д. *Пред-*

*приятие обеспечивает процесс производства орудиями производства, а работники предприятия являются источником информации.*

Приводящийся обычно пример с рабочим, заливающим металл в изложницу, имеет целью показать, что на предприятии есть работники, являющиеся в основном источниками физической энергии. Но так как в результате производственного обучения можно достичь такой же производительности при меньшей затрате физического труда, то ясно, что в случае физического труда действиями рабочего управляет информация. Даже тот факт, что некоторые люди с трудом справляются с производственным обучением, свидетельствует, что во время работы рабочий максимально использует присущую ему способность к переработке информации.

Когда рабочий управляет машиной, его сложные, но совершаемые без больших физических усилий движения поставляют машине информацию для выполнения отдельными ее частями силовых операций. Рабочий в данном случае не затрачивает своей энергии для выполнения этих операций.

Действия всех работников предприятия, начиная с бригадира и кончая директором, сводятся к предоставлению в нужный момент информации, необходимой для функционирования предприятия.

в) Работники предприятия отличаются один от другого по количеству и качеству поставляемой ими информации. *Производственная квалификация* работника — это совокупность качеств, включающая в себя информацию, которой он обладает в своей профессии, силу воображения, которой он наделен для выработки на основе этой информации новой, и, наконец, его способность передавать информацию другим работникам.

г) Принимая во внимание то, что деятельность отдельных членов общества сводится главным образом к обмену информацией, кибернетика разумно решает *проблему «общественных отношений»* («public relations»). Так американцы называют проблему, часто возникающую при взаимоотношениях людей и связанную с тем, что им иногда трудно понять друг друга и прийти к согласованному мнению. Эти трудности возникают в отношениях между руководителем и его сотрудниками, между продавцом и

покупателем, между служащим и администрацией учреждения и т. д.

Кибернетика рассматривает «общественные отношения» как *особый вид передачи информации*. По аналогии с передачей информации по радио, когда передатчик и приемник должны быть настроены электрически на одну и ту же частоту, чтобы передача совершалась без искажений, — образы мышления человека, передающего информацию, и человека, ее принимающего, также должны быть согласованы между собой. А так как принимающий информацию не знает, что ему будет сообщено, то именно передающий информацию должен соответствующим образом приспособляться к нему, для чего он должен знать: какой информацией уже располагает принимающий информацию и в какой форме она была ему сообщена; насколько принимающий способен усвоить новую информацию.

Исходя из этого передающий новую информацию должен делать это в форме, доступной для восприятия принимающего.

Короче говоря, кибернетика видит простое решение проблемы «общественных отношений» в *освоении средств передачи информации*.

В частности, обстоятельное изучение таких средств передачи информации, как речь, рисунок, кинофильм, должно стать частью народного просвещения, что приведет к хорошей профессиональной квалификации.

д) Наконец, наблюдая реакцию людей на психологическое воздействие, можно предположить, что предприятие состоит из *самоорганизующихся единиц*.

Начиная с рабочего, у которого свой собственный способ обращаться с машиной, и кончая директором, у которого свой собственный метод руководства людьми, все работники производства действуют в пределах поставленного перед ними задания в соответствии с собственной инициативой.

Например, на стройке приходится переводить рабочих из одной бригады в другую в зависимости от срочности выполнения тех или иных работ. Организация работы видоизменяется в зависимости от обстоятельств по указаниям производителя работ. Следовательно, такая стройка представляет собой самоорганизующуюся производственную единицу.

В понятии самоорганизующейся производственной единицы выделяются следующие моменты:

при организации предприятия основное внимание обращается на его действие, а не на его структуру. Структура предприятия может быть изменена, если это необходимо, для того, чтобы предприятие осуществляло свою функцию;

деятельность каждой производственной единицы определяется поставленными перед ней целями;

информация, которой обмениваются руководители производственных единиц, относится к цели или, что одно и то же, к результатам их деятельности.

Таким образом, основная сущность предприятия состоит в том, что это сообщество людей, основным вкладом которых в предприятие является поставляемая ими информация. Поэтому для правильного функционирования экономического механизма имеет большое значение производственная квалификация работников предприятия, а также профессиональное обучение. Проблема «общественных отношений» решается путем изучения средств передачи информации. Исследование сущности предприятия показывает, что оно состоит из самоорганизующихся единиц. Многочисленные проблемы, связанные с организацией предприятия, разрешаются исходя из этого положения.

Кибернетика машин. Для построения аналогии в кибернетике Н. Винер всегда исходил из понятия «машина» или «орган машины». Следовательно, сначала кибернетика занималась машинами.

Но что такое машина?

Самая древняя известная нам машина — токарный станок (2000 г. до н. э.). Древесный ствол, из которого хотели выточить колонну, подвешивали между двумя деревьями и вращали при помощи веревки. Человек держал резец и прижимал его к вращавшемуся стволу. Он перемещал резец и придавал ему нужное положение, пользуясь доской, параллельной обрабатываемому стволу.

У современного токарного станка те же самые основные части: две бабки, которые зажимают обрабатываемую деталь и с помощью мотора приводят ее во вращение; резец, который держится в суппорте, а не в руках рабочего; суппорт перемещается под действием других частей станка.

*Машина создается для того, чтобы заменить человека при выполнении некоторого действия.*

Орган, совершающий действие, которое вызывает изменение внешней среды, в чем и заключается его цель, называется *эффектором*. Остальные органы, предназначенные для управления действием эффектора, — это *кибернетические органы*.

С методологической точки зрения *управление машиной — это интеллектуальная операция, и кибернетические органы заменяют человека при выполнении таких операций.*

Здесь следует сделать одно замечание, которое очень редко формулировалось с достаточной ясностью. Эффективно действующие машины — это не те машины, которые повторяют жесты и логические операции человека, т. е. *роботы*. Эффективно действующими являются такие машины (и они уже применяются на производстве), которые используют наиболее простые в данный момент средства для разрешения данной производственной задачи. Перед ними ставится задача, требующая решения, и они ее разрешают удовлетворительными с точки зрения механики средствами. Это *машины-симуляторы*.

Вот один пример.

В конце первой мировой войны в Скалистых горах была построена первая гидроэлектростанция, управляемая на расстоянии. Робот в виде человека с ногами, туловищем и головой, снабженный телефонным аппаратом, перемещался по рельсам перед приборами и кнопками управления. Поднося свою «руку» к шкалам приборов, он считывал их показания, по которым определялось состояние станции (уровень воды, напряжение, мощность и т. д.), и передавал эти показания за несколько сотен километров в долину. Из долины приходили ответы, содержавшие указания о тех маневрах, которые должен был выполнить робот. Тогда робот перемещался по рельсам и нажимал на соответствующие кнопки управления. Информация передавалась в виде пяти нот музыкальной гаммы.

В наши дни устройства для телеотчетов и телекоманд помещаются в неподвижном корпусе, а носителем информации являются электрические импульсы, которые через распределительные устройства поступают в соответствующие исполнительные органы. Исполнительные органы по

внешней форме не имеют уже сходства с человеком, и хотя они выполняют вместо человека логические операции, но осуществляют их иными техническими средствами. Это уже симуляторы.

Органы машины или машины, управляющие сами собой, называются *автоматами*. Автоматизм достигается при помощи кибернетических органов. Поэтому многие инженеры путают автоматику с кибернетикой и даже с математической теорией машин-автоматов.

Но для инженера *математическая теория* — это модель существующих в природе явлений, преимущество которой заключается в том, что эта модель изменяется в соответствии со строго определенными правилами — правилами логики. Определенность этих правил облегчает их применение, особенно с помощью вычислительных, или «думающих» машин. Применение математических моделей — это частный случай кибернетической логики, когда между двумя рассуждениями по аналогии вклинивается дедуктивное рассуждение. Только в том случае, когда выводы, полученные в результате математических преобразований модели, оправдываются на опыте, теория находит практическое применение. Другими словами, *кибернетическая логика не разделяет технику и теорию*.

Если, например, исследовать работы по созданию искусственных спутников в различных странах, то можно отметить, что неудачи вызываются всегда техническими причинами, а не недостатками теории.

Последние примеры. В последних методологических работах ясно подчеркивается оригинальность кибернетической логики и ее отличие от дедуктивного метода мышления.

В первую очередь следует отметить значительную работу польского профессора Х. Греньевского «Кибернетика без математики» (Варшава, 1958), в которой систематически изучен вопрос о представлении природных явлений в виде моделей. Это такие модели, которые называют *«диалектическими моделями»*, т. е. у которых аналогии с оригиналом устанавливаются путем его описания. Язык моделей Греньевского — это не математический, а особый графический язык, весьма схожий со схемами электронных машин.

Но само разнообразие изучаемых таким путем явлений говорит о больших возможностях метода моделей, т. е.

метода кибернетической логики. В частности, такие простые модели легко позволяют понять, в чем заключается поведение по Павлову, а также указывают пути создания машин для перевода с одного языка на другой.

Механизм *обратной связи*, который интересует инженера обычно только в том случае, когда он стабилен (отрицательная обратная связь), и который может быть описан математически только в случае его линейности, был применен английским ученым Стенли Джонсом в биологии в его наиболее общем виде с использованием обычного языка. Анри Лабори (Франция) также описал этот механизм, используя схемы своего соотечественника Пьера де Латилля, очень близкие к моделям профессора Греньевского.

Основные идеи математической теории информации Шеннона, сопоставлявшего ее с кинетической теорией газов, были использованы французским исследователем Франсуа Бонсаком, которому удалось показать природу парадоксов статистической термодинамики и устранить их, а также интерпретировать математические результаты Шеннона в области биологии и психологии.

Изучение экономики с помощью кибернетической логики проводится в Институте прикладных экономических наук в Париже под руководством профессора Франсуа Перру.

Итак, развитие кибернетической мысли расширяет область кибернетики, ограничивавшейся первоначально математической теорией машин-автоматов и применением этой теории к некоторым механизмам, и позволяет рассматривать кибернетику как оригинальный метод мышления, наиболее изученная форма которого — метод аналогий и использование моделей.

Результаты, уже полученные на этом пути, позволяют думать, что такое понимание кибернетики в будущем станет всеобщим.

## **ТАМ, ГДЕ НУЖНЫ ПРЕДСКАЗАНИЯ И ПРЕДВИДЕНИЯ**

### **КИБЕРНЕТИКА И УПРАВЛЕНИЕ ЭКОНОМИКОЙ**

*Академик*  
**В. ГЛУШКОВ**

Период бурного развития кибернетики начался с момента появления первых быстродействующих электронных вычислительных машин, благодаря чему стало возможным решение актуальных проблем автоматизации на принципиально новом уровне — в сфере умственной деятельности человека. Разумеется, в условиях сегодняшнего дня не всегда легко отделить физический труд от умственного. Однако существуют области деятельности человека, которые всегда было принято относить к сфере чисто умственного труда. Именно о таких областях и идет речь.

Естественно, прежде всего возникают два вопроса: в какой мере применение средств автоматизации в умственном труде возможно, а если возможно, то есть ли в нем необходимость?

На первый из этих вопросов уже сейчас можно дать вполне определенный ответ: никаких границ для применения средств автоматизации в умственной деятельности человека не существует. Более того, даже нынешние так называемые универсальные электронные цифровые машины в принципе пригодны — хотя далеко не всегда еще хорошо приспособлены — для автоматизации интеллек-

туальной деятельности любого вида. Остановка лишь за тем, чтобы изучить и точно описать управляющие этой деятельностью закономерности. Правда, сейчас такие закономерности изучены лишь в достаточно простых случаях. А изучение закономерностей мыслительных процессов в сложных случаях (например, в сфере творческой деятельности) только начинается и потребует, несомненно, затраты огромных усилий коллективов высококвалифицированных ученых.

Отвечая на второй вопрос, можно выделить ряд областей умственной деятельности человека, где автоматизация уже сегодня крайне необходима и может заметно ускорить темпы нашего движения вперед.

Первая и в настоящее время наиболее важная из них — система учета, планирования и управления экономикой. Известно, что количество информации, перерабатываемой этой системой, возрастает гораздо быстрее, чем растет производство. Вместе с тем темпы механизации и автоматизации (а следовательно, и рост производительности труда) в сфере планирования, управления и учета были до последнего времени значительно меньшими, чем в сфере материального производства.

В результате производительность труда большого количества инженерно-технических и конторских работников, а также и экономистов, занятых в сфере планирования, управления и учета, растет крайне медленно. Это отрицательно сказывается на развитии всего народного хозяйства, вызывает серьезные дефекты и просчеты в планировании, не позволяющие до конца использовать преимущества социалистического строя.

По мере дальнейшего роста производства объем поступающей от него информации, а следовательно, и трудности планирования будут увеличиваться. Ориентировочные расчеты показывают, что при сохранении существующего уровня качества планирования (а этот уровень еще не соответствует требованиям сегодняшнего дня) и при сохранении неизменным уровня технической оснащенности сферы планирования, управления и учета уже в 1980 г. потребовалось бы занять в этой сфере все взрослое население Советского Союза.

Стало быть, автоматизация учета, планирования и управления экономикой — задача огромной общегосударственной важности. В значительной своей части она мо-

жет быть решена на базе уже существующих универсальных электронных цифровых машин.

Но дело вовсе не сводится к одной лишь разработке и изготовлению нужного количества электронных вычислительных машин. В таком понимании данная проблема была бы относительно простой, а ее решение не принесло бы ожидаемого экономического эффекта.

Основная задача внедрения электронной вычислительной техники в сферу учета, планирования и управления экономикой заключается не в простой замене ручного труда при различного рода подсчетах, а в коренном изменении самих методов управленческого труда, в переходе к оптимальному планированию и управлению.

Суть оптимального планирования и управления состоит в том, чтобы из бесчисленного множества вариантов развития нашего народного хозяйства в направлении решения генеральных задач, ставящихся партией, выбрать в каждый данный момент самый лучший вариант, обеспечивающий решение этих задач в кратчайшие исторические сроки. Переход к оптимальному планированию и управлению означает устранение тех многочисленных просчетов, которые все еще пока допускают наши плановые и оперативные органы. Он означает наиболее полное использование всех резервов нашей экономики, обуславливаемых теми огромными преимуществами, которые дает нам социалистический способ производства.

Сейчас пока еще трудно назвать точную цифру, но вряд ли будет преувеличением считать, что полный переход на оптимальные методы планирования и управления позволит по крайней мере удвоить темпы роста нашей экономики, темпы роста благосостояния советского народа.

Конечно, для решения задачи автоматизации учета, планирования и управления экономикой на основе электронной вычислительной техники необходимо провести большую работу.

Дело в том, что широкое внедрение средств кибернетики в управление экономикой характеризуют многие отличительные особенности по сравнению с использованием электронной вычислительной техники для научных и инженерно-технических расчетов. Первая из них заключается в том, что потоки информации, подлежащие переработке, значительно превосходят объемы информации,

нужные для решения научно-технических задач. Чтобы обеспечить решение экономических задач, электронные вычислительные машины средней мощности (порядка 50 тыс. операций в секунду) должны перерабатывать такое количество входной информации, которое в переводе на перфокарты дает цифру порядка 10 млн. штук в месяц. Совершенно ясно, что использование одних только перфокарт для этой цели практически невозможно, а к вводу и выводу информации предъявляются определенные требования.

Первоначальным и совершенно необходимым условием полной автоматизации переработки экономической информации является автоматизация первичного сбора исходных данных.

Существенно расширяется также понятие операции, производимой электронной вычислительной машиной. Если при выполнении какого-либо инженерного расчета или решения другой научной задачи машина в основном производит арифметические операции — сложение, вычитание, умножение и деление, то при обработке экономической информации большое место занимают операции сортировки, формирования массивов и др. Необходимость их выполнения все в больших масштабах предъявляет новые дополнительные требования к быстрдействию электронных вычислительных машин.

Более высокие требования предъявляются к программированию, ибо в средней по сложности программе для обработки экономической информации значительно большее число приказов, чем в программе такого же научного или инженерного расчета. Кроме того, существенно усложняется задача правильной организации труда программистов, рационального распределения между ними работы.

По сути дела, это типичные проблемы, которые возникают при изучении сложных систем, и их решением занимается новая наука — теория больших систем.

Многое зависит от правильного подхода к внедрению вычислительной техники для управления экономикой. Необходимо в этом вопросе осуществить системный подход, т. е. внедрять не отдельные машины (если даже они очень хороши и пригодны для решения планово-экономических задач), а системы управления. Это означает, что разработка системы алгоритмов, средств первичного сбора

информации и средств связи вместе с изготовлением соответствующих электронных вычислительных машин должна производиться одновременно одним и тем же коллективом разработчиков. Само собой разумеется, что выполнению этих задач должна предшествовать кропотливая работа на местах внедрения (на предприятиях и в организациях) по исследованию операций, подготовке соответствующих инструкций для выполнения всего комплекса технико-организационных мероприятий, обеспечивающих внедрение автоматизированной системы управления.

Учитывая сложность автоматизированных систем управления и недостаток соответствующих кадров для их технического обслуживания, необходимо предусмотреть правильный порядок их производства и организации эксплуатации.

Совершенно понятно, что производство таких систем должно быть комплексным: вместе с техническими средствами по обработке информации (ЭВМ) необходимо производить и средства сбора и передачи информации (датчики, устройства связи и т. п.), а также весь комплекс ввода и вывода информации.

Установку, наладку, организацию эксплуатации и ремонта систем можно мыслить только централизованными. Необходимо, очевидно, предусмотреть систему гарантий для бесперебойной работы, порядок оперативной передачи функций (во время выхода из строя) другим системам или вычислительным центрам и т. д. и т. п. Это не исключает, а, наоборот, усиливает необходимость создания на предприятиях, где внедряются типовые системы управления, головных баз или исследовательских групп, которые занимались бы совершенствованием функционирования систем, разработкой недостающих в первоначальном наборе алгоритмов и программ и подготовкой дополнительных технических требований. Все перечисленные проблемы необходимо учесть при создании единой государственной автоматической системы по обработке планово-экономической информации и управлению экономикой, которая объединит деятельность всех низовых автоматизированных систем управления, функционирующих на отдельных предприятиях или в группах более мелких вычислительных центров по обработке планово-экономической информации. Имеется в виду именно то обстоя-

тельство, что указанные выше требования необходимо учесть при изготовлении и внедрении систем управления, начиная с нижнего уровня (на предприятиях), предусмотрев возможность в информационном плане их объединения с помощью современных линий связи в территориальные центры обработки информации и передачу необходимых данных во все вышестоящие органы управления.

Эффект, который может дать описанная система, огромен. Решение ряда частных планово-экономических задач, выполненное в существующих вычислительных центрах, показывает, что уже в настоящее время из-за неоптимального планирования теряется не менее 10% средств и материальных ресурсов, затрачиваемых на развитие производства.

Специалисты в области кибернетики уже привыкли, например, к тому, что при переходе к автоматическому планированию перевозок, как правило, получается экономия в размере 10—15%, а в некоторых случаях — до 50—60%. Так, выполненный Институтом кибернетики АН УССР совместно с ГосавтодорНИИ Министерства автомобильного транспорта и шоссейных дорог УССР комплекс задач по оперативному планированию работы автомобильного транспорта в городах Украинской ССР (Киев, Одесса, Львов, Харьков, Днепрпетровск, Кривой Рог, Черкассы, Симферополь и др.) позволяет экономить ежегодно свыше 1 млн. рублей.

В настоящее время в Институте кибернетики АН УССР решено и внедрено в практику планирования и управления свыше 300 различных задач, обеспечивающих многие миллионы рублей экономии государственных средств. Получение значительного экономического эффекта от их решения с большой наглядностью подтверждает, что нынешние темпы и масштабы внедрения электронной вычислительной техники в управление экономикой не могут нас удовлетворить, что они все еще отстают от быстрорастущих запросов нашего народного хозяйства.

Очень важным участком умственного труда, крайне нуждающимся в автоматизации, являются инженерно-конструкторская работа и техническое проектирование. Возникающие здесь задачи порой настолько сложны, что в ряде случаев уже сейчас никакой человеческий кол-

лектив не в состоянии за разумное время найти действительно наилучший вариант проекта. Возьмем в качестве примера задачу нахождения наилучшего проекта железной дороги длиной в несколько сот километров, проходящей по горной местности. Выполненные в Институте кибернетики Академии наук УССР исследования показывают, что при обычном (ручном) методе проектирования лишь одна из частей этой задачи (оптимальное профилирование) не может быть решена с нужной степенью точности ранее чем за 50 лет! Вычислительная машина затрачивает на решение этой задачи всего несколько часов.

В настоящее время труд проектировщиков в лучшем случае автоматизирован лишь в части, касающейся выполнения наиболее сложных расчетов. Переход же к оптимальному проектированию требует комплексной автоматизации, когда все этапы проектирования, включая оценку и сравнение различных вариантов, выполнялись бы автоматически на машинах. Такой переход потребует серьезных изменений в направлении научных исследований. Если раньше основные усилия специалистов были направлены на разработку методов проектирования, рассчитанных на использование их человеком, то теперь центр тяжести должен быть перенесен на разработку таких методов, которые были бы ориентированы на использование электронно-вычислительных машин. При этом придется создавать целые библиотеки стандартных программ, пригодных для любых конкретных проектных заданий, а не частных, составленных заново для каждого вновь создаваемого проекта.

В Институте кибернетики Академии наук УССР выполнено несколько работ по автоматизации процессов технического проектирования. Помимо уже упоминавшегося оптимального профилирования дорог можно в качестве примера указать еще на комплексную автоматизацию процессов проектирования и изготовления деталей корпуса судов или на проектирование электрических, газовых и водопроводных сетей. Опыт нашего и других институтов позволяет надеяться, что эффект при повсеместном переходе к автоматизированному проектированию мог бы составить многие миллиарды рублей в год.

Разумеется, решение такой задачи потребует немало времени и будет происходить отдельными этапами.

Важной областью умственной деятельности человека, где также ощущается известная потребность в автоматизации, следует считать научное творчество. Увеличение его масштабов достигается сейчас, как и в техническом проектировании, прежде всего за счет роста численности научных работников и вспомогательного персонала. Темпы этого роста таковы, что при условии их сохранения в будущем, через 150—200 лет, все население земного шара пришлось бы превратить в сотрудников научно-исследовательских учреждений.

Это убедительно свидетельствует о необходимости применения средств автоматизации в развитии самой науки. Вопрос о комплексной автоматизации этого процесса в настоящее время подготовлен пока еще в гораздо меньшей степени, чем автоматизация процессов экономического планирования и технического проектирования. Тем не менее определенные перспективы наметились и здесь.

Помимо уже известной автоматизации различного рода расчетов и выкладок, выполняемых в процессе научного творчества, сейчас решается вопрос об автоматизации справочно-информационной и реферативной работы, занимающей немалую долю времени в работе современного ученого. Раскрываются заманчивые перспективы автоматизации (на базе универсальных электронных цифровых машин) экспериментов и наблюдений с одновременной обработкой получаемых данных, в первую очередь — в современной экспериментальной ядерной физике, звездной астрономии, гидро- и аэромеханике и ряде других наук.

Однако наибольший интерес представляет, по-видимому, автоматизация доказательств теорем в рамках различных дедуктивных теорий и построения теоретических схем, обобщающих результаты экспериментов. Здесь получены пока лишь первые робкие результаты, однако открываемые ими перспективы поистине грандиозны. Дело заключается в том, что пропускная способность мозга человека ставит известный предел для сложности создаваемых им теорий и доказательств. Уже сейчас встречаются случаи, когда для решения той или иной задачи в математике или теоретической физике исследователь тратит десятки лет напряженного умственного труда.

Привлечение машин хотя бы для частичной автоматизации подобного труда позволит резко сократить сроки

решения сложных творческих задач, намного увеличит интеллектуальную мощь человечества. Быть может, гораздо более важным результатом такой автоматизации явится не просто уменьшение сроков и увеличение степени планомерности научных поисков, а возможность построения столь сложных теорий, которые сейчас практически недоступны человеку. Разумеется, окончательная цель построения таких теорий — в возможности получения из них практических выводов, умножающих власть человека над природой.

Из всего сказанного ясно, что развитие кибернетики и непрерывное совершенствование ее технической базы в значительной мере определяют дальнейшие успехи нашей науки, техники и народного хозяйства. Подобно тому, как суммарная мощность электростанций и других силовых установок определяет энергетическую мощь страны, суммарная мощность электронных цифровых машин и других кибернетических устройств определяет ее информационно-интеллектуальную мощь. По мере усложнения производства и дальнейших успехов науки и техники информационно-интеллектуальная мощь будет все в большей мере определять промышленно-экономический потенциал государства, ибо только достаточный уровень информационной вооруженности делает возможным рациональное использование производственных и людских ресурсов. Огромное значение имеет также достигаемое на базе кибернетики и электронной вычислительной техники ускорение темпов развития науки, которое может стать решающим фактором в экономическом соревновании двух систем.

В нашей стране есть все возможности для решения перечисленных проблем в кратчайшие сроки. Грядущее коммунистическое общество должно иметь и непременно будет иметь наиболее эффективную и максимально автоматизированную систему управления своей экономикой, самые совершенные формы автоматизации производства, а также широко применять средства кибернетики в умственной деятельности человека.

# КИБЕРНЕТИКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

Кандидат философских наук

Э. АРАБ-ОГЛЫ

Кибернетика — наука во многих отношениях парадоксальная; она почти столь же часто ставит ученых в тупик, как и выводит их из целого ряда тупиков нашего познания окружающего мира. Парадоксы сопровождали кибернетику уже при ее рождении и на первых порах ее становления как самостоятельной науки. В самом деле, едва кибернетика появилась на свет, как оказалось, что в книге, изданной более 100 лет назад, было не только придумано название для новой отрасли знания, но также определено ее место в системе наук и дано описание объекта исследования.

Это определение, принадлежащее выдающемуся французскому математику Андре Мари Амперу, заслуживает того, чтобы воспроизвести его здесь полностью: «*Кибернетика*. Отношения народа к народу, изучаемые двумя предшествующими науками, — лишь небольшая часть объектов, о которых должно печься правительство; его внимания также непрерывно требуют поддержание общественного порядка, исполнение законов, справедливое распределение налогов, отбор людей, которых оно должно назначать на должности, и все, способствующее улучшению общественного состояния. Оно постоянно должно выбирать между различными мерами, наиболее пригодными для достижения цели; и лишь благодаря глубокому изучению и сравнению разных элементов, предоставляемых ему для этого выбора знанием всего, что имеет отношение к нации, оно способно управлять в соответствии со своим характером, обычаями, средствами существования и процветания организацией и законами, которые могут служить общими правилами поведения и которыми оно руководствуется в каждом особом случае. Итак, только после всех наук, занимающихся этими различными объектами, надо поставить эту, о которой сейчас идет речь и которую я называю *кибернетикой*, от слова *κυβερνητική*; это слово, принятое вначале в узком смысле для обозначения искусства кораблевождения, получило употребление у самих греков в несравненно более широком значении *искусства управления вообще*».

После возникновения кибернетики само упоминание Ампером этого термина, а тем более данное им определение его многими воспринималось не иначе, как просто еще один курьез в истории науки. Начав свое триумфальное шествие, кибернетика, как тогда казалось, была чем угодно — отраслью математики, теорией автоматических устройств, прикладной наукой о конструировании электронных вычислительных машин, техникой электронного моделирования и т. п., но только не общественной наукой, не политической дисциплиной, как считал в свое время Ампер, поместив ее в своей классификации наук между дипломатией и теорией власти. Больше того, первые попытки вторжения кибернетики в область социологии — столь же претенциозные, сколь и поверхностные — вообще заставляли усомниться в перспективах ее плодотворного применения в общественных науках. Выражение «социальная кибернетика» с известным основанием надолго стало нарицательным для обозначения идеологических спекуляций, сопровождавших замечательные успехи этой науки в области естествознания и техники, и отпугивало социологов от кибернетики, а кибернетиков от социологии. И лишь немногие серьезные ученые были убеждены в том, что в науке об обществе кибернетике принадлежит будущее ничуть не меньше, чем в естествознании и технике. В их числе был и основоположник этой новой отрасли знания Норберт Винер, который в своей автобиографии впоследствии писал: «Для меня стало ясно почти в самом начале, что новые концепции об информации и контроле влекут за собой новую интерпретацию человека, человеческих знаний о мире и обществе».

## **Вторжение кибернетики в общественные науки**

Проникновение кибернетики как в естествознание, так и в социологию сопровождалось острой идеологической борьбой, сравнимой, пожалуй, по своему общественному резонансу с утверждением гелиоцентрической системы, дарвинизма и теории относительности. И это было вполне понятно, ибо, как и они в свое время, кибернетика не только опрокидывала многие предрассудки в науке и привычные представления в обыденном сознании, но также покушалась на инвестированные в них социальные инте-

ресы. Эта полемика далеко еще не прекратилась, и кибернетика продолжает быть объектом острых нападок. Тем не менее времена, когда приходилось отстаивать право кибернетики на существование, канули в прошлое.

Хотя проникновение достижений кибернетики, созданной ею техники и методологии исследования, а также ее терминов и категорий в общественные науки началось позже и шло медленнее, чем в естествознании, оно, к нашему времени достаточно убедительно продемонстрировало свою плодотворность и перспективность. Созданные благодаря кибернетике электронные вычислительные машины уже нашли себе широкое применение в общественных науках в качестве технических средств для сбора и обработки статистических данных и другой информации о различных сторонах общественной жизни. Вслед за этим в политэкономии, демографии, конкретной социологии, психологии и педагогике начало прокладывать себе дорогу моделирование отдельных социальных процессов на электронных машинах. Оно в свою очередь неизбежно привело к истолкованию многих явлений и закономерностей в обществе в понятиях кибернетики, к поучительным аналогиям с точки зрения формы между процессами, протекающими в обществе, и функционированием любой другой высокоорганизованной, самоуправляющейся системы. Наконец, это логически привело к мысли о возможности воспользоваться некоторыми общими принципами кибернетики для усовершенствования организации и управления обществом: экономического планирования и предвидения, законодательства, процесса обучения и т. д.

И сейчас определение кибернетики Ампером выглядит не столь уж нелепым, как казалось раньше. Конечно, и теперь никому не придет в голову ни сводить кибернетику к научному управлению обществом, ни ограничивать научное управление обществом кибернетикой. Вместе с тем становится все более очевидным, что кибернетика окажется неполноценной, если ее успехи не будут применены в науке об обществе, а научному управлению обществом будет нанесен серьезный ущерб в случае отказа от использования достижений кибернетики. Чем дальше, тем труднее представить себе, каким образом, не прибегая к кибернетике, можно располагать всей необходимой для управления информацией, находить оптимальные решения для экономических проблем, составить баланс пародного

хозяйства, предвидеть социальные процессы и последствия законодательства.

Следует заметить, что кибернетика отнюдь не посягает на то, чтобы заменить собой какую-нибудь из специальных наук: она также не претендует быть наукой, стоящей над другими науками, т. е. очередной «наукой наук». Ее «универсальность» иного рода и в некоторых отношениях напоминает собой математику, хотя и не столь всеобща, так как ограничена формальным сходством функционирования саморегулирующихся, «автоматических» систем. Поскольку такие системы реально существуют в неорганическом и органическом мире, в обществе и в созданной человеком технике, постольку кибернетику нельзя рассматривать ни как естественную, ни как общественную, ни как техническую науку *par excellence* (по преимуществу). Больше того, она является, быть может, первой брешью в стене, которую специализация научного познания мира воздвигла между естествознанием и социологией, и тем самым представляет собой воплощение глубокого предвидения Маркса, содержащегося в экономическо-философских рукописях 1844 г.: «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».

Применение кибернетики в общественных науках, стало быть, не имеет ничего общего с попытками распространить на общество законы физики либо биологии, которые неоднократно предпринимались в прошлом и которые, понятно, вызвали отпор со стороны марксистов. Понятия, категории и законы кибернетики (каково бы ни было их происхождение!) не принадлежат исключительно либо естествознанию, либо социологии; их употребление, следовательно, вполне правомерно и там и тут, равно как и в технике. С их помощью можно не только произвести описание социальных процессов и явлений на языке кибернетики, т. е. систематизировать уже накопленное знание об обществе под определенным углом зрения, но и получить новое знание об обществе, если при этом учитываются особенности, специфика проявления информации, контроля и обратной связи в общественных системах.

Применение кибернетики в общественных науках совпало с процессом их «математизации» — иначе говоря,

с начавшимся широким использованием в них количественного анализа, математических методов исследования вообще: теории игр, теории граф, операционного анализа и др. Это было совпадением не просто во времени, но прежде всего в содержании самого процесса. Кибернетика оказалась главным руслом внедрения математики в общественные науки потому, что она, с одной стороны, позволила во многом формализовать наше знание об обществе и сделать его доступным для перевода на язык математики, а с другой, — приведя к созданию быстродействующих вычислительных машин, предоставила техническую возможность для проведения сложных математических операций. Тем самым были открыты новые заманчивые перспективы для развития общественных наук, по отношению к которым сохраняет свою силу известное замечание Маркса о том, что наука, вообще говоря, только тогда становится вполне зрелой, когда она овладевает математикой. Правда, пока применение кибернетики, а также математических методов исследования в общественных науках все еще находится в начальной стадии. Это объясняется главным образом несравненно большей сложностью общественных явлений и процессов, чем те, с которыми имеют дело физики и даже биологи. Рассказывают, что однажды Альберта Эйнштейна спросили, почему так случилось, что в то время, как человеческий ум проник столь глубоко в строение атома, мы оказываемся неспособны выработать политические средства, чтобы предотвратить нашу гибель от атома. «Это потому, что политика более трудна, чем физика!» — ответил великий ученый.

Однако наряду с подобными объективными трудностями существуют и субъективные причины, мешающие применению и кибернетики и математики в общественных науках. Главной из них, несомненно, является широко распространенное заблуждение, будто использование математических методов по самой их сущности всецело сводится к операциям над количеством и непригодно для изучения качественного своеобразия явлений. Отсюда заключают, что, коль скоро в жизни общества качественная особенность явлений и процессов явно преобладает над их количественной общностью, значит, и применение математики в общественных науках неизбежно останется гораздо более ограниченным по сравнению с естество-

знанием. Следует, однако, подчеркнуть, что такие рассуждения, как бы убедительно они ни выглядели на первый взгляд, представляют собой в принципе плод недоразумения.

Прежде всего математические методы исследования вовсе не исчерпываются количественным анализом, а количественный анализ в свою очередь не тождествен анализу количества. Уже тот факт, установленный диалектическим методом мышления, что постепенные количественные изменения приводят к коренным, качественным скачкам, предполагает принципиальную возможность количественного выражения любого *изученного нами* качественного своеобразия данного явления («...снятое качество равняется количеству», — писал Маркс). Математика же включает в себя как количественный анализ отношений качества, так и качественный анализ количественных отношений.

Вот почему было бы наивно полагать, будто вычисления — это единственная польза, какую общественные науки могут извлечь из применения электронных вычислительных машин. Собственно говоря, как остроумно заметил один из специалистов, мы называем эти кибернетические устройства «вычислительными машинами» просто потому, что долгое время этим почти исчерпывалось практическое употребление, которое мы для них находили. Однако, как известно, те же самые машины при соответствующем их программировании могут быть весьма успешно использованы для решения целого ряда других проблем, которые, несомненно, предполагают операции, связанные с качественной оценкой элементов. К их числу относятся: нахождение плана выигрыша в так называемых стратегических играх, в частности в шахматах; решение сложных логических задач, предусматривающих формулировку гипотез и их проверку; перевод с одного языка на другой и расшифровку систем письменности; моделирование различных процессов в природе и обществе. Заслуживает внимания то обстоятельство, что в перечисленных видах операций возможности кибернетических устройств могут далеко превосходить способности их конструктора и программиста и находить решения, которые не были в них заранее заложены и о которых иногда даже не подозревали; причем эти устройства могут быть сконструированы и программированы таким образом, чтобы обладать спо-

способностью к самоусовершенствованию в процессе их деятельности.

Надо сказать, что в принципе, с точки зрения теории, вообще не существует таких социальных проблем, решение которых не могло бы быть найдено с помощью электронных вычислительных машин *при условии*, что: 1) такое решение реально существует; 2) сама проблема формализована, т. е. исчерпывающим образом описана и машине сообщены все правила ее решения; 3) в машину вложена вся необходимая для решения данной проблемы информация.

Нередко, возражая против формализации общественных наук и умаляя значение использования в них достижений кибернетики, утверждают, что полученное таким способом знание окажется всецело формальным. Это, конечно, неверно; как подтверждает история естествознания, научное познание вполне может быть содержательным, даже если оно приобретено с помощью формальных средств. Но сущность спора между сторонниками и противниками применения кибернетики в общественных науках состоит даже не в этом. Допустим, в самом деле, что с помощью математических методов исследования, электронных вычислительных машин, а также моделирования мы находим лишь формальное решение определенных социальных проблем! В таком случае уместно спросить, на какое же знание, благодаря каким сверхъестественным средствам мы можем рассчитывать, отвергая математику и кибернетику? Ведь условия, необходимые для решения социальных проблем на электронных вычислительных машинах, в сущности представляют собой обычные требования, предъявляемые ко всякому серьезному научному исследованию.

Применение кибернетики влечет за собой также два других важных последствия для общественных наук, взятых в целом.

Одно из них состоит в том, что моделирование социальных явлений и процессов со временем позволит в широких масштабах прибегнуть к эксперименту, разумеется, не над реальными процессами в обществе (что крайне сложно и по ряду соображений неоправданно), но над их моделями. Первые обнадеживающие попытки такого рода экспериментирования на электронных моделирующих устройствах (аналогах) были предприняты Арнольдом

Тастинном, Отто Дж. М. Смитом и др. За последние годы в этом направлении были начаты еще более интересные исследования по моделированию на электронных вычислительных машинах. Речь идет о моделировании поведения избирателей на президентских выборах в США, которое проводилось группой социологов из Колумбийского университета и было практически использовано в ходе избирательной кампании 1960 г., а также о моделировании демографических процессов, когда на основе наиболее вероятного поведения нескольких тысяч американских семей Бюро цензов сделало удовлетворительный прогноз роста населения страны. Теперь, когда принципы подобного моделирования на вычислительных машинах разработаны, следует ожидать их дальнейшего широкого использования.

Другое последствие, которое надо принять во внимание, — это предстоящее изменение в соотношении между так называемыми «общими» и «частными» исследованиями во многих общественных науках. Дело в том, что характеристика определенного рода исследований в науке как «частных» не есть лишь чисто условное, тем более произвольное их обозначение. «Частное» исследование в отличие от «общего» представляет собой по преимуществу результат непосредственного обобщения конкретных данных на основе более или менее полной индукции. Применение электронных вычислительных машин настолько расширяет эмпирическую базу общественных наук и увеличивает возможности индукции в них, что многие по своему характеру «частные» исследования могут подняться на такой уровень теоретического обобщения конкретного материала, который в прошлом был привилегией «общих» исследований.

### Электронный аналог капиталистической системы

Вообще говоря, существует два способа построения физической модели какого-либо социального процесса или явления. *Один способ* — это конструирование соответствующей системы, которая во всех отношениях будет подобна описываемому ею социальному процессу. Примером такой модели может служить моделирование денежного обращения посредством замкнутой электрической цепи, где цир-

куляция электрического тока имитировала бы движение денежной массы, аккумуляторы выполняли бы роль банков, задержки в обращении вследствие разных причин воспроизводились бы подключением дополнительного сопротивления, конденсаторами, взаимное влияние параллельных факторов копировалось бы индукционным током, изменения стоимости денег — изменением напряжения и т. д.

Однако этот способ пригоден лишь для моделирования сравнительно элементарных общественных явлений и отношений. В большинстве же случаев социальные процессы настолько сложны, что непосредственное воспроизведение их в виде физических моделей выходит за пределы практической осуществимости. И тогда целесообразно прибегнуть к *другому способу*, а именно — описать данный социальный процесс математически, по возможности упростить это описание и затем последовательно подвергнуть его такому преобразованию, которое позволило бы сравнительно легко спроектировать соответствующий электронный аналог. Хотя при этом модель может быть безукоризненной с математической точки зрения, в такой опосредованной модели с первого взгляда бывает очень трудно обнаружить характерные черты первоначального процесса.

Исследуя социальные процессы, чаще всего обращаются к этому второму способу физического моделирования. О замечательных возможностях, заложенных в методе моделирования социальных процессов посредством электронных аналогов, можно судить на основании исследований, которые были проведены в 1951—1953 гг. в Калифорнийском университете под руководством профессора Отто Смита. Взаимосвязь наличного промышленного оборудования с потребностью в его амортизации, зависимость капиталовложений от национального дохода и стремление к максимальной прибыли, а также запаздывание поставок оборудования по отношению к капиталовложениям и реализации потребительских товаров по отношению к выплаченной заработной плате — все это было предварительно выражено математически. Составленные уравнения после некоторых упрощений были изображены графически, а затем сконструирован соответствующий электронный аналог данной (капиталистической) экономической системы.

Создание такого рода аналогов не представляет каких-либо технических трудностей, коль скоро разработана их схема. Так, в аналоге О. Смита движение капиталов воспроизводилось электрическим током определенной частоты, задержка с реализацией товаров — посредством трансформатора, в качестве масштаба времени 1 год был приравнен к 200 микросекундам и т. д. Трудность же состоит прежде всего в определении объективного критерия тех понятий и категорий, которые моделируются, например «устойчивость системы», ее «регулирование» и т. п. Именно здесь проявляется значение теоретического мышления, которое бессильна заменить машина.

Такой электронный аналог был использован для анализа стабильности исследуемой экономической системы и ее реакции на различные помехи. При этом прежде всего было установлено, что подобная экономическая система крайне неустойчива и *подвержена периодическим колебаниям примерно раз в десять лет*. Введение в систему дополнительно фактора морального износа оборудования, т. е. тенденции к увеличению продолжительности службы оборудования в период спада и к его обновлению в период подъема, как и следовало ожидать, лишь способствовало неустойчивости системы и усилению амплитуды колебаний производства. «Говоря философски, — пишет Отто Смит, — существуют два фактора, влияющие на нестабильность системы. Одним из них является потеря информации, связанная с задержкой во времени. Это значит, что вкладчики капитала не знают о делах других вкладчиков капитала до тех пор, пока их изделия производства не появляются на рынке... Другим фактором является петля положительной обратной связи потребления. Пока потребители увеличивают свои расходы пропорционально национальному доходу (вместо того чтобы экономить), идет процесс накопления, доводящий амплитуду колебания до разрушительного характера».

Таким образом, электронная модель капиталистической системы наглядно продемонстрировала циклический характер развития капитализма, правильно выявила неизбежность и периодичность экономических кризисов перепроизводства и обнаружила их причину: товарное производство на рынок, ведущее к *анархии производства*, и отставание платежеспособного спроса от накопления капитала, вызванное *частной формой присвоения*.

Продолжая экспериментирование с электронной моделью капиталистической системы, О. Смит нашел, что приток капиталовложений, дешевый кредит и благоприятные перспективы на рынке способствуют некоторому уменьшению частоты колебаний или увеличению продолжительности экономического цикла, но одновременно возрастает неустойчивость всей системы; к такому же результату приводит и ускорение оборота капитала. Дальнейшие эксперименты заставили О. Смита прийти к выводу, что практически нет никакого способа стабилизировать подобную систему и что все усилия правительства регулировать производство заведомо несостоятельны. «Каковы бы ни были употребляемые средства регулирования — законодательные меры, налоговая политика правительства, ограничение инвестиций, субсидий или государственных контракты и т. д., — акционер бывает осведомлен обо всем этом и предпринимает соответствующие действия для получения максимальной прибыли, — заключает Смит. — Это и есть отрицательная обратная связь, которая почти полностью устраняет эффективность предложенных средств регулирования».

Для такой экономической системы характерно также длительное сохранение последствий, внесенных различными дополнительными возмущениями, например войнами. «Другими словами, — отмечает Смит, — возмущение, внесенное первой мировой войной, до сих пор еще по существу не затухло... События, приведшие ко второй мировой войне, были реакцией экономической системы на предыдущие возмущения; однако начало войны явилось нелинейным процессом, добавившим энергию в систему, т. е. внесшим новое возмущение».

Исследования профессора Смита соответствуют ходу капиталистического способа производства. *Вместе с тем они представляют собой блестящее экспериментальное подтверждение марксистской политической экономии, в частности теории экономических кризисов.* Достижения прикладной кибернетики в социологии позволяют тем самым воплотить в электронных машинах намерение Маркса, о котором он сообщал в своем письме Энгельсу: «Я неоднократно пытался — для анализа кризисов — вычислить эти восходящие и нисходящие в виде кривых и думал (думаю еще и теперь, что с достаточно проверен-

ным материалом это возможно) математически вывести из этого главные законы кризисов»<sup>1</sup>.

Эта упрощенная модель капиталистического способа производства впервые была мною изложена 10 лет назад (см. «Вопросы философии», 1958, № 5). С тех пор она неоднократно приводилась в научной и популярной литературе как у нас в стране, так и за рубежом. Однако комментарии, которыми она сопровождалась, могут дать повод к досадному недоразумению. Дело в том, что в аналоге, с которым экспериментировал профессор Смит, движение информации о состоянии рынка отождествлялось с движением самой товарной массы, которая в условиях классической капиталистической экономики была ее материальным носителем. Между тем за последние десятилетия, после второй мировой войны, появились дополнительные источники информации о состоянии рынка, позволяющие предвидеть ход экономических процессов независимо от движения товарной массы и задолго до того, как обнаружится изменение цен. Парадокс состоит в том, что подобное предвидение и прогнозирование рыночной конъюнктуры стало возможным в значительной мере именно благодаря успехам экономического моделирования, пионером которого был сам Отто Смит, но тем самым объективно оказалось опровергнутым одно из главных условий, положенных им в основу своей модели. (К этому выводу я, разумеется, пришел позже).

Как только движение информации о состоянии рынка отрывается от движения товарной массы и опережает его, резко изменяется и протекание цикла капиталистического воспроизводства, а следовательно, возникает необходимость в иных моделях с отличными параметрами.

Продолжительность цикла капиталистического воспроизводства представляет собой сумму продолжительности периодов подъема, спада, депрессии и оживления, взятых по отдельности. Длительность каждого периода в XIX в. была дольше, чем сейчас, и вообще они обладают какой-то определенной длительностью. Почему? Одни причины этого вполне очевидны: для осуществления, скажем, инвестиций не в деньгах, а в машинах и оборудовании, т. е. для обновления основного капитала, нужно определенное

<sup>1</sup> К. Маркс и Ф. Энгельс. Письма о «Капитале». М., 1948, стр. 192.

время, чтобы эти машины сделать. Намерение капиталиста увеличить производство не может быть осуществлено мгновенно. Длительность периода, следовательно, в известной мере зависит от уровня развития промышленности, от ее способности претворить намерение капиталистов инвестировать в действительность.

Однако наряду с такими очевидными причинами существуют другие, менее очевидные, например задержка информации о рыночной конъюнктуре во времени. Иначе говоря, анархия производства в условиях товарного хозяйства, следствием которой являются периодические кризисы перепроизводства, ведет к тому, что необходимую ему информацию о состоянии экономики предприниматель-капиталист получает на основании уже сложившейся на рынке конъюнктуры, выражающейся в ценах. Отсюда вытекает, что о спаде он узнает спустя некоторое время после падения цен, об оживлении — спустя некоторое время после подъема цен на определенные товары.

Продолжительность цикла капиталистического воспроизводства, таким образом, совпадает по времени с обращением информации о состоянии конъюнктуры на отдельных фазах цикла, выражающейся преимущественно в рыночных ценах, и временем, необходимым для ее использования на отдельных фазах этого цикла. Отсюда — неизбежное падение цен в период спада и их рост после депрессии как характерная черта циклов в XIX—начале XX в. Ибо они играли помимо других функций также роль информации капиталиста о состоянии экономической конъюнктуры. Это также нам отчасти объясняет, почему никогда не было тождественных циклов, поскольку на состояние этой информации помимо объективных и постоянных факторов оказывает влияние масса дополнительных факторов субъективного и даже случайного характера.

Что же произошло после второй мировой войны? Во-первых, произошло расширение твердого, гарантированного рынка, который, несомненно, оказывает определенное влияние на ход информации. Гарантированный рынок представляет собой твердую достоверную информацию, или спрос, независимый от стихийных рыночных процессов.

Во-вторых, появились другие источники информации о состоянии экономики, помимо информации посредством движения цен, причем эти источники значительно опере-

жают информацию о состоянии конъюнктуры посредством изменения цен.

Благодаря экономическим и другим прогнозам, благодаря тщательно разработанной схеме взаимной зависимости одних отраслей народного хозяйства от других капиталист-предприниматель и государство получают информацию об экономическом положении задолго до стихийного изменения цен на рынке. Они, конечно, не в силах изменить анархию производства, поскольку предвидеть — не значит управлять, а анархия производства объясняется не просто тем обстоятельством, что отдельные предприниматели не знают о том, что делают другие, но основным противоречием капитализма, частной собственностью, которая каждого заставляет преследовать свои личные выгоды. Более достоверная и ранняя информация, следовательно, не может устранить анархию производства. Но в известных пределах появляется возможность заранее предпринимать некоторые меры.

Одним из важнейших последствий ускорения информации и будет сжатие во времени отдельных фаз цикла, так как предупрежденные о предстоящем, например, спаде капиталисты раньше начнут свертывать производство, меньше будут пребывать в состоянии неопределенности в период депрессии и оживления, быстрее будут стремиться воспользоваться конъюнктурой подъема. Естественно, что и весь цикл сократится. Однако сокращение цикла будет, по-видимому, разным за счет разных фаз, потому что существуют объективные причины, определяющие длительность фаз. Из этого умозрительного в значительной степени предположения о роли информации можно сделать некоторые выводы, которые логически напрашиваются сами собой.

1. Сокращение продолжительности цикла должно будет в основном происходить больше всего за счет фаз депрессии и оживления.

2. Падение уровня производства и перепроизводство товарной массы в период спада будут несколько меньше.

3. Кризис перепроизводства все в большей степени будет выражаться не столько в перепроизводстве товарной массы, сколько в недоиспользовании производственных мощностей.

4. Поскольку свертывание производства начнется раньше падения цен и независимо от них, то рыночные

цены, утрачивая в значительной степени свое значение в качестве информации о конъюнктуре, могут и будут сохраняться на прежнем уровне и даже расти, если им не будет мешать что-то другое.

Эти логические выводы из модели совпадают с реальным положением в экономике развитых капиталистических стран.

Не является ли, однако, предложенное объяснение ускорения периодичности цикла под влиянием изменения информации апелляцией к субъективному фактору? В том-то и состоит отличие общественных процессов от физических и биологических, что в обществе объективные причины, чтобы воздействовать на ход явлений, должны предварительно пройти через головы людей. Вопрос же о том, какой характер приобретает протекание информации через головы людей — в виде ли отражения конъюнктуры в рыночных ценах, или же в виде экономических прогнозов, или как-нибудь еще, — это уже привходящий фактор.

Сказанным выше не исчерпывается, однако, влияние новых источников информации на характер экономического цикла. Дело в том, что ускорение обращения информации приводит не просто к сокращению периодичности кризисов, но и к определенному явлению — так называемому эффекту бэндвагон. Этот термин, заимствованный из политического словаря, буквально означает стремление скорее сесть в поезд к тому кандидату, который заранее выглядит наиболее очевидным победителем на предстоящих выборах. В экономической жизни прогноз об ожидающемся подъеме деловой активности производит такой же эффект «бэндвагона» с инвестициями. Но, чтобы сесть в такого рода экономический поезд на подъеме, поскольку ускоряется течение цикла, необходимо заранее купить билет. Это означает, что необходимо заранее — не на фазе оживления или подъема, а еще раньше — обзавестись теми производственными мощностями, которыми можно воспользоваться в период подъема. Это отчасти объясняет нам, почему предприятия и целые корпорации планируют свои капиталовложения на десятилетие и больше вперед.

Далее, на фазе спада возникает другое явление, которое получило название «очереди». Конечно, не в обычном значении этого слова, а скорее в противоположном

и более общем. В отличие от обычной очереди покупателей за товарами, в период спада возникает своеобразная очередь товарной массы за покупателем. Антикризисные мероприятия могут оказывать влияние на характер подобной «очереди». Но они не в состоянии ее устранить вообще. Дело в том, что накопление товарной массы, не находящей себе сбыта, объясняется и расстройством в сфере распределения, но главным образом порождается в сфере производства. В первом случае какие-то паллиативы могут применяться более или менее успешно. Но поскольку платежеспособный спрос населения при капитализме вообще отстает от возможностей производства, постольку товарная «очередь», или перепроизводство, никакими антикризисными мероприятиями ликвидирована быть не может. Она порождается не недостатками в циркуляции информации в сфере обращения, а отсутствием платежеспособного спроса, т. е. эффективной информации в системе. Поэтому кризис никогда не может сопровождаться заменой производства излишков товарной массы недогрузкой предприятий.

Это еще один пример, как моделирование позволяет глубже понять объективный ход общественных процессов.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ — ОРУДИЕ ПРОГНОЗА И УПРАВЛЕНИЯ

*член-корреспондент АМН СССР*

Н. АМОСОВ

В течение последних десятилетий наука сделала огромный шаг вперед. В частности, уже сегодня можно говорить о том, что она располагает средством, позволяющим наилучшим образом организовать жизнь людей. Речь идет о моделировании как орудии прогнозирования и оптимального управления.

Всякое познание является моделированием. Когда человек говорит, что «он знает», то это означает, что в коре его мозга существует некий комплекс нервных клеток, объединенных связями, в котором представлена модель знакомого ему объекта. Мозг является огромной модели-

рующей установкой, способной воссоздавать самые разнообразные модели систем как внешнего, так и внутреннего мира. При этом наши органы чувств воспринимают энергию, поступающую от внешних объектов, и кодируют ее нервными импульсами, выделяя тем самым первичную информацию. Затем эта информация передается в мозг и там подвергается переработке, которая состоит либо в возбуждении уже готовых моделей из корковых клеток — и тогда мы имеем дело с процессом узнавания, либо в образовании новых моделей, отражающих смысл и качество внешнего мира.

Общий комплекс переработки информации в вычислительной машине примерно такой же. При подготовке машины к работе в ее память заносятся определенные исходные сведения и программы решения задач. Если теперь в машину вводится информация об объекте, то она подвергается переработке по существующей программе, и в результате получается новая модель — решение задачи. Эта модель может быть либо сохранена в памяти машины с целью использования при решении других задач, либо она поступает «на выход».

Аналогия с процессом мышления — не единственный довод в пользу вычислительных машин как средства моделирования. Любая модель — это сочетание ряда физических элементов, отражающее структуру или функции некоей системы — оригинала. При этом условно системы можно поделить на статические и динамические (действующие). Например, рисунок, чертеж, фотография или схема характеризуют систему в статике. Кинофильм же дает представление о динамике изменения структуры и, следовательно, о функциях системы. Таким образом, в динамических моделях отражена не только структура, но и функции системы — в виде изменения ее строения и энергии во времени. Еще совсем недавно динамические модели представлялись в виде механических игрушек. Теперь положение изменилось благодаря появлению вычислительных машин, которые позволяют воспроизводить в динамике взаимодействие всех элементов моделей довольно сложных систем.

К сложным условно можно отнести системы, состоящие из очень большого числа различных элементов, сочетающихся друг с другом таким образом, что они могут функционировать как единое целое. Практически это

системы «типа живых», примером которых может служить клетка, организм, мозг и, наконец, общество. Наши современные средства моделирования недостаточны для отражения всей сложности подобных систем. В самом деле, человеческий мозг, пока самая совершенная из моделирующих установок, состоит примерно из  $14 \cdot 10^9$  клеточных элементов. Естественно, что он не в состоянии отразить с достаточной полнотой структуру и функции такой сложной системы, как организм человека, состоящий примерно из  $10^{27}$  атомов.

Отсюда сразу же возникает вопрос о полноте моделирования. В принципе для каждой сложной системы можно построить бесконечное число моделей, поскольку они будут в той или иной степени упрощенным и искаженным отражением оригинала. Степень упрощения зависит от сложности объекта и возможностей средств моделирования: от числа нервных клеток в коре мозга или физических элементов в памяти машины. Поскольку деятельность сложной системы характеризуется структурой и функциями (программами), полнота модели математически может быть охарактеризована отношением воспроизведенных ею программ оригинала к их общему числу. Например, даже простейшим живым существам присущи такие программы, как способность к реакциям, приспособляемость, способность к движениям, росту и размножению, изменчивость. Следовательно, наиболее простая модель такого существа будет обладать только реактивностью, более сложная должна плюс к этому приспособляться к условиям внешней среды, еще более сложная — расти и размножаться и, наконец, более полная — приобрести способность к мутациям.

С известной долей допущения можно выделить три основных типа моделей. Первый — это полные (точнее, условно полные) модели, воспроизводящие все основные программы оригинала. Второй тип — это обобщенные модели, отражающие некоторые суммарные характеристики объектов. Если, например, представить, что содержание книги — это полная модель каких-то событий, то ее краткое изложение будет обобщенной моделью. Описание же персонажей, характеров, отдельных эпизодов — все это уже будет частными моделями. Таким образом, третий тип — частные модели — отражает одну из программ, или одно из свойств, сложной системы. К этому следует до-

бавить, что каждую из этих моделей, взятую как физическую структуру, можно снова моделировать, воздвигая таким образом «многоэтажные» модели с разными степенями обобщения.

К сожалению, наши возможности моделирования очень сложных систем пока крайне ограничены. Конечно, теоретически можно представить себе полную модель общества, например в виде некоторой совокупности машин-роботов, функционирующих в реальном темпе времени. Однако особого смысла в создании такой модели нет, даже если бы удалось преодолеть связанные с этим колоссальные технические трудности. Польза от подобной модели вряд ли будет большой: если люди в ней будут смоделированы упрощенно, то общество быстро опередит модель, и, наоборот, если роботам будет придана творческая программа, то модель начнет развиваться сама по себе и ее пути опять разойдутся с обществом.

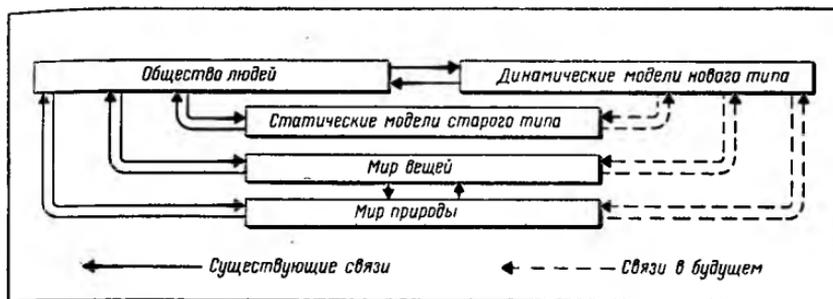
Впрочем, все эти рассуждения не имеют под собой никакой почвы: пока трудно создать полную модель даже одного человека, а не только целого общества. Следовательно, даже с учетом перспективы пока имеет смысл говорить лишь о каких-то обобщенных моделях и частных моделях общества, не претендующих на его полное отражение, но зато характеризующих количественную сторону взаимодействий его отдельных элементов. Такие модели будут динамическими (действующими) моделями общества.

## Система «мир» и модель человека

Люди живут в мире природы и созданных ими вещей, число и разнообразие которых катастрофически растут. Поэтому применительно к проблеме моделирования целесообразно говорить не о человеке как таковом, а некоей системе «мир», включающей наряду с обществом людей мир природы и мир вещей (техники). Кроме того, представляется целесообразным включить в эту систему в качестве самостоятельных элементов статические модели мира старого типа — в виде книг, чертежей, схем — и динамические модели нового типа, какими являются электронные устройства и вычислительные машины. Все звенья такой системы пока связаны друг с другом только через людей. Но в будущем динамические модели, видимо,

будут иметь прямые связи с природой, миром вещей (техники) и статическими моделями.

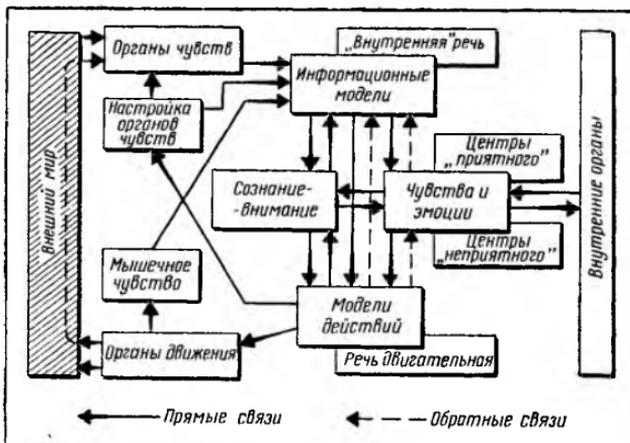
Общество людей в лице некоего абстрактного человека — основное звено в системе «мир». Поэтому одной из наиболее сложных задач проблемы моделирования и управления развитием общества является создание обобщенной модели человека, раскрывающей основные закономерности его поведения.



Гипотетическая схема модели системы «Мир»

С позиций кибернетики человека можно представить как некий автомат с набором сложных и даже противоречивых программ, вступающих в работу в зависимости от внешних и внутренних условий. Эти программы условно можно подразделить на три типа: программы «для себя», в основе которых лежит инстинкт самосохранения, программы «для рода», отражающие половой и родительский инстинкты, и программы «для общества», характеризующие человека как члена общества. Конечно, это только основные программы, каждая из которых состоит из множества подпрограмм, направленных на достижение временных или частных целей.

Гипотетическую модель человека (точнее, его психики) можно изобразить следующим образом. Внешний мир воздействует на рецепторы органов чувств, эффективная работа которых обеспечивается особым блоком настройки. Органы чувств кодируют энергию воздействия в нервные импульсы и передают их в блок «информационные модели», в котором осуществляется узнавание путем возбуждения соответствующих моделей. Эти модели могут



Гипотетическая схема модели человека

быть образованы в процессе обучения или собственного творчества и отражают образы, смысл, качества и изменения во времени самых различных объектов и картин действительности. Особое место здесь занимает «внутренняя» речь — информационные модели в виде своеобразного кода, который оказывается очень удобным для описания сложных абстрактных явлений, не подлежащих реальному восприятию.

От блока «информационные модели» возбуждение передается по нескольким направлениям. Прежде всего сигналы поступают в блок «чувства и эмоции», где сосредоточены модели врожденных чувств и их производных, основанных на инстинктах и сложных рефлексках. Пользуясь категориями математики, можно сказать, что каждое чувство имеет знак плюс или минус в зависимости от того, «приятно» оно или «неприятно». Часть центров этого блока находится под постоянным воздействием внутренней сферы человека — ощущений им холода, тепла, боли, голода. А другая часть реагирует на так называемые вторичные чувства, привитые воспитанием и отражающие социальную сущность человека.

Информационный блок связан с блоком «модели действий», в котором сосредоточены программы управления мышцами — в виде набора моделей различных двигательных актов и процессов. Выбор конкретной двигательной

программы определяется воздействием со стороны блока «чувства и эмоции», после чего она реализуется с помощью органов движения. Правильность выбора и реализации программы контролируется и корректируется блоками «мышечное чувство» и «органы чувств». Первый из них устанавливает, соответствуют ли выполняемые движения первоначальному плану, заложенному в модели, а второй — насколько результат воздействия соответствует предполагаемому. Например, восприятие человеком такого неприятного факта, как то, что он тонет, «включает» программу движения рук. Блок «мышечное чувство» сигнализирует о том, что человек машет руками, а органы чувств устанавливают, насколько эффективны выбранные им способы продержаться на воде и не следует ли их усовершенствовать, например, делать взмахи чаще.

Третий путь передачи возбуждения ведет к блоку «сознание — внимание», на роли которого стоит остановиться подробнее. Человека окружает огромный мир с массой предметов и ситуаций, воздействующих на его органы чувств. Естественно, что воспринять и осмыслить всю поступающую извне информацию он просто не в состоянии — это значило бы сразу возбудить почти все имеющиеся в коре мозга модели. Поэтому существует отбор: во-первых, за счет непосредственно настройки рецепторов со стороны блока «сознание — внимание», во-вторых, за счет разной возбудимости самих моделей.

Возбуждение модели характеризуется активностью образующих ее нейронов и, следовательно, может быть самым различным — от минимального (самостоятельная активность) до максимального. Поэтому понятие «возбуждение модели» включает в себя не только сам факт активности, но и ее уровень. Кроме того, возбуждение (активность) характеризуется таким параметром, как продолжительность «последствия», которая зависит от проторенности информационных каналов (связей) между нейронами как внутри моделей, так и между отдельными моделями. Максимально возможный уровень возбуждения и наибольшая проторенность связей достигаются в результате тренировки — частого употребления модели и связи — и сохраняются как параметры модели в периоды снижения активности (покоя). На этом свойстве основано обучение. Наконец, каждая модель характеризуется определенной возбудимостью — готовностью

прийти в состояние возбуждения. Возбудимость может быть и отрицательной — и тогда мы имеем дело с торможением.

Возбудимость (торможение) и уровень активности в период возбуждения модели как раз и регулируются блоком «сознание — внимание». Его самая простая функция — в каждый данный момент усиливать возбуждение одной модели и тормозить возбуждение всех других. Так возникает «мысль»: одна модель — та, которая в данный момент самая важная, выделяется среди всех прочих. Гипотетическое свойство усиливающей системы таково, что она быстро «устает» и через короткие промежутки времени вынуждена переключаться на следующую модель, которая из всех остальных выделяется в данный момент наибольшей активностью. Эта модель может быть возбуждена или извне, или со стороны внутренней сферы человека, или, наконец, просто потому, что она часто употреблялась в недавнем прошлом и хорошо тренирована. Так возникает движение мысли — «поток мышления»: переключение усиления с одной модели на другую, третью и т. д.

Следует отметить, что переработка информации осуществляется не только на уровне сознания — в усиленных моделях коры мозга, но и в подсознании, в подкорке. Известно, например, что даже сложные двигательные акты, если они уже хорошо отработаны, могут быть осуществляемы без привлечения внимания. Правда, переработка информации идет менее интенсивно, но суть ее также состоит в переносе возбуждения по связям с одних моделей на другие. Сфера подсознания очень важна: в ней перерабатывается много информации, готовится материал для сознания, через нее действует большинство ощущений от внутренних органов.

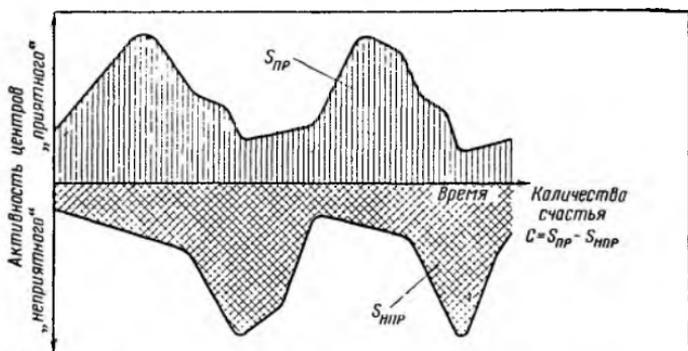
Рассмотренная выше схема функционирования мозга и психики человека может быть воспроизведена в искусственной моделирующей установке. Трудности, которые стоят на этом пути, носят скорее технический, а не принципиальный характер. Сложнее дело обстоит с моделированием программ, характеризующих человека как члена общества. Любому человеку в той или иной мере присущи три качества: «ограниченность» — недостаток моделей для отражения всего разнообразия окружающего мира, «субъективность» — искажение отражения в зависимости от от-

ношения к объекту и «увлекаемость» (гипертрофия) — приращение чрезмерного значения некоей модели при ее частом употреблении.

Последнее качество представляет собой интерес. Человек появляется на свет с набором врожденных программ — инстинктов самосохранения и продолжения рода, которые заложены в подкорке и эндокринной системе. Коре же в это время отводится роль средства, обеспечивающего выбор наилучших вариантов реализации врожденных программ. Но структура и функции коры мозга как моделирующей установки таковы, что позволяют привить им новые программы, превращающие человека в члена более сложной системы — общества. Физиологическая основа этого свойства как раз и заключается в способности корковых клеток к гипертрофии — усилению функций определенной модели при частой и целенаправленной ее тренировке в процессе воспитания. От эффективности последнего и зависит результат — в какой степени кора из орудия подкорки превратится в ее хозяина.

Общественное воспитание прививает человеку такие социальные программы, как понятие о долге, совести и правде, идеалах веры, способности к творчеству. О том, как вырабатываются подобные программы, можно проследить на примере таких интересных и важных категорий, как понятия о «правде» и «вере». Модели внешнего мира можно подразделить на две группы: полученные в результате непосредственного восприятия явлений органами чувств и построенные на основании словесного описания. Совпадение этих обеих моделей воспринимается как приятное чувство «правды». Оно переносится и на источник словесной информации — например на учителя, который опытами доказал справедливость своих высказываний. После этого учитель становится авторитетом, и следующая его словесная информация уже воспринимается как истина, не требующая доказательств. Она автоматически становится в ряд добытых собственным опытом истинных моделей и дальше может служить мериллом оценки других словесных описаний.

Таким образом, вера — это экстраполяция правды через авторитет, бездоказательное восприятие словесной информации как истины. Она определяется одной из основных программ мышления — «программой доверия» и приобретает вместе с речью. Эта программа может



Гипотетическая схема оценки количества счастья

ослабнуть в результате ошибок и разочарований, и тогда появляется другая программа — «программа сомнений», требующая для подкрепления слов опытного доказательства. Как первая, так и вторая программы являются чрезвычайно важными для человека — члена общества.

В конечном счете задача моделирования и управления сводится к своеобразному «проектированию» оптимального общества, неизменными чертами которого, видимо, должно быть счастье его членов, устойчивость и способность к развитию (прогресс).

«Степень» и «количество счастья» — величины измеримые. Блок «чувства и эмоции» коры мозга содержит центры «приятного» и «неприятного», возбуждение которых в течение определенного отрезка времени выразится разностью интегральных площадей, ограниченных кривыми. Правда, одни и те же внешние раздражители не всегда вызывают одинаковые чувства «приятного» и «неприятного». Если раздражители действуют постоянно или очень часто, то в этот процесс вмешивается явление адаптации (привыкания) и острота чувств притупляется. Последнее обстоятельство ставит перед психологией будущего задачу, суть которой состоит в необходимости найти оптимальное сочетание приятных и неприятных раздражителей, позволяющее получить максимум удовольствия и избежать скуки, однообразия.

Сложнее проблемы, стоящие перед социологией. Многие врожденные программы эгоистичны, и удовольствие одного человека может покупаться горем других. Следо-

вательно, общество должно быть организовано таким образом, чтобы с помощью воспитания и ограничений свести к минимуму антиобщественные тенденции. Отсюда возникает необходимость в тщательном изучении и классификации врожденных программ (инстинктов и рефлексов) и связанных с ними прямых и производных чувств с целью их влияния на общество, с одной стороны, и оценки возможностей подавления отрицательных и усиления положительных программ — с другой.

В первом приближении такую классификацию можно попытаться представить себе уже сегодня, хотя она, конечно, будет отражать лишь качественную сторону вопроса. Для построения же модели человека в самом широком смысле слова — с характеристиками воспитуемости, адаптации, программами поведения — каждый из пунктов в подобной классификации должен быть выражен точными количественными показателями, которые могут быть получены в результате широких психологических и социологических исследований. А это в конечном счете позволит получить для каждой врожденной программы графическую или математическую характеристику, отражающую зависимость воспитательных воздействий, необходимых для подавления или усиления данной программы.

## Модель общества и будущее

С позиций моделирования общество представляет собой сложную систему, для углубленного познания которой нужны модели, отражающие происходящие в нем явления не только качественно, но и количественно. Создание подобных моделей даже в перспективе будет представлять достаточно трудную задачу, один из подходов к решению которой состоит в разделении общества на ряд «замыкающихся» через модель человека таких подсистем, как «государство», «идеология и политика», «экономика», «наука», «образование и воспитание», «искусство». Естественно, деление на подсистемы носит черты некоторой условности, поскольку между ними нет четких границ. Но оно необходимо: всякое моделирование связано с некоторым упрощением, заключающимся в последовательном выделении наиболее важной информации или, иными

словами, в дискретном (поэтапном) выражении непрерывных процессов.

Моделированию любой из перечисленных подсистем присущи общие черты, касающиеся объема и сущности реализуемых моделей. Если эти модели грубо подразделить на простые и сложные, то к первым надо отнести формальные структуры с простыми кодами для обмена информацией. Это могут быть модели, воспроизводящие структуру сети учреждений и ведомств, отражающие наличие оборудования, средств, количества работы, содержащие обобщенные характеристики исполнителей и учитывающие влияние на их профессиональную деятельность различных стимулов. Создание подобных моделей представляет наиболее простой вариант задачи.

Сложные же модели должны воспроизводить не только структуры и функции подсистемы, но и ее сущность: психологию участников, содержание идей, теорий и гипотез, спорных проблем и общих интересов. Здесь нет принципиальных ограничений — в конечном счете содержание любого словесного описания, отражающего теорию или даже идею, можно выразить структурной моделью с определенными функциями элементов. Эта модель будет «действовать» по программам, вытекающим из структуры, характеристик элементов и внешних воздействий.

Все подобные особенности моделей подсистем и — главное — модели психики человека заставляют предположить, что задача моделирования такой сложной системы, как общество, первоначально будет решена в виде чрезвычайно сложной схемы, которая будет просчитываться на целых комплексах гигантских цифровых машин. Позднее, вероятно, будет освоена новая технология создания искусственных «нейронов» и разработаны способы синтеза из них сложных структур в виде аналоговых моделирующих устройств.

Подобные модели можно будет прежде всего использовать для целей управления экономикой, а позднее — воспитанием и даже политикой государства. Общеизвестно, что сложную систему можно перевести из одного состояния в другое несколькими путями. При этом чем сложнее система, тем больше число возможных вариантов. Естественно, что из них желательно выбрать наиболее выгодный, оптимальный. Для этого, имея модель сложной системы, нужно задать ее исходное реальное и желаемое

конечное состояние, а затем «просчитать», как будут изменяться структура и функции системы во времени.

Выбрать оптимальный вариант перехода — значит сократить время, жертвы, усилия. Поскольку процесс перехода осуществляется с помощью управляющих воздействий, последние должны быть максимально эффективны. В принципе управляющие воздействия могут быть внешними, как, например, при воспитании ребенка и лечении болезней. Но для такой системы, как общество, внешних управляющих воздействий не существует. В этой связи особую значимость приобретают вопросы управления сложной системой изнутри, и как следствие — повышаются требования к моделированию в первую очередь такой системы, как «государство».

Структуру подсистемы «государство» можно воспроизвести в виде сочетания моделей таких исполнительных органов, как центральное правительство, местные органы управления, юридические органы, армия, органы образования, здравоохранения, социального обеспечения. Руководствуясь общими положениями, определяемыми конституцией, законодательством и традициями, эти органы осуществляют соответствующие им программы — от программ развития и обеспечения до программ воспитания и ограничений, защищающих интересы общества от поступков граждан, выходящих за рамки закона. Эффективность реализации этих программ контролируется обратными связями — информацией, поступающей от управляемых объектов.

Задачи, решаемые подсистемой «государство», чрезвычайно сложны — даже если принять в качестве критериев оптимальности только три положения: счастье большинства граждан, устойчивость и прогресс. Примирить эти положения трудно. Например, устойчивость может быть достигнута ценой ограничений, но при этом пострадают счастье и прогресс. Погнавшись за счастьем и предоставив излишнюю свободу, можно упустить прогресс и выйти из устойчивого состояния, поскольку людям свойственна увлекаемость.

Поэтому в модели подсистемы «государство» должен найти отражение определенный консерватизм, проявляющийся в стабильности законов, в сочетании с разумной изменчивостью, заключающейся в совершенствовании законов по мере развития общества.

Цель моделирования подсистемы «государство» состоит в оптимизации самых различных форм и методов управления страной. В будущем, например, одним из аспектов моделирования может стать вопрос об установлении доли личной и общественной собственности. С развитием общества производство материальных благ вырастет во много раз, что, с одной стороны, приведет к увеличению благосостояния, но с другой — не исключается опасность, что стяжательство, как ржавчина, будет подтачивать мораль наименее стойкой части членов общества. Отсюда может возникнуть необходимость в некоторых нормах на личную собственность (возможно, лишь в течение некоторого отрезка времени), а удовлетворение большей части личных потребностей будет вестись за счет общественной собственности.

Подсистема «государство», с одной стороны, тесно связана с подсистемой «идеология и политика». Модель последней с известной степенью строгости можно представить на базе основных положений марксизма-ленинизма или более детального изложения Программы партии на определенный отрезок времени. Это может быть и наиболее сложная модель, воспроизводящая структуру и программы гипотетического общества, руководствующегося этими положениями. Использование подобных моделей позволит определить оптимальные формы и способы борьбы на идеологическом фронте.

С другой стороны, подсистема «государство» тесно соприкасается с подсистемой «экономика», в которой участвуют все люди: одни — как производители, другие — как потребители. В модели этой подсистемы должны быть отражены все товары и машины, заводы и сооружения, финансовая и производственная документация, объем и формы обмена информацией. Использование подобных моделей позволит оптимизировать управление экономикой, осуществить наилучшее распределение средств и сил между личными и общественными сферами жизни, между настоящим и будущим, между подсистемами «наука», «искусство», «воспитание».

Значительно сложнее моделирование такой подсистемы, как «наука». Даже ее формальное воспроизведение в виде структуры сети научных учреждений, их оборудования, штатов, технических и материальных средств связано с большими трудностями из-за огромного количества цир-

кулирующей в этой подсистеме информации. Попытка же воспроизвести содержание науки в динамике — отразить ее факты, теории, гипотезы, споры и выводы — потребует привлечения еще более мощной моделирующей техники.

Подобные сложные модели могут быть использованы в целях прогнозирования будущего самой подсистемы. Имея такие модели, можно будет задать начальное состояние подсистемы, внутренние и внешние воздействия, а затем «просчитать», как будут изменяться функции и структура ее частей во времени. Этот аспект проблемы моделирования чрезвычайно интересен, хотя возможности здесь, к сожалению, ограничены: в моделях трудно воспроизвести и предугадать творчество, а потому всякий прогноз носит вероятностный характер. Тем не менее это не исключает возможности попытаться «рассчитать» будущее подсистем хотя бы в пределах ограниченных сроков или использовать модели подсистемы для «генерирования» новых идей, теорий и гипотез.

Во многом аналогичны приведенным трудности моделирования подсистемы «искусство». Эта подсистема содержит много предметов — произведений искусства, которые чрезвычайно сложно выразить в моделях. Поэтому здесь, видимо, придется ограничиться формальными моделями, воспроизводящими структуру подсистемы и в каком-то обобщенном виде отражающими сущность искусства, его идеи, содержание, форму. Тем не менее даже такие модели могут быть использованы в качестве средства, позволяющего «проектировать» мероприятия по улучшению воздействия и воспитательной цели искусства.

И, наконец, подсистема «образование и воспитание». Ее модель должна отразить не только существующие структуры и функции в виде сети учебных заведений с их штатами, средствами и методами обучения, но и учесть воспитательные возможности новой техники — скажем, телевидения или обучающих устройств. Кроме того, в ней должен быть отражен и тот факт, что с ростом благосостояния и культуры неуклонно будут повышаться и воспитательные возможности семьи. Правда, вряд ли общество будущего примирится с тем, что дело, требующее не только сердца, но и знаний, доверяется наименее квалифицированным воспитателям — родителям. Это не означает, что дети будут изолированы от родителей, но доля общественного участия и контроля в воспитании

детей, видимо, вырастет во много раз. Все это позволит организовать программированное обучение и воспитание с индивидуальным подходом, основанным на моделировании с учетом особенностей личности каждого ребенка.

Нет сомнения, что развитие общества будет сопровождаться все возрастающей ролью науки. При этом, поскольку «счастье» является психологическим понятием, среди наук будущего одно из ведущих мест займет социальная психология. Ее первостепенной задачей станут создание и неуклонное совершенствование «полной» модели психики человека, в силу чего большую роль в жизни общества приобретут различные социально-психологические эксперименты. С их помощью можно будет разработать обобщенные, типовые модели с учетом пола, возраста, географической принадлежности, профессии и положения в обществе. Одновременно эти эксперименты позволят получать информацию, на основании которой можно будет судить о благополучии общества и «проектировать» социально-экономические мероприятия, ведущие к дальнейшему прогрессу. Возрастет в будущем и роль инструментальной психологии, в частности исследования психики, и роль нейрофармакологии в части управления ею.

Впрочем, здесь, пожалуй, самое время поставить точку, ибо всякий прогноз, даже с использованием моделирующей техники, носит вероятностный характер. Можно только сказать, что если техника будущего расширит возможности управления, то наука приблизит его к оптимальному. Вооруженная средствами моделирования, она позволит все планируемые мероприятия сначала «проигрывать» на моделях, затем проверять их эффективность в ограниченных экспериментах и лишь после этого проводить их в жизнь под постоянным контролем обратных связей — информации, получаемой главным образом со стороны «службы социальной психологии». Наука — это не только теория, собрание моделей. Это и практика управления самыми сложными системами. Высшее ее назначение — служение людям. Будем рассчитывать, что она поможет им созданием не только материальных благ, но и методов научного управления обществом.

## **КИБЕРНЕТИКА ОЖИДАЕМАЯ**

---

### **НЕКОТОРЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АВТОМАТА**

#### **МАШИНЫ, РОЖДЕННЫЕ МАШИНОЙ**

*Академик*

**С. ЛЕБЕДЕВ**

#### **Третье поколение**

За недолгий срок развития вычислительной техники сменилось три поколения ЭВМ. Год от года совершенствуются методы вычислений, усложняется оборудование, обслуживающее ЭВМ, но резкая смена их поколений связана с успехами электронной техники. Сначала место электронной лампы в ячейке ЭВМ занял транзистор, и первое поколение уступило место второму. Последующее бурное развитие полупроводниковой промышленности привело к возникновению групповых, или «интегральных», методов массового изготовления радиоэлектронных компонентов. С течением времени удалось добиться одновременного изготовления нескольких связанных между собой приборов, и в результате на одном кристалле и в одном корпусе оказался не один полупроводниковый прибор, а целая электронная схема, выполняющая те или иные логические функции. Так появились новые элементы ЭВМ — интегральные схемы, которые предопределили рождение третьего поколения машин. Их конструктору нет теперь необходимости создавать электронные ячейки по собственной схеме — он имеет дело уже с готовыми

интегральными схемами в корпусе, из которых, как из кирпичиков, составляются схемы отдельных устройств и всей машины в целом.

Интегральная схема занимает почти такой же объем, как и отдельный полупроводниковый прибор. За счет этого, естественно, сокращаются габариты машины. Уменьшение объема и веса — это очень важно для ЭВМ, но в большинстве случаев все-таки не самоцель.

Производительность машины, т. е. число выполняемых операций в секунду, зависит от времени срабатывания приборов, и оно уже сегодня стало так мало, что соизмеримо со временем передачи сигнала по соединительным проводам. Скорость распространения электрического сигнала ограничена скоростью света, поэтому единственный путь экономить время и повышать быстродействие — это сокращать длину соединений, другими словами — уменьшать габариты машин.

Переход от схем с навесными деталями к интегральным наряду с убыстрением действия повышает надежность ЭВМ. Контакты транзистора, включенного в схему с помощью паяльника, только в пять раз надежнее самого прибора. Контакты внутри интегральной схемы выполняются значительно более надежными методами, и благодаря этому общее время безотказной работы машины существенно увеличивается. А повышенная надежность позволяет применять сложнейшие схемы отдельных устройств, что также делает машины более производительными. Короче говоря, применение интегральных схем открывает для ЭВМ новые перспективы, но, как это бывает обычно в технике, одновременно с этими горизонтами возникают и новые проблемы, без решения которых прогресс оказывается невозможным.

Переход от первого поколения ЭВМ ко второму был связан с изменением физических принципов работы приборов, но конструктивное оформление оставалось практически без изменений. Третье поколение машин использует те же приборы, что и второе, но разработка и сборка машин требуют принципиально новых решений.

Более полная компоновка деталей приводит к более полному монтажу. Расположить соединения в одной плоскости, как это принято для ЭВМ второго поколения, уже не удается — приходится переходить к многослойному печатному монтажу. С возрастанием сложности резко

сокращается количество однотипных плат, и почти каждая плата требует индивидуального исполнения. Ошибки в схемах не могут быть уже исправлены путем перепайки проводов, как это делается в большинстве случаев для машин второго поколения.

Трудности возникают не только в связи с необходимостью перестройки производства, но и в процессе разработки и проектирования. Анализ схем высокопроизводительных современных ЭВМ получается настолько громоздким, что обычными методами провести его невозможно. Для составления схем многослойного печатного монтажа с учетом всех требований к нему необходимо громадное количество вариантов, что человеку фактически уже не под силу. Привлечение ЭВМ к трудоемким процессам конструирования становится не только желательным, но и необходимым.

Возможности электронных машин в этом плане не ограничиваются лишь составлением схем, а имеют значительно более широкое применение и более принципиальное значение. Можно говорить об использовании ЭВМ для разработки полной документации вновь проектируемых машин и хранении всей этой документации в памяти «машины-конструктора».

### ЭВМ проектирует ...

Разработка новой ЭВМ происходит в два этапа: проектирование детальной структурной схемы и создание чертежей конструктивного оформления. Иными словами, сначала появляется принципиальная схема, потом монтажная. Проектирование структуры ЭВМ ведется от общих схем к более частным деталям. Сначала конструктор за письменным столом, исходя из имеющихся технических возможностей и собственного опыта, выбирает необходимые устройства и блоки и соединяет их между собой в соответствии с назначением машины. На бумаге возникает структурная схема, элементы которой связаны между собой необходимыми логическими закономерностями. Эти закономерности конструктор описывает уравнениями и кодирует. Теперь к работе можно привлекать ЭВМ.

По специальной программе вычислительная машина проверяет составленную человеком схему и отмечает

имеющиеся в ней ошибки. Конструктор видоизменяет схему и вновь отдает ее на редакцию ЭВМ. Такой обмен информацией между человеком и машиной может повторяться несколько раз — до тех пор, пока схема не будет полностью работоспособной. Однако безошибочность — условие необходимое, но недостаточное. Схема работоспособна, но неизвестно, является ли она оптимальной. В выборе блоков и определении конструктором их характеристик присутствовал элемент интуиции. Для решения этого вопроса с помощью ЭВМ проводится исследование влияния отдельных устройств на производительность проектируемой машины, а также целесообразность включения тех или иных блоков. Сначала анализ ведется на основе обобщенных интегральных зависимостей, а затем на базе решения типовых задач. Конструктор и ЭВМ обмениваются информацией, и возникает оптимизированная уточненная структура будущей машины.

Когда готова общая структура, можно перейти к разработке «начинки» каждого блока. Схемы блоков, так же как и общая схема, составляются конструктором, проверяются и оптимизируются с помощью ЭВМ, и в результате рождается совокупность оптимизированных и уточненных устройств и блоков. Может случиться, что уточненные параметры какого-нибудь блока не совпадут с теми, которые конструктор принял гипотетически в самом начале работы. Тогда ему придется откорректировать общую схему и провести цикл проверки сначала.

Таким образом, конструктор, на каждом этапе советуясь с ЭВМ, создает детальную структуру будущей машины. В заключение самая подробная структурная схема проверяется на ЭВМ на отсутствие ошибок и устанавливаются ее окончательные параметры. На этом заканчивается наиболее ответственный этап творческой работы — этап принципиального проектирования. Расин в таких случаях говорил: «Моя пьеса готова, осталось ее только написать».

Вся схема будущей ЭВМ хранится в памяти машины-разработчика. Новая машина готова настолько, что можно проверить ее в работе. Используя данные памяти, машина-разработчик способна решать задачи так, как они будут решаться во вновь создаваемой ЭВМ, но только в существенно замедленном темпе. Это позволяет параллельно с созданием ЭВМ вести разработку ее математи-

ческого «вооружения» — стандартных и обслуживающих программ, программ диспетчера и т. д.

Дальнейший этап проектирования — конструктивное оформление и создание монтажных плат. Оно не требует регулярного обмена мнениями и может почти полностью выполняться на вычислительной машине. Полной автоматизации при дальнейшем проектировании способствует стандартизация конструктивного оформления, в том числе плат многослойного печатного монтажа разных уровней. Иерархия построения плат проста: на микропечатных платах первого уровня устанавливаются интегральные схемы, платы второго уровня komponуются из плат первого, и все они соединяются на платах третьего уровня. Механическая конструкция монтажных плат одинакова для различных устройств машины. Геометрическое размещение интегральных схем также стандартно, различные типы интегральных схем монтируются в одинаковых корпусах.

На основании данных по структурной схеме вычислительная машина по специальной программе выбирает необходимые типы интегральных схем, определяет оптимальное распределение их на платах первого уровня, затем на платах следующего уровня и компоновку всей машины в целом. Зная расположение интегральных схем и логическую картину их соединений, ЭВМ создает схемы для многослойного печатного монтажа плат первого уровня и выдает их в виде чертежей, или магнитную ленту либо перфоленту для последующего использования этих данных при автоматическом изготовлении блоков машины. Аналогичным способом составляется монтажная схема плат для других уровней.

В памяти машины в закодированном виде может храниться не только документация по структурной и монтажным схемам, но также конструкторские чертежи, технические условия, ведомости покупных изделий, материалов, описания, инструкции и т. п., иными словами, вся необходимая документация по будущей вычислительной машине. Значительная часть этой документации может быть приготовлена самой машиной-конструктором.

Автоматизация проектирования значительно сокращает время разработки машин, позволяет избежать многих ошибок, которые выявляются при отладке опытного образца и в процессе эксплуатации. При изменении схемы

какого-либо узла соответствующие исправления вносятся в остальную документацию автоматически.

Использование электронных машин для проектирования других ЭВМ требует разработки большого числа специализированных программ, по которым протекает тот или иной этап проектирования: необходимо в удобной для использования в ЭВМ форме представить исходные данные или, как это принято называть, иметь «входной язык», уметь автоматически переводить данные «входного языка» на «язык машины», т. е. кодировать команды машины, для чего используются специальная программа-транслятор и ряд других вспомогательных средств. Все это требует большой работы математиков и инженеров.

### ... Изготавливает ЭВМ

Одним из основных процессов производства ЭВМ третьего поколения является изготовление многослойных плат печатного монтажа.

Стандартным процессом нанесения рисунка соединений можно назвать способ фотографии, основанный на засветке через фотошаблоны светочувствительных слоев на плате со сплошным металлическим или диэлектрическим покрытием. Операция аналогична обычной контактной печати через негативы. При проявлении незасвеченное вещество (резист) исчезает, а оставшиеся области служат защитой при травлении нижележащих слоев. После этого остатки резиста смываются и при этом обнажается рисунок соединений, или изоляции, на который снова наносится сплошная пленка для следующего цикла локального вытравливания уже по новому фотошаблону.

Изготовление комплекта фотошаблонов включает целый ряд сложных операций: вычерчивание схемы в увеличенном масштабе, фотоуменьшение, ретушь и т. п. Эти дорогостоящие процессы отнимают много времени, что совсем не приемлемо при макетировании опытных образцов. Чертеж монтажной схемы можно получить на автоматическом рисующем координатографе, непосредственно используя информацию, получаемую от ЭВМ в процессе проектирования. Координатограф выдает увеличенный чертеж схемы, готовый к пересъемке. Исключение труда копировальщиц несколько экономит время, но это далеко

не окончательное решение вопроса автоматизации изготовления, поскольку желательно вообще обойтись без трудоемких шаблонов.

Такой метод есть. Это — воспроизведение рисунка прямо на плате с помощью острофокусированного светового луча. Луч неподвижен, а монтажная плата с нанесенным чувствительным слоем — фоторезистом перемещается вместе с программным столом, управляемым ЭВМ. Сам процесс засветки идет медленнее, так как линии обрабатываются постепенно от точки к точке, а не сразу, как через фотошаблон, но зато при макетировании и отладке нет надобности каждый раз делать новые фотошаблоны при внесении изменений в платы. Достаточно изменить программу, что несравненно проще, быстрее и может быть выполнено на ЭВМ. Такой способ создания соединений развязывает конструктору ЭВМ руки, так что его уже не пугает увеличение типов плат, ибо даже в массовом производстве каждая плата может исполняться по собственной программе.

Наряду с автоматическим изготовлением схем печатного монтажа ЭВМ может управлять и другими технологическими процессами: сверлением отверстий в платах, установкой и запайкой интегральных схем и других компонентов, контролем производственных параметров и т. п. Для этих операций используются данные, хранящиеся в памяти ЭВМ. Помимо повышенной производительности управление от ЭВМ придает большую рентабельность и гибкость производству. Таким образом, существующие методы изготовления ЭВМ принципиально позволяют автоматизировать большую часть технологических процессов.

Однако сами технологические процессы не очень сильно отличаются от ранее применяемых и в отношении плотности размещения деталей существенно уступают методам, используемым для производства интегральных схем.

Если все интегральные схемы (без корпусов), необходимые для создания ЭВМ, можно свободно уложить в спичечный коробок, то после их герметизации, сборки в узлы и блоки суммарный объем увеличится в десятки тысяч раз. Так как плотность деталей ограничивает быстродействие и надежность аппаратуры, необходимо искать новые конструктивные принципы компоновки.

Перспективным направлением можно назвать путь усложнения загерметизированной схемы. Несколько полупроводниковых кристаллов с интегральными схемами собираются на плате, где соединения выполнены интегральными методами, и заключаются в единый корпус. Такие многокристалльные интегральные схемы позволяют повысить плотность деталей приблизительно в десять раз.

Но наиболее заманчивой идеей интегральной электроники является создание крупных блоков ЭВМ на одной пластине полупроводника целиком интегральными методами в одном корпусе. Размеры сегодняшних приборов вполне обеспечивают такую возможность. Главное препятствие — процент выхода: чем больше компонентов в интегральной схеме, тем больше вероятность, что какой-либо из них окажется негодным. Сейчас экономически невыгодно делать интегральные схемы из нескольких десятков компонентов. Несомненно, их число будет расти по мере уменьшения брака на всех стадиях громоздкого и сложного процесса, и не так уж далеко время, когда в интегральных схемах будут насчитываться тысячи компонентов.

Есть способы приблизить реализацию этой идеи к сегодняшнему дню с помощью ЭВМ. Если на пластине создать некоторый избыток схем, то после проверки их параметров ЭВМ соединит только работоспособные и обойдет негодные. Такой принцип создания сложных схем весьма перспективен, но требует для своего исполнения новых технологических методов.

## Электронный луч — рационализатор

Методы автоматизации производства машин следующих поколений должны отвечать двум основным требованиям: существенной миниатюризации продукции и возможности непосредственного управления от ЭВМ.

В свете этих требований наиболее привлекательной оказывается так называемая технология электроннолучевой размерной обработки. Высокая разрешающая способность и простота в автоматизации — достоинства, вытекающие из самой сути метода.

Управление электронным лучом, в технологических установках аналогично принципам отклонения луча в телевизоре, только диаметр луча в тысячу раз больше.

Подобно тому как луч телевизора воспроизводит на экране информацию от телецентра, технологическая установка, связанная с ЭВМ, обеспечивает движение луча в плате, создавая с высокой точностью необходимые соединения.

Существует несколько технологических способов исполнения запрограммированных соединений с помощью электронного луча. Метод электронной фрезеровки состоит в том, что электронный луч, двигаясь по программе, испаряет на своем пути металлическую пленку, тем самым ограничивая области, в которых находятся электрически связанные компоненты. Режимы луча подбираются таким образом, чтобы получить ширину прорезанных каналов достаточной с точки зрения надежности изоляции.

Другой метод — засветка светочувствительного слоя электронным лучом по программе (электронолитография вместо фотографии) — позволяет полностью исключить производство фотошаблонов и операцию засветки. Производительность метода благодаря высокой скорости движения луча по крайней мере не уступает методам фотолитографии и значительно превосходит засветку световым лучом на программном столе.

Перспективна технология разложения электроноорганики электронным лучом, при которой в месте соприкосновения луча с платой из газа растет металлическая или диэлектрическая пленка. При перемещении луча по программе на плате вырастают линии соединений и необходимые площадки изоляций. Этот же метод можно использовать для соединения элементов схемы, наращивая металлическую пленку в местах контактов.

Область применения программирующего луча — это не только избавление от тирании соединений. Электронный луч и во многом аналогичный ему ионный луч могут быть использованы почти во всех процессах изготовления ЭВМ, включая изготовление полупроводниковых приборов и схем. Автоматизированная технология приведет к большей однородности компонентов и создаст более однотипный технологический процесс.

Полная автоматизация возможна только в случае существования обратных связей в процессе производства, обеспечивающих гибкое и контролируемое управление. Эти возможности также имеются у электроннолучевой технологии. Используя принципы электронного микро-

скопа и микроанализатора, можно автоматизировать с помощью ЭВМ такие, казалось бы, ручные операции, как точное совмещение, и, кроме того, проводить анализ полученных структур и рисунков.

Электроннолучевая установка, связанная с ЭВМ, сможет самостоятельно разделить годные и негодные компоненты на пластине, ЭВМ составит оптимальную схему их соединений и, управляя электронным лучом и его параметрами в замкнутом автоматизированном цикле, выполнит эту схему.

Электронный луч, конечно, не панацея от всех бед и не единственная проблема, которую предстоит решить конструкторам машин будущих поколений. Необходимо разрабатывать технологию слоистых структур, принципы сборки плат и т. п. Успех на этих направлениях подготавливает переход к ЭВМ нового типа с резко уменьшенными размерами, более сложными и более надежными структурными схемами, создаваемыми на новых принципах.

Можно ожидать, что вся центральная часть ЭВМ, ее мозговой центр, будет выполняться в виде интегральной схемы, способной поместиться в коробочке «Казбека».

## ЭВРИСТИКА И СОВРЕМЕННЫЕ НАУКИ

*Доктор педагогических наук*

**В. ПУШКИН**

### Что такое эвристика?

Уже давно исследователи стремятся проникнуть в сущность научного и изобретательского творчества, установить закономерности этих процессов. Когда, где и как делаются открытия? Этот вопрос интересует многих не только с познавательной точки зрения. Нередко факт открытия рассматривается как чистая случайность. Увидел Ньютон падение яблока — открыл закон всемирного тяготения, погрузился Архимед в ванну — установил важную физическую закономерность, взглянул Уатт на клубы пара, вырывающиеся из-под крышки чайника, — возникла идея парового двигателя, и т. д.

Однако уже при ближайшем рассмотрении все это совсем не так уж просто. Правда, психолог Вудвортс попытался дать список ситуаций, при которых изобретатели творили свои новые конструкции, а ученые совершали открытия. Одним счастливым мысли приходили в ванне, другим — в поезде или автомобиле, третьим — во время одевания, бритья, работы в саду, рыбной ловли, игры в гольф или в карты, на концерте или на пляже, во время чтения, прогулки или послеобеденного сна, в постели перед сном, утром после пробуждения или в середине ночи.

Приводя этот список, Вудвортс подчеркивает, что он далеко не полон. Однако уже перечисленные разные обстоятельства наводят на мысль, что практически не существует такого занятия и такого времени суток, когда не могло бы возникнуть решения сложной, ранее не решаемой задачи. И нередко человек, решивший задачу, нашедший принцип новой конструкции или закономерность, воспринимает момент решения именно как внезапную вспышку, находку, как неожиданный и радостный подарок.

Некоторые ученые и изобретатели придумывали различные приемы управления собственным мышлением. Гельмгольц на обеде, посвященном его семидесятилетию, говоря о возникновении счастливых мыслей, указывал: «Довольно часто они вкрадывались в мое мышление так, что их важность не осознавалась, и позднее часто невозможно было восстановить, при каких обстоятельствах они пришли; они просто появились, и это все, что я могу сказать. Но в других случаях они приходили вдруг, без каких-либо усилий с моей стороны, подобно вдохновению. Насколько я помню, они никогда не приходили за письменным столом и когда был мозг утомлен. Всегда было необходимо прежде всего изучить всесторонне эту проблему до такой степени, чтобы держать все острые углы и сложные стороны «в уме», чтобы можно было пробежать по ним свободно, без записей. Довести дело до такого положения без долгой предварительной работы обычно невозможно.

Потом, когда утомление, вызванное этой работой, проходит, можно прийти в состояние полной физической свежести и хорошего самочувствия, прежде чем придут хорошие идеи. Часто они приходят по утрам, когда я просыпаюсь, — в соответствии с тем, что говорил Гёте в часто

цитируемых стихах и как однажды отметил также Гаусс. Но они предпочитают появляться во время легких прогулок по лесистым горам в солнечную погоду. Малейшая доля алкоголя уносит их».

Можно было бы без конца приводить высказывания об условиях интеллектуального творчества, поскольку почти каждый ученый оставил те или иные мысли по этому поводу. Ломоносов и Лейбниц, Менделеев и Пуанкаре, Эйнштейн и Бор с разных точек зрения касались проблемы интеллектуального творчества. В одном случае они лишь подчеркивали отдельные моменты творческого процесса, в другом — приводили более или менее тонкие наблюдения, воссоздавая своеобразные психологические протоколы, в которых фиксировался момент открытия или анализировались этапы его созревания. В некоторых работах, наконец, делались прямые попытки проникнуть в глубины закономерности таинственного процесса.

Одно несомненно: закономерности интеллектуального творчества волновали и волнуют всех ученых, в какой бы области науки они ни работали. В этой связи чрезвычайно интересно было бы перейти от отдельных высказываний и наблюдений к научным исследованиям законов интеллектуального творчества, попытаться объективно исследовать эти закономерности, подобно тому, как биолог исследует различные проявления жизни.

Для этого, конечно, далеко не достаточно собрать показания людей, совершивших открытия. Необходимы объективные экспериментальные методы, которые позволили бы раскрыть и те стороны интеллектуальных процессов, которые осознаются человеком, решающим задачу. Более того, необходима целая наука, которая могла бы оформить результаты исследований в четких понятиях. И такая наука существует, вернее, формируется. Это — *эвристика*. Что же это за отрасль знания?

Во многих случаях производственной и научной деятельности, а также в обыденной жизни человека перед ним возникают нередко такие ситуации, в которых он должен совершить некоторую совокупность действий, решить задачу, но способ действия ему неизвестен. Примеров можно приводить бесконечное количество; в такое положение попадает и инженер, перед которым стоит задача разработать совершенно новую конструкцию, и следователь, столкнувшийся с запутанным и сложным пре-

ступлением, и врач, осматривающий больного с непонятным заболеванием.

При возникновении такой сложной ситуации существующие условия не подсказывают решения задачи и весь арсенал прошлого опыта не дает возможности использовать какую-нибудь известную, заранее готовую схему поведения. Такую ситуацию называют обычно проблемой или проблемной ситуацией.

Тот психический процесс, который приводит к решению проблемных ситуаций и к формированию новых форм поведения, называется в психологии продуктивным мышлением. Иначе продуктивное мышление можно назвать более старым, идущим еще от Архимеда и вместе с тем более современным названием — *эвристической деятельностью*. Наука, которая исследует закономерности эвристической деятельности, получила название *эвристики*.

Предметом эвристики как специальной отрасли науки является не только познание закономерностей творческого мышления человека, но и разработка методов и путей управления эвристическими процессами. В последние 10 лет практическое использование данных эвристики связано с развитием кибернетики, с созданием так называемых эвристических программ, отражающих в какой-то степени реальный процесс решения сложных задач человеком. Здесь необходимо отметить, что сам термин «эвристика» отождествляется в кибернетических работах с понятием «эвристический метод».

В этой связи эвристику определяют как прием, сокращающий поиск решения задачи, но не полностью гарантирующий ее решение. Такое понимание эвристики имеет смысл лишь в определенном контексте. Основной предмет эвристики как науки, определяющий ее значение для будущего человечества, — проблема закономерностей того творческого процесса, который приводит к формированию новых способов деятельности, раскрытию новых закономерностей природы.

## Эвристика и кибернетика

Хорошо известно высказывание Галилея о том, что природа говорит языком математики. Но мало кто знает, какие огромные трудности испытывает психология творческого мышления при попытке реализовать это положение в от-

ношении своего объекта. А реализовать необходимо. Ведь, как подчеркивает Карл Маркс, наука лишь тогда достигает совершенства, когда в ней используются методы и понятия математики. Эвристика не составляет исключения. И различные исследователи поставили своей целью создать математическую теорию мышления.

Одним из первых попытался внедрить математику в психологию мышления советский исследователь О. К. Тихомиров. Его эксперимент был поставлен таким образом, что испытуемый должен был угадывать значения различных сигналов, обладающих определенными *вероятностными* свойствами. В этих опытах было обнаружено, что выдвижение гипотезы субъектом в ходе решения задачи осуществляется на основе распределения вероятностных сигналов. В этом методе имел место вероятностный подход к мышлению.

Этот подход хорош тем, что процесс реализации задач определенного класса анализировался с точки зрения математических понятий. Но такая попытка была далека от раскрытия подлинных механизмов мышления как творческой, продуктивной деятельности. Творческая деятельность существенно отличается от использования готовых способов действия, готовых реакций, даже если эти реакции обладают вероятностными характеристиками. Вероятностный подход правомерен в том случае, если мозг рассматривается как некоторый «черный ящик», внутренняя работа которого неизвестна. Тогда приобретает определенный интерес установление соотношения между стимулами и реакциями. Но мышление, этот процесс, протекающий в черном ящике, может приводить к парадоксам: в ответ на один и тот же стимул могут возникать различные реакции, а на разные стимулы может следовать одна и та же реакция. Этот парадокс неразрешим для теории, пытающейся установить вероятностные соотношения между стимулом и реакцией. Следовательно, имеет смысл строить вероятностную теорию поведения, но не имеет никакого смысла пытаться построить вероятностную теорию мышления.

Большую роль в попытках математического анализа процесса мышления сыграла кибернетика. И это понятно. Для того чтобы разработать программы, воссоздающие деятельность человека, необходимо попытаться понять и описать в математических терминах реальный процесс

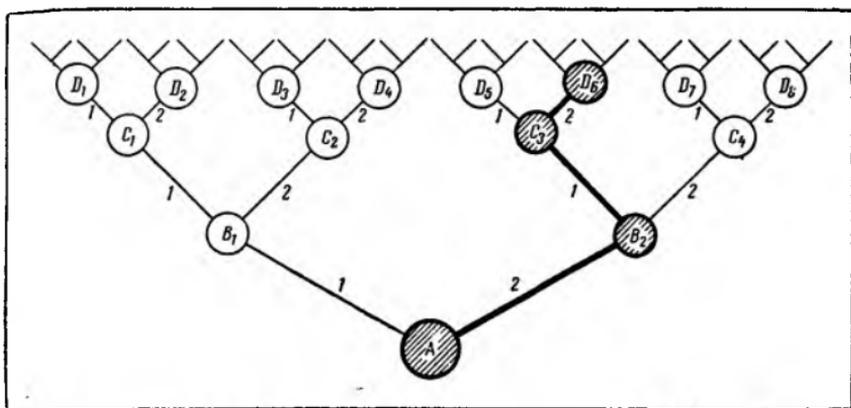


Схема лабиринта и его площадок

мышления человека. Наиболее интересно в этом отношении направление, которое получило, согласно желанию авторов, название *эвристического программирования*. Его создатели — математики и психологи Ньюэлл, Саймон, Шоу и другие — придавали своим программам чрезвычайно широкое значение. Они считали, что программы эти в отношении творческого мышления выполняют ту же теоретическую роль, что и группа дифференциальных уравнений в физике. Таким образом, представители эвристического программирования прямо указывали, что работают над математической теорией мышления.

При анализе работ по основам эвристического программирования прежде всего бросается в глаза их тесная связь с теорией проб и ошибок и пониманием процесса решения задач как прохождения лабиринта. Ньюэлл и другие указывают, что лабиринт представляет подходящую абстрактную модель для большинства видов деятельности при решении задач. С их точки зрения почти любую проблему можно представить следующим образом. Площадка  $A$  — исходная, первая площадка лабиринта, площадка  $D_6$  — конечная площадка, т. е. цель, которой нужно достигнуть. Решить проблему — значит проделать путь от  $A$  до  $D_6$ .

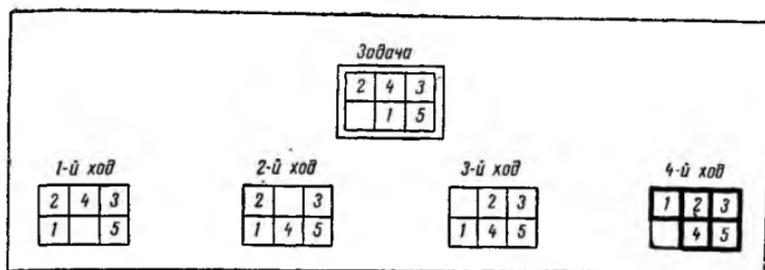
Ньюэлл и другие исходят из того, что основой собственно творческого процесса является принцип проб и ошибок. Прохождение по лабиринту есть проявление этого общего принципа. Когда субъект действительно оказы-

вается в условиях лабиринта и перед ним возникает необходимость совершать неопределенное количество проб, он может избрать две различные стратегии. Во-первых, последовательно перебирать все возможные пути в лабиринте с возвращением в случае неудачи. Это надежный способ, он дает стопроцентную гарантию, что рано или поздно задача будет решена. Все зависит от времени, которым располагает решающий задачу субъект.

Однако существуют задачи, для решения которых даже современная быстродействующая электронная машина не располагает достаточным временем. К их числу относится, например, шахматная игра. С точки зрения лабиринтного подхода, шахматы представляют собой  $10^{120}$  площадок, и вычислительная машина, совершающая миллионы операций в секунду, вынуждена тратить на обдумывание каждого хода десятилетия, если она хочет состязаться с опытным игроком.

Вот здесь-то и возникает необходимость в некоторых приемах, которые могли бы сократить число возможных вариантов, число площадок лабиринта. Именно эти приемы, названные *эвристиками*, легли в основу построения эвристических программ. Необходимо отметить, что использование понятия «эвристика» в значении приема, сокращающего лабиринт, некоторыми авторами оспаривается, поскольку оно вносит путаницу и ассоциируется с собственно творческим процессом. На эту неточность указывал, в частности, математик Ван Хо.

Чтобы продемонстрировать принцип работы эвристических программ, остановимся на одной из них, названной «General Problem Solver». Название это иногда переводится как «Универсальный решатель проблем». Для краткости будем его называть GPS — Джипс. Чтобы сократить возможные пути и число площадок лабиринта, в программу Джипс введены конечная площадка лабиринт-задачи и расстояние до этой конечной площадки. Начиная с исходной площадки, программа осуществляет перебор вариантов до тех пор, пока не попадет на площадку, которая ближе всего расположена к конечной площадке (на нашем лабиринте на площадку  $B_2$ ). Затем снова перебор вариантов до тех пор, пока система не попадает на  $C_3$ . Так происходит, пока при очередной пробе система не окажется на площадке  $D_6$ , что означает решение задачи.



Игра «5» и этапы решения этой задачи

Авторы придавали очень большое значение программе Джипс. Они подчеркивали, что эта программа была создана ими на основании анализа и реального решения задач человеком. Поэтому они и назвали ее «Универсальным решателем». Однако при более тщательном анализе этот решатель оказался совсем не универсальным. Фиаско эта программа потерпела опять-таки из-за шахмат. Если считать, что начальная площадка шахматного лабиринта — развитая позиция, а конечная — матовая ситуация, то оказывается, что существует множество начальных и не меньшее количество конечных площадок. От каждой начальной площадки и до каждой конечной такое количество путей, что программа сталкивается с теми гигантскими числами, которые сделали сомнительными в практическом применении другие шахматные программы.

Здесь возникает вопрос: действительно ли дело в большом количестве площадок лабиринта? Не носит ли программа Джипс более принципиального характера, не означает ли она, в частности, кризиса лабиринтного подхода к процессу решения задач? Для ответа на этот вопрос проанализируем решение простой задачи, которую легко представить в виде лабиринга. Возьмем игру «5» — вариант хорошо известной игры «15». Игра эта заключается, как известно, в следующем.

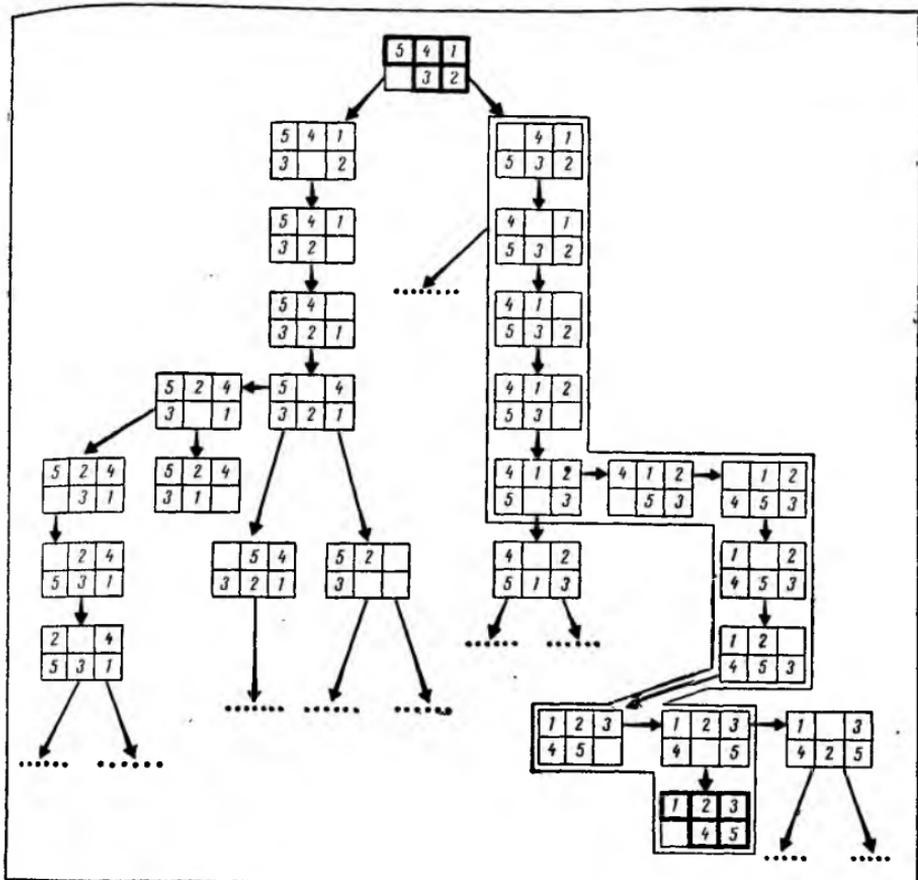
На шести клетках, расположенных в два ряда по три, помещаются пять пронумерованных фишек: 1, 2, 3, 4, 5. Фишки расположены в произвольном порядке. Нужно, передвигая фишки на свободную клетку, расположить их в последовательности натурального ряда. При этом должна быть пустой та же клетка, что и в исходной позиции. На

рисунке показаны перемещения фишек при решении простой четырехходовой задачи. В этой игре есть ситуации более сложные. Если взять какую-нибудь из этих ситуаций и попытаться построить лабиринт, то получится дерево, изображенное на следующем рисунке. Дерево это обладает несколькими ветвями, одна из которых — оптимальный путь к решению, т. е. к конечной площадке.

Глядя на это дерево, нетрудно представить себе, как будет решать задачу эвристическая программа Джипс. Однако достаточно внимательно взглядеться в исходную позицию, как мы увидим, что человек будет решать эту задачу существенно по-другому. Действительно, рассмотрев фишки и их расположение, можно увидеть, что они стоят в нужном порядке, и для того, чтобы расставить их по местам, достаточно «повернуть» всю позицию как единое целое. При таком вращении все фишки станут на нужные места.

Этот простой опыт с простой задачей показывает, что для человека не существует всей совокупности ветвей «дерева игры». Следовательно, для него нет специальной цели сокращать число возможных площадок лабиринта. Стратегия вырабатывается человеком на основе совсем другого процесса. Таким образом, даже в отношении задач, которые можно представить в виде лабиринта, понимание эвристики как некоторого приема, сокращающего число возможных вариантов, не имеет большого смысла, по крайней мере при анализе деятельности человека.

С другой стороны, существуют задачи, которые либо вообще невозможно, либо бессмысленно представлять в виде лабиринта. Возьмем, например, известную головоломку: построить из шести спичек четыре треугольника. Решение состоит в том, чтобы выйти в пространство и сделать попытку построить трехгранную пирамиду. Обычно человек создает для себя дополнительное условие — пытается построить эти треугольники обязательно на плоскости — и совершает большое количество ошибок, не приводящих к успеху. Если представить себе эту задачу в терминах лабиринта, то оказывается, что она содержит всего две площадки: начальную и конечную (решение). Для человека же, решающего задачу, конечная площадка лежит в пространстве с неопределенным числом измерений: он не знает, в какой области искать схему решения. Но ведь такие задачи и являются собственно



Игра «5» как лабиринт

творческими. Именно в отношении проблемных ситуаций с неопределенной областью поиска разворачивается та самая эвристическая деятельность, закономерности которой и являются объектом эвристики как науки.

Итак, эвристическое программирование на данном этапе его развития не привело к раскрытию закономерностей эвристической деятельности, к созданию математической теории творческого мышления.

Разумеется, наша критика этих работ ни в коей мере не умаляет практических, машинных достижений эвристического программирования. Речь идет здесь о слабостях теоретических претензий этого направления.

Однако проблема построения теории продуктивного мышления должна разрабатываться. На каких же путях осуществлять эту разработку?

### Интеллектуальное творчество как построение моделей внешнего мира

Необходимо открыть «черный ящик», проникнуть в структуру мозговой деятельности по переработке информации, необходимо иметь возможность наблюдать эту деятельность в процессе решения сложных задач. Определенные надежды в этом отношении дают все те же шахматы. В решении шахматных задач большой удельный вес имеет зрительный анализ проблемной ситуации, элементы ситуаций даны в них наглядно. Вместе с тем шахматные позиции могут быть очень сложными и требовать от человека развертывания интенсивной эвристической деятельности.

Это обстоятельство позволяет объективно зарегистрировать некоторые важные моменты информационной работы мозга при решении сложных задач. В наших опытах был использован метод кинорегистрации движения глаза при анализе шахматной позиции. Эксперимент производился следующим образом. На расстоянии 1,5 м от шахматиста устанавливалась шахматная доска размером в 1 м<sup>2</sup>. На этой доске располагалась позиция. Одно из полей доски отсутствовало: через отверстие на глаз шахматиста был наведен кино съемочный аппарат.

В качестве задач предъявлялись сложные позиции из практических партий, в которых была заключена выигрывающая комбинация. От обычных шахматных задач и этюдов такие позиции (их называют «найдите лучший ход») отличались тем, что наряду с необходимыми элементами в них были включены и совершенно ненужные фигуры и пешки. Попадая в такую ситуацию, шахматист, прежде чем решать задачу, должен был ее сначала поставить, т. е. найти элементы, условия, которые имеют отношение к возможной задаче.

То обстоятельство, что зрительный анализ играет в шахматах огромную роль, не только помогало выяснению механизма эвристической деятельности, но и выдвигало специальную эвристическую задачу. Нужно было отличить точки фиксации и маршруты движения глаза, связанные

с мышлением, от точек фиксации и маршрутов, включенных в процесс восприятия доски и расположенных на ней фигур. Только такая дифференциация позволяла рассматривать движение глаз в этих опытах как индикатор решения задач. Поэтому наряду с задачей шахматисту показывали аналогичную по числу фигур позицию, которую он должен был воспринять и запомнить. В дальнейшем сравнивались маршруты движения глаз при восприятии и при решении задачи.

При анализе экспериментальных результатов оказалось, что точки фиксации (остановки) глаза в процессе восприятия равномерно распределены по всей доске. Маршрут движения глаз как бы подчеркивает все фигуры. Когда шахматиста спросили после опыта о расположении фигур на доске, он правильно воспроизвел всю позицию.

Совсем другая картина была у шахматиста, пытавшегося решить задачу, как найти выигрышную комбинацию за белых. В этом случае точки фиксации группируются в определенной зоне доски, в некоторые районы позиции глаз совсем не заходит, между определенными элементами наблюдаются повторные движения. Если спросить у такого игрока, что он запомнил за время осмотра, то он воспроизведет чуть больше половины бывших на доске фигур, но зато даст верный вариант решения (в опытах участвовали шахматисты высокой квалификации).

О чем говорят приведенные факты? В опытах зарегистрирована интенсивная познавательная деятельность, которая происходила в ограниченное время (позиция предъявлялась всего на 10 сек.). Эта деятельность не осознавалась шахматистом (среднее время фиксации на точке 0,24 сек.), в его сознании выступал лишь вариант решения. Таким образом, в этих опытах человек был поставлен в такие условия, когда он был лишен возможности блуждать по лабиринту, и все же новая стратегия им вырабатывалась.

Описанные эксперименты, а также ряд других исследований позволяют считать, что в основе эвристической деятельности лежит построение модели ситуации.

Проследим этот процесс на примере шахмат. У каждой фигуры есть базисные оперативные свойства: конь ходит буквой Г, слон — по диагонали и т. д. Но вот фигура поставлена на поле шахматной доски, и шахматист

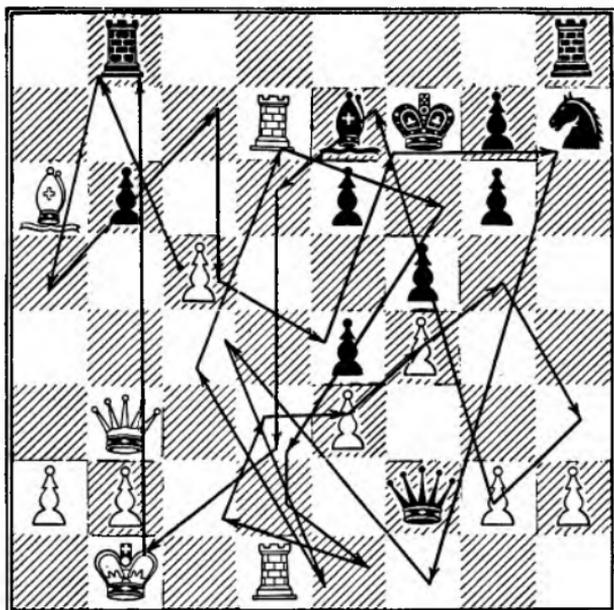


Схема движения глаз шахматиста, стремящегося запомнить позицию

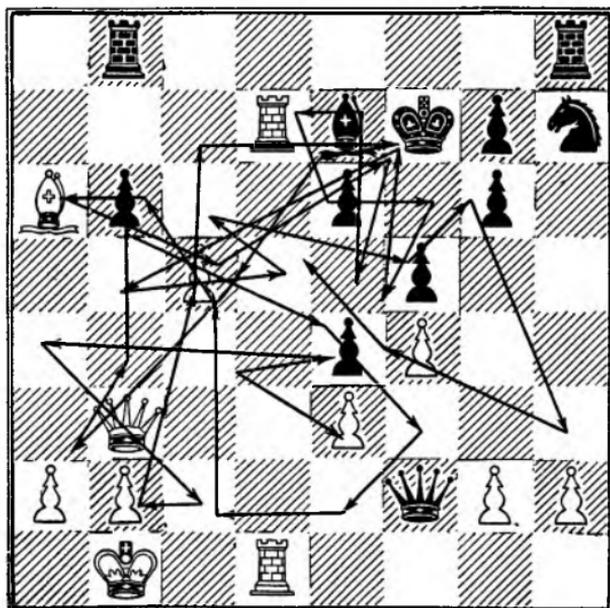


Схема движения глаз шахматиста, решающего задачу



отдельные элементы задачи, человек приходит к образу проблемной ситуации как единого целого, и этот образ, эта модель, или система, приводят его к формированию стратегии поведения. Значит, основным моментом является то, как человек видит проблему и отдельные ее элементы.

В пользу рассмотрения мыслительной деятельности как построения и функционирования различных моделей действительности свидетельствуют и данные физиологии. Так, в качестве физиологической основы для информационного моделирования можно рассматривать «функциональные органы нервной системы» А. А. Ухтомского. Функцию образов, или моделей, в регуляции поведения исследовал И. С. Бериташвили. Роль моделей в решении задач животными отчетливо выступает и в том явлении, которое Л. В. Крушинский назвал *экстраполяционным рефлексом*. «Модель потребного будущего» рассматривалась Н. А. Бернштейном в качестве основы активности животных и человека.

Формирование модели при решении сложных проблемных задач в мозгу человека позволяет понять и случайность некоторых открытий. В ходе сознательной работы над проблемой, в ходе анализа ее условий у человека может формироваться модель решения, которая им до поры до времени не осознается. Восприятие случайных объектов приводит к тому, что построенная модель анализируется, становится достоянием сознания. И нет ничего удивительного в том, что Архимед, погрузившись в свою знаменитую ванну, разгадал интересующую его физическую закономерность.

Следовательно, роль случайного восприятия в открытии аналогична роли проявителя при обработке фотографических снимков: изображение (информационная модель) уже содержится в эмульсии, его необходимо только выявить, актуализировать. Именно поэтому случайные впечатления далеко не у всех людей могут играть эвристическую роль.

### Возможна ли молекулярная эвристика?

Но что происходит в нервной клетке в момент открытия, в момент появления нового образа, в момент эвристической деятельности и как ведут себя при этом молекулы

нервных клеток? Этот вопрос имеет для эвристики отнюдь не теоретическое значение. Ответ на него может обогатить человечество неизвестными еще средствами управления творческим процессом.

В настоящее время идут интенсивные поиски молекулярных механизмов памяти. Первые серьезные неудачи, связанные с поисками некоторого специфического вещества памяти, не охладили исследователей. Полученные факты свидетельствуют о том, что кодирование отображенных предметов внешнего мира осуществляется в записи на молекулах нервных клеток. Но это относится к памяти, т. е. к репродуктивной способности человека. А как быть с продуктивными его процессами, к которым относится способность решать творческие задачи? Ведь здесь имеет место возникновение совершенно новой модели, нового образа, новой стратегии поведения.

Тогда эвристическую деятельность, вероятно, можно рассматривать как результат изменения информационной записи на соответствующих элементах нервных клеток и появления новых информационных моделей. Такого рода подход в значительной мере объясняет ту обратную зависимость между возможностями запоминания и мышлением, которая хорошо известна не только психологам, но и всем исследователям, так или иначе связанным с анализом умственного труда. Например, существует большая разница между мышлением шахматиста-аналитика и шахматиста-практика. Один из них — аналитик — обладает огромным запасом сведений относительно когда-либо сыгранных партий, однако его результаты в практической игре обычно довольно скромны. У других шахматистов отсутствует этот запас сведений и вариантов, но они великолепно играют, открывая в тех или иных позициях новые возможности. В одном случае действуют модели памяти, в другом — эвристические, продуктивные модели. Примеры такого рода можно привести не только из области шахмат.

Если верна эта гипотеза, то творческое мышление можно было бы стимулировать с помощью специфических веществ и физических факторов, влияющих на информационное содержание молекулярного кода, подобно тому как в генетике стимулируются мутации и получаются новые виды. В пользу этого предположения говорят результаты некоторых исследований влияния аэроионов на

функционирование центральной нервной системы. Разумеется, между «эвристическими мутагенами» и мутагенами, применяемыми в генетике, должно быть различие, поскольку можно провести лишь весьма отдаленную аналогию между двумя преобразованиями информационного кода на молекулярном уровне — мутацией и решением творческой задачи. Одно несомненно: переход на исследование молекулярного уровня творческого мышления сделал бы эвристику комплексной, стыковой современной наукой, включил бы ее проблематику в контекст фундаментальных естественных наук второй половины XX в.

### Эвристика и наука будущего

Здесь были указаны лишь некоторые проблемы эвристики и пункты ее связи с актуальными отраслями современной науки. Существует еще целый ряд вопросов, которые должна разрабатывать эвристика. Например, вопрос о том, можно ли научить творчеству. Много споров было по этому поводу. Одни исследователи считают, что любого человека можно научить способности делать изобретения и открытия. Другие, наоборот, уверены в том, что это — талант, что с такой способностью люди рождаются. Еще в конце XIX в. последнюю точку зрения довольно отчетливо сформулировал известный французский психолог Рибо. Он писал, что если бы мыслительному творчеству можно было бы учить, то изобретателей было бы столько же, сколько сапожников и часовщиков.

Экспериментальные исследования последних лет показали, что интеллектуальные возможности людей, в частности детей, могут быть сильно расширены. Есть основания думать, что эти исследования окажут определенное влияние и на интенсивность мыслительного творчества, хотя основное направление исследований вызвано необходимостью разрабатывать совершенно другую проблему. Дело в том, что современный человек вынужден развиваться и работать в условиях все возрастающего количества научной информации, которое необходимо усвоить для овладения той или иной специальностью. Было замечено, что традиционная система обучения отнюдь не способствует решению указанной проблемы. И некоторые психологи стали искать новые пути формирования интеллектуальных функций ребенка. Поиски привели к весьма

обнадеживающим результатам. Д. Б. Эльконин и В. В. Давыдов в условиях экспериментальной школы смогли преодолеть сложившуюся систему обучения и ввели алгебру в первых классах. Опыты показали, что если изменить систему построения моделей внешнего мира у ребенка, то он оказывается способным работать с буквенной символикой. Это привело, например, к тому, что дети вместо механического заучивания смогли вывести таблицу умножения. Новый метод способствовал значительно более быструму усвоению школьного материала.

Есть все основания думать, что изменение принципа построения моделей внешнего мира у детей (и не только у детей) приведет к иным, более экономичным способам овладения информацией, поднимет общую культуру мышления, что не сможет не сказаться на эвристической деятельности.

Много, очень много проблем придется решить еще эвристике — этой старой и вместе с тем еще совсем молодой отрасли науки. И чем больше будет развиваться наука и техника, тем острее будет осознаваться значение творческого мышления, тем более необходимы будут результаты эвристических исследований.

В настоящее время не существует еще единой эвристической теории, единой точки зрения по узловым вопросам эвристики. Вокруг этих проблем у нас и за рубежом ведутся острые споры, которые иногда подводят к истине, иногда — уводят от нее. Такое положение совершенно естественно для отрасли знания, находящейся в стадии становления. Еще не полностью осознано значение эвристических исследований. Число исследователей и объем средств, вкладываемых в эту отрасль, еще ничтожно. И все-таки эвристика — наука будущего. От ее прогресса во многом, несомненно, зависит ускорение темпов развития человечества.

## ЛИНГВИСТИКА И ПРАКТИКА

*Доктор физико-математических наук*

Р. ДОБРУШИН

Для лингвистики — науки о языке — так же, как и для многих других наук, наступил период существенных изменений. Это вызвано прежде всего тем, что с появлением кибернетической техники сфера применения этой науки резко расширилась.

В самом деле, прежде основные приложения лингвистики были связаны с использованием языков человеком, например при обучении родному или иностранному языку. Этим и определялся характер лингвистики как науки гуманитарной.

С появлением электронных вычислительных машин возникла проблема общения человека с машиной. Человеку удобнее выражать мысли в языковой форме, и, следовательно, надо обучить машину непосредственно воспринимать и перерабатывать устную речь и тексты на естественных языках человека. Эта сложная проблема пока еще не решена. И одна из важнейших причин этого кроется в современном состоянии лингвистики.

Можно назвать четыре области кибернетической техники, развитие которых упирается в отставание науки о языке. Во-первых, это широко известная проблематика машинного перевода с одного языка на другой. Работы последних лет показали, что хотя эта проблема в принципе, безусловно, разрешима, она труднее, чем казалось с первого взгляда. И трудности здесь не кибернетические, а лингвистические. Чтобы добиться успеха, нужно в первую очередь понять грамматическую и в особенности смысловую структуру языка намного глубже, чем это имело место до сих пор.

В связи с невероятно быстрым ростом объема знаний, накопленных человечеством, особенно острой стала проблема создания информационных кибернетических устройств, хранящих и разыскивающих по заказу научную информацию. Для этого прежде всего надо «научить» машину воспринимать информацию, записанную на естественном языке. А перевод с обычного языка на машинный снова упирается в отставание лингвистической теории.

Очень важна задача машинного «стенографирования», иначе говоря, восприятия машиной устной речи. Решение этой проблемы позволило бы управлять техникой при помощи голоса, а, как известно, реакция голосом — это наиболее быстрая и естественная реакция человека на меняющуюся обстановку. Трудность здесь состоит в неизученности фонетико-акустической стороны языка.

Наконец, лавинообразное нарастание количества переговоров по каналам связи заставляет искать пути компрессии (сжатия) речи. Надо научиться выделять существенные черты речи так, чтобы, передавая их по каналам связи, на приемном конце можно было восстановить речь в первоначальном виде. Это позволило бы существенно разгрузить каналы связи. Для решения этой проблемы нужно глубокое понимание статистических свойств языка с позиций теории информации.

Словом, необходимо глубокое изучение законов языка. Но когда кибернетика и техника столкнулись с лингвистикой, то выяснилось, что современный уровень науки о языке не соответствует их нуждам. В чем же причина? Как известно, языком современной кибернетической техники является язык математики. Поэтому для решения технических проблем нужно уметь описывать качественные и количественные закономерности языка на том уровне логической глубины и полноты, который может дать только математика. Речь, таким образом, идет не об отдельных поправках, которые можно было бы ввести в методы современной лингвистики, не о дополнительном изучении отдельных частных вопросов. Надо уточнить или пересмотреть решение почти всех коренных вопросов лингвистики и, более того, нужно решать проблемы, которые раньше даже не могли быть поставлены.

Независимо от потребностей практики, возникших в связи с появлением электронных вычислительных машин, внутренние процессы развития самой науки о языке привели многих лингвистов к осознанию необходимости коренных изменений в методике их исследований. Ближе всего к пониманию новых задач стоят представители того направления, которое принято называть структурной лингвистикой. Важно подчеркнуть, что структурный подход к языку сложился естественным путем в недрах самой лингвистики в результате углубленного понимания природы языка. Для этого направления характерно четкое

разграничение смысловой и формальной сторон языка. Его представители понимают плодотворность изучения форм языка независимо от его истории и смыслового содержания этих форм, используя для этой цели достижения математики и естественных наук.

Новые лингвистические методы оказываются полезными и в классической проблематике. Например, использование математических методов в анализе языка позволило точнее сформулировать некоторые правила грамматики и орфографии. Конечно, неверно было бы утверждать, что классические методы устарели для всех областей лингвистики. Так, для изучения истории языка применение математических методов имеет пока что второстепенное значение. Однако нет сомнения, что уже сейчас владение математическими методами должно стать необходимым элементом научной эрудиции каждого лингвиста не в меньшей мере, чем инженеров.

## МОРАЛЬНО-ЭТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И КИБЕРНЕТИКА

В. ПЕКЕЛИС

Сегодня трудно найти область человеческой деятельности, куда бы не проникла кибернетика. Но некоторые области ее проникновения весьма неожиданны. Неожиданное в том, что кибернетика «пробует на зубок» человеческие отношения и в самой их сути, и в абстракции, между отдельными людьми и между общественными группами. Аспекты морально-этические, которые не записывались ни числом, ни цифрой, теперь в виде кодовых знаков попали в электронно-вычислительные машины. Это уже не первые опыты, но еще и не окончательные результаты. Это то, что мы называем «нерешенные проблемы».

А надо ли решать такие проблемы с помощью кибернетики? Надо. Современный уровень точности анализа в общественных науках и связанная с этой точностью возможность предсказывать развитие социальных явлений далеко не удовлетворительны. Это объясняется не только сложностью жизни, трудностью учета субъективного в общественном и многообразия случайностей, но и недостаточным развитием методов научного исследования.

## Прошлое под судом машин?

Сто тридцать лет были безуспешными попытки прочитать рукописи майя. Советский ученый Кнорозов тщательно изучил тексты и высказал гипотезу — загадочная письменность иерографическая. Но как прочитать ее? За дело взялись кибернетики. Соединив умение человека и быстроту машины, они создали комбинированный способ расшифровки. По программам для подбора и поиска нужных слов машина проделала миллиарды вычислений. Это позволило прочитать канонические тексты мадридской и дрезденской рукописей майя. Мы узнали их астрономические и астрологические таблицы, описание брачных обрядов, ремесел, мифы о всемирном потопе и богах, которым поклонялись майя. С помощью машины менее чем за год прочитали половину всех найденных текстов, в то время как раньше сотни ученых за 10 лет расшифровывали только один знак...

На весь мир славятся ювелирные изделия жителей аула Кубачи в Дагестане. Мастерство не раз спасало их от порабощения. Бесценными украшениями, утварью, оружием откупались кубачинцы от завоевателей. Легенда связывает происхождение этого центра искусства с далекой Францией, переселенцами из которой, по преданию, был основан аул. Действительно, некоторые элементы местного языка напоминают французский. Ученые решили проверить достоверность легенды. Разработали специальную математическую модель и с помощью электронной вычислительной машины установили, что легенда не соответствует действительности. Математический анализ показал: искусство кубачинцев родилось в горах Дагестана примерно в III в. нашей эры...

Нумизматы составили большие каталоги древних монет, найденных в Северном Причерноморье. В них записаны места находок, места чеканки, металл, из которого сделаны монеты, курс хождения и другие разнообразные сведения. Человек не в силах правильно систематизировать эти горы материала, чтобы сделать историко-экономические выводы. Обработка его на вычислительных машинах дает возможность построить историческую теорию, основанную на «нумизматических» данных, по торговым и культурным связям этого района древнего мира, по его политической экономике...

В распоряжении историков сейчас имеется множество сведений о первоначальном заселении Америки. Здесь не только исторические факты, но и материалы, представленные антропологией, палеографией, этнографией, языкознанием и другими науками. Вычислительные машины помогают рассортировать этот океан сведений, найти и сопоставить в нем отдельные, наиболее значительные детали, которые позволят перейти от зыбких гипотез к реальной картине действительности. Так, благодаря машинам снята проблема точной классификации миллионов разрозненных факторов информации для научных выводов...

Можно ли, строго говоря, назвать эти примеры машинным изучением истории? Безусловно, нет. Перед нами лишь применение электронных быстродействующих машин для решения каких-либо — всегда отдельных, всегда четко ограниченных — задач. Здесь машина использована точно по прямой своей «специальности» — способности к быстрой, весьма абстрактной манипуляции с большим числом данных, перед которыми человек пасует, чувствует себя безоружным.

Когда же речь заходит «о прошлом под судом машин», имеется в виду несколько иное — сам предмет науки — история, исторический процесс. И это куда более сложная, более трудная проблема.

Что значит подойти к истории с позиций кибернетики? Это значит формализовать историю, изложить события прошлого в виде формул, удобных для машинных операций. Но именно в этой конкретности вся сложность задачи. История — наука, от которой не приходится ждать математической строгости, наука непрерывного процесса. Все, что делается сегодня, — уже факт истории.

Несмотря на почтенный возраст исторической науки, несмотря на ее гигантский «багаж», много еще фактов и событий неизвестно историкам. Если бы история была сплошной цепью событий, в которой в целости каждое звено! Нет, к сожалению. Цепь разорвана — и во многих местах. А ведь только строго систематическое изложение прошлого можно формализовать. В этом одна из трудностей применения кибернетики в истории. Есть и другая трудность.

Говорят, историку недоступен эксперимент. Сегодня — да. Правда, историк может моделировать тот или иной исторический процесс. Может на моделях проверять вер-

сию — вероятность события, даваемого ему историческим описанием, «посредником» между прошлым и настоящим. Обычная картина для историка — одно событие описывается несколькими источниками и каждым по-своему. А часто они находятся в полном противоречии друг к другу. Конечно, подобие не доказательство. Однако подобие, а тем более моделирование — путь к доказательству.

Но главную трудность применения кибернетики в истории ученые видят в другом: в нравственном содержании науки.

Нравственное содержание науки — это не только отношение к тому, что ученый содеял своим умом, своими руками (вспомним, например, выступление американских ученых-атомников против атомной бомбы после Хиросимы). В исторической науке не только труд ученого оценивается нравственно, нравственной оценки требует и человек — объект исследования, человек — главная действующая сила исторического процесса. Поэтому при оценке прошлого в него всегда вглядываются с позиций нравственной ценности. А понятие нравственности, говорят историки, увы, совсем еще не кибернетическая категория. Она пока не поддается формализации, поскольку всегда относительна, подвижна, меняется в зависимости от классовой принадлежности, от поколения к поколению и даже от личных качеств людей. Другими словами, сегодня еще не умеют выражать эмоциональную сторону истории математическими формулами.

Итак, выводы специалистов недвусмысленны. Вот что по этому поводу пишет доктор исторических наук А. П. Каждан: «Если у нас есть все-таки надежда на формализацию в будущем связей между историческими фактами, то трудно представить себе, как можно выразить формулами другую — нравственную сторону исторического опыта».

Опасения историков и понятны, и оправданны. И все-таки — *трудно это представить* или это вообще *невозможно* — кибернетика в исторических исследованиях?

Норберт Винер считает, что в своих работах он «достаточно убедительно показал приложимость кибернетического подхода к моральным проблемам личности» и рассмотрел «другую область приложения кибернетических идей, а именно их приложения к проблемам этического

характера. Это кибернетика общества и рода человеческого».

Значит, такой авторитет, как Винер, полагает, что проблема решена? Но почему же тогда — «нерешенная проблема»? Да потому, что «в общественных науках мы имеем дело с короткими статистическими рядами и не можем быть уверены, что значительная часть наблюдаемого нами не создана нами самими... Мы слишком хорошо настроены на объекты нашего исследования, чтобы представлять из себя хорошие зонды. Короче говоря, будут ли наши исследования в общественных науках статическими или динамическими — а они должны быть и теми и другими, — они могут иметь точность лишь до очень небольшого числа десятичных знаков и в конечном итоге никогда не доставят нам такого количества значащей информации, которое было бы сравнимо с тем, что мы привыкли ожидать в естественных науках. Мы не можем позволить себе пренебрегать социальными науками, но не должны строить преувеличенных надежд на их возможности. Нравится ли это нам или нет, но многое мы должны предоставить «ненаучному», повествовательному методу профессионального историка».

Это тоже слова Винера.

### «Рассуди, машина!»

Так озаглавил свою статью профессор В. Кудрявцев, один из ведущих специалистов по применению кибернетики в юриспруденции. Заголовок не оставляет сомнения в намерениях автора. Действительно, он пишет: «... Мы хотим, чтобы справедливость, гуманность, неотвратимость, истина и все прочие юридические категории стали столь же точными, основывались бы на таких же бесспорных данных, как это имеет место в категориях математики, физики, химии...»

Однако разве справедливость, гуманность, неотвратимость, истина и все прочие юридические категории — это не нравственные стороны жизни людей, общества, а значит, и той же истории?

Неужели юрист всерьез высказал такое: «Рассуди, машина!»? Посмотрим.

Право — это наука об управлении, об организованном регулировании поведения людей. Общеизвестно, что и ки-

бернетика — наука об управлении, о регулировании и саморегулировании сложных динамических систем. Вполне естественно, что юристы стремятся к тому, чтобы максимально повысить эффективность, надежность этого регулирования. В юридической практике, как нигде больше, нужны точность, определенность, четкость, научная обоснованность решений, а именно это и дают нам кибернетические методы.

А вот другое мнение — академика А. И. Берга. «Если учесть, что юридические науки изучают поступки и действия, совершенные человеком, общающимся с огромным количеством других людей в самой разнообразной обстановке, что изучаются действия, вызываемые определенными причинами, то следует признать, что имеются все основания применять здесь науку, базирующуюся на изучении массовых, вероятностных явлений и закономерностей».

Непосвященный не знает, что правовых норм — законов, постановлений, актов, действующих в данный момент на территории нашей страны, — бесчисленное множество. Ни один юрист не в состоянии назвать точную цифру. Как же упорядочить это сложное «хозяйство»? Как обеспечить его непротиворечивость и внутреннюю стройность?

В. Кудрявцев отсылает нас к работе группы ленинградских юристов и математиков под руководством профессора Керимова. Ленинградцы подвергли правовые системы строгому логическому анализу с помощью электронно-вычислительной машины.

Они сравнили все постановления по одному из правовых вопросов, содержащихся в различных законах, выявили все противоречия, упростили изложение. Стало ясно — словесные юридические описания можно плотно «упаковать» в экономный, не знающий повторений и двусмысленностей математический код.

Значит, встает вопрос о создании справочно-информационной службы в области права?

Как нужна такая служба! Люди, далекие от юриспруденции, не очень-то хорошо знают кодексы законов. Они не читают их, как газету, не раскрывают их в свободное время вместо романа или томика стихов. А представьте себе, как было бы хорошо поднять телефонную трубку и через несколько секунд получить юридическую справку:

какие есть законы, что они предписывают, какие есть ограничения, а главное — какие есть дозволения.

Но ведь от справочно-информационной службы до «рассуди, машина!» расстояние огромное. А что может сделать кибернетика непосредственно в самой правовой науке, в законодательстве, в судопроизводстве?

К сожалению, с полной определенностью на этот вопрос трудно ответить по нескольким причинам. Прежде всего мы здесь опять, как в истории, сталкиваемся с нравственными проблемами. И еще. Машина признает формальную логику, разбирается в абстрактных категориях. А юридическая наука всегда сопоставляет абстрактное с объективной реальностью, с содержанием самого факта или явления. Поэтому в каждом конкретном случае возникает множество связей и оттенков. И перед их «субъективной бесконечностью» бессильна формальная логика.

Посмотрите, что получается. Можно обозначить символами судебное решение об удовлетворении, допустим, иска о разводе и предусмотренные законом предпосылки для такого решения. Различные комбинации символов будут соответствовать жизненным ситуациям. Тем более что статистика подтверждает определенную повторяемость в причинах разводов. Например, в Чехословакии в 1960 г. из более чем 15 тыс. бракоразводных процессов три четверти — когда виновной стороной были мужья — вызывались пьянством, неверностью или уходом к другой женщине. А при виновности жен главным поводом более чем в половине случаев была одна-единственная причина — неверность.

Однако все в этих сложных жизненных коллизиях основано на абстрактной схожести. А в жизни, например, неверность имеет столько различных нюансов, что иной раз ее даже нельзя классифицировать как неверность. Конечно, все это пока недоступно машине.

Судопроизводство, как известно, состоит из судебного разбирательства и вынесения решения. Машина, по всей вероятности, сможет помочь судье привести в систему результаты дознания, сопоставить отдельные показания, логически проанализировать их, выявить возможные противоречия или недостаточность доказательств. Этим она значительно ускорит, уточнит и облегчит судейскую работу.

Но это всего лишь облегчение судейской работы, которая подводит к применению правовой нормы. А от этой

нормы зависит принятое решение. Иными словами, судьба человека. Попробовал ли кто-нибудь запрограммировать норму права? Не для того, чтобы следовать модному увлечению кибернетикой, а для того, чтобы под кибернетическим углом зрения детально, во всех подробностях проследить путь формирования вывода судьи, раскрыть самый механизм оценки доказательств и всю «сложную материю» судебного доказательства изложить языком логики.

## На суд людской. . . .

Весной 1964 г., когда я был за границей, мне попала в руки газета, на последней странице которой я прочел. . . брачные объявления:

«20-летняя девушка хотела бы познакомиться с серьезными намерениями с хорошим молодым человеком».

«26-летний вдовец хотел бы найти бездетную жену».

«Молодой мужчина с ребенком хотел бы найти сыну хорошую мать».

Объявлений было много, разных. Я был очень удивлен. Такое в наше время! . .

Но не будем, однако, спешить с выводами. Давайте непредвзято посмотрим, как в действительности обстоит дело.

Известно, что на Западе брачные объявления — дело привычное. Теперь же для знакомства с целью вступления в брак применяются вычислительные машины, своего рода «электронные свахи». Желающие вступить в брак заполняют подробную анкету: возраст, образование, вкусы, привычки, цвет глаз и т. д., материальное положение, высказывают пожелания в отношении будущего супруга. Перфокарточку с этими сведениями закладывают в электронную машину, которая занимается подыскиванием супруга или супруги. Иногда ей сообщают и сведения, полученные с помощью, например, энцефалографа или других приборов.

В среднем перфокарта содержит около 80 вопросов. Но бываю и случаи, как со священником Лемуэлем Конвейем, обратившимся к фирме «Меритроникс» более чем с 700 вопросами, по которым электронная машина должна была подыскать невесту. Машина подобрала ему в жены вдову Глэдис Кувер.

Найти ответы даже на 80 вопросов нелегко. Ведь надобно произвести колоссальный перебор, чтобы подыскать оп-

тимальный вариант. Брачное посредничество для электронной машины — дело хлопотливое и нелегкое. Недавно машина «ИБМ-1410» в Цюрихе за три года «создала» всего 50 семей. Правда, подготовила браки — дала рекомендации — свыше чем для 1000 мужчин и 1600 женщин.

Студенты Гарвардского университета приспособили для знакомства «электронную советницу». Заметьте: советницу, а не брачную машину! За первые 9 месяцев работы она получила 90 тыс. запросов от учащихся со всей Америки. Сообщив машине свои данные и описав свои «требования», вы через некоторое время получаете пять имен с адресами для знакомств. При этом молодые люди не всегда влюбляются друг в друга. «Мы отнюдь не пытаемся создать какой-то эрзац любви, — говорят те, кто работает с «электронной советницей», — мы просто хотим сделать любовь более полноценной. Мы обеспечиваем все, кроме, разумеется, любовной искорки».

Решение принимает человек исходя в первую очередь из чувств, учитывая информацию, полученную от машины. Машина отнюдь не заставляет жениться: она только помогает знакомству, знакомству на основе большой информации друг о друге.

Мне особенно хотелось бы подчеркнуть, что машина свои рекомендации выносит *на суд людей*. Им — людям, а не ей — машине дано последнее слово.

Важно заметить, что таким образом может снизиться элемент случайности и непродуманности встреч и союзов. Совет машины как бы заранее готовит людей к контакту; машина устанавливает своеобразное заочное узнавание. Я бы сказал даже так: в обращении к машине, в ожидании ее совета, во всем этом не таком уж быстром процессе есть значительный элемент психологической подготовки к браку.

Любопытно, что в Чехословакии имеется «Служба знакомства для тех, кто хочет вступить в брак». У этой службы не так уж мало работы. В стране женщин на 140 тыс. больше, чем мужчин. В стране почти миллион вдов. В Праге, например, на шесть вдов приходится один вдовец, а на трех разведенных женщин один разведенный мужчина. Среди одиноких не только разведенные и холостяки, но и много молодых девушек.

Все они, если не все, то подавляющее большинство, хотят найти спутника жизни. Общественное мнение не

очень-то пока одобряет знакомство с помощью объявлений или машин. Но, по мнению чехословацких журналистов, все дело во времени — непривычно, хотя к «службе знакомства» обращаются тысячи и тысячи людей. Только пражское бюро за 3 года зарегистрировало 300 «машинных» свадеб. Самой молодой клиентке — 18 лет, самой старшей — 81 год.

А не напрашивается ли из всего сказанного вывод: рекомендации электронной машины все-таки облегчают поиски будущего супруга, указывают верное направление, ликвидируя много преград на пути к знакомству? Тем более что установлено: лица, вступившие в брак с помощью вычислительной машины, почти никогда не разводятся!

Вот поэтому-то и стоит во всем досконально разобратся.

Обратимся к некоторым данным по Советскому Союзу. Заставим голую статистику нарисовать для нас хотя бы приближенную картину брака и семьи. Перепись в 1961 г. зарегистрировала около 30 млн. холостых мужчин в возрасте от 18 до 60 лет и 35 млн. незамужних женщин. Немало, даже очень много. Можно этих людей условно принять за потенциально желающих вступить в брак. Теоретически можно допустить, что каждый 60-летний холостяк, решивший создать, наконец, семью, должен в поисках оптимальной пары «перебрать» 35 млн. незамужних женщин! Труд не из легких. А практически?

Где можно познакомиться? Статистика отвечает точно. Из числа опрошенных 27,2% знакомятся в местах проведения досуга, 21% — на работе, 9% знакомы с детства, 5,7% знакомятся на домашних вечеринках, 5,2% — в местах летнего отдыха, а дальше идут незначительные проценты знакомства через родственников, в общежитии, в трамвае, на улице, в самых различных местах.

Как видим, для эффективного знакомства выбор неширок. Почти половина знакомств на работе и «в местах проведения досуга».

А как быть женщине, которая работает среди женщин, и мужчине, работающему среди мужчин? Таких немало! Как быть тем, у которых и места проведения досуга в «женских» или «мужских» городах, — таких тоже не мало!

А между тем социологи установили: одним из наиболее очевидных факторов, влияющих на супружеский выбор, является географическая близость. Вероятность женитьбы девушки из Кишинева и молодого человека из Улан-Удэ чрезвычайно мала. Как правило, большинство браков заключается внутри города или близлежащих мест в сельской местности.

Больше того, те же социологи утверждают: «Для брачного выбора важное значение имеют профессиональные группы. Существует большое сходство между профессиями мужа и жены, мужа и отца жены, отцов мужа и жены».

А долго ли знают люди друг друга перед браком? Продолжительность знакомства в несколько дней — только 3%, до шести месяцев — свыше 9%, до года — 5,6%, до двух лет — 23%, до пяти — 14%. Рекорд — 26,6% у тех, кто знаком от двух лет до трех.

Обратите внимание на то обстоятельство, что всего лишь 17% знали друг друга до вступления в брак менее года. Все остальные не решают связать себя «узлами Гименея», не изучив друг друга до вступления в брак в течение года и больше. Вот тут-то и напрашивается восклицание: чего же бояться «электронной советницы», «электронного знакомства»!

Прошу извинить меня за обилие цифр и статистики, но это в данном случае — лучший способ убедить, показав объективность фактов.

Для того чтобы сделать некоторые выводы, нам надо знать, что говорит статистика о главном условии прочного брака. 76% опрошенных называют любовь или любовь в сочетании с общностью взглядов, доверием, искренностью; 13,2% — равноправие и уважение; 4% — любовь и жилищная площадь; 1,6% — любовь и материальное благосостояние; 0,6% — наличие детей; 0,2% — реальные взгляды на жизнь; 4,2% не дали никакого ответа. Но это совсем не значит, что вопрос для них безразличен. Их с одинаковой степенью можно отнести и к «моралистам», и к «материалистам». А молодежные анкеты показывают, что примерно 98,5% наших юношей и девушек считают основой семейного счастья любовь или любовь в сочетании с дружбой и уважением.

Итак, подавляющее большинство ищет общности взглядов, доверия, искренности и целого ряда других категорий взаимности. Причем каждое качество не изоли-

ровано, а в сложном комплексе. Может быть поэтому большинство людей «притираются» друг к другу и год, и два, и больше, прежде чем вступают в брак. А меньшинство по статистике всегда будут спешить независимо, знакомятся ли они с помощью машины или без нее. Как много заключается у нас браков и какова их крепость? К сожалению, сведения очень скупы. Часть их дана не по всей стране, есть только выборочные данные. Но и они кое о чем могут поведать. Браков у нас заключается много: ежедневно 6,5 тысяч свадеб, ежегодно 2 миллиона! На 1000 человек населения — 12,1. По сравнению с другими странами это выглядит так: ФРГ — 9,4; США — 8,5; Англия — 7,5; Франция — 7,0.

Жаль, что нет у меня общих сведений о количестве расторгнутых браков. По материалам Ленинградского городского суда, 17% семей распадается из-за неспособности иметь детей и физического неудовлетворения; 28% — из-за нарушения верности; 21% — утраты чувства или несоответствия характеров; около 17% — невозвращение с войны; 3% — тюремное заключение одного из супругов. Остальные — из-за неумения вести хозяйство, ссор из-за жилплощади и денег, ссор с родителями. Выходит, в подавляющем большинстве случаев в неполучившихся браках виновата явная «несовместимость» супругов, то, что они в свое время не изучили друг друга, не определили качеств, взаимно удовлетворяющих их. Настораживает сегодня (и на это нельзя не обращать внимания) рост относительного числа разводов. Если до недавнего времени был один уровень — 300 тыс. в год, то теперь резкий скачок — на каждые три брака один развод! Вот, например, в Костромской области в 1963 г. на 1 развод приходилось 9,1 брака, в 1965 г. — 6,4, а в 1966 г. — уже 3,8. Не слишком ли много этих «маленьких трагедий» — разводов?

Не следует разяснять, что несет с собой развод: душевную драму личности, ущерб обществу, рост социальных недугов.

Конечно, существует немало способов борьбы с разводами, укрепления браков. Но, вероятно, они исчерпываются не только психологическими, моральными и общественными воздействиями. Вспомните, «лица, вступившие в брак с помощью вычислительной машины, никогда почти не разводятся».

Значительна еще сила инерции в вопросе, о котором идет речь. Не занимались им всерьез социологи, не делалось глубоких психологических анализов, не проводилось опросов, новейшие средства и методы науки здесь не применялись.

А как же можно обойтись без этого в наше время, когда наукой в большой мере вскрыты вопросы совместности личностей. Никого не шокирует тот факт, когда космонавтов, подготавливаемых к групповым перелетам, вполне реально и рационально исследуют на психологическую совместимость. Поскольку всем понятно, что между людьми, отправляющимися в многолетний совместный путь, с каждым часом, с каждым днем должно возникать все больше дружеских благожелательных отношений и связей.

Последние научные исследования показали — не так-то легко подобрать даже маленький коллектив, обладающий тенденцией к самоукреплению, самоусовершенствованию, развитию и укреплению связей. Зарубежная печать сообщала о случаях «распада» пар и групп космонавтов, несовместимых с точки зрения темпераментов, этических норм и т. д.

Скорее всего, и тривиальная формула разводов — «несходство характеров» — не что иное, как психологическая несовместимость. Иными словами, я хочу сказать, что семью можно уподобить паре космонавтов, отправляющихся в сложный, трудный, длительный путь — жизнь.

Здесь не приходится спорить. Умудренные опытом люди знают, как важна «взаимная притирка» — биологическая, психологическая и социальная совместимость. Совместимость не вообще, а в браке. К сожалению, этой стороне мало уделяют внимания.

К примеру, до сих пор так и не решен вопрос, казалось бы, очень простой: какие люди лучше уживаются — похожие друг на друга или «сходятся крайности»? А ответ, вероятно, можно было бы получить, применив для исследования так называемые количественные методы. Другими словами, для определения качественных признаков личности надо найти соответствующий способ оценок — перевести обычные словесные психологические характеристики в цифровые.

Вероятно, можно разработать методику, которая могла бы получить количественные данные и для объек-

тивной самооценки личности, и для оценки «оптимальной брачной пары».

Небезынтересно, что при исследовании личности в коллективе установили значительное различие в оценках мужчин и женщин. «Если мужчины по сравнению с коллективом переоценивают свои интеллектуальные качества и физическую привлекательность, то женщины, наоборот, именно по этим качествам наиболее требовательны к себе». И еще: «Средняя оценка мужчинами женщин выше, чем оценка женщинами мужчин».

Это в коллективе. А в браке?

Конечно, читатель может обвинить автора в тенденциозности, в том, что он стремится привести все данные к одному выводу. Автор этого и не скрывает. Он за то, чтобы применять электронные машины в помощь тем, кто вступает в брак. Конечно, это совсем не значит, что завтра же надо поставить электронные машины в «Бюро добрых услуг». Но почему бы науке и одному из самых мощных ее средств — электронному мозгу — не помочь людям?

«Электронный советчик» непривычен, пугает, как непривычна и пугает необходимость ложиться на операционный стол по приказу диагностической машины. Но «... сегодня мы не кладем на операционный стол ни одного больного с врожденным пороком сердца без предварительного машинного диагноза», — заявляет известный хирург профессор А. Вишнеvский.

Разве в данном случае нет морально-этического аспекта? А ведь советы диагностической машины — это, если хотите знать, почти неумолимость решения, а «электронный советчик» — всего лишь путь к свободному выбору.

Прежде чем быть «против», следует взвесить все «за». К вопросу нужно отнестись без ханжества, без излишнего консерватизма. И главное — не надо путать любовь с электронной машиной: отдадим и здесь человеку — человеческое, а вычислительной машине — машинное.

# ЛЮДИ И МАШИНЫ ЗА ШАХМАТНОЙ ДОСКОЙ

*Доктор технических наук, гроссмейстер*

М. БОТВИННИК

Что такое шахматы? Это старый вопрос, на который некоторые предпочитают давать остроумные, но бессодержательные ответы, другие осторожности ради делают из определения шахмат нечто вроде винегрета: шахматы — это и игра, и искусство, и наука.

Разумеется, такие определения не могут удовлетворить исследователя. На этот вопрос надо дать точный ответ.

Можно определенно утверждать, что шахматы не являются наукой. Наука обязательно должна изучать законы природы, общества или мышления, а шахматы всего лишь исторически сложившаяся условная схема. Научный элемент в шахматах, конечно, есть, но он играет такую же подчиненную роль, как в искусстве и, пожалуй, в спорте. Но никто же не будет утверждать, что легкая атлетика — это наука только потому, что бегун готовится к соревнованиям, основываясь на выводах спортивной медицины.

Шахматы могут быть либо игрой, либо искусством. Несколько забегая вперед, скажем, что шахматы всегда являются игрой, а ранее они были только игрой. Однако, когда люди постепенно стали глубже понимать шахматы, научились ценить их красоту, когда стали появляться шахматные партии, от которых на протяжении десятилетий шахматисты получали эстетическое удовлетворение, шахматы перестали быть только игрой.

Кратко можно сказать так: шахматист всегда играет в шахматы, но он создает произведение искусства тогда и только тогда, когда сыгранная им партия долго живет.

Поэтому шахматы — всегда игра, которая иногда становится искусством.

Карл Маркс писал, что «предмет искусства... создает публику, понимающую искусство и способную наслаждаться красотой». Легко понять, что шахматы удовлетворяют этому требованию.

Ясно, что у шахмат есть своя публика, которая ценит красивые шахматные произведения.

Искусство непременно должно отображать действительность в специфических художественных образах. Именно поэтому специалисты-искусствоведы только пожи-

мали плечами, когда им говорили, что шахматы являются искусством. «Позвольте, — отвечают они, — какое же это искусство? Какую действительность, какую реальность отображают шахматы? Разве не известно, что шахматы — это только схема, выдуманная человеком?»

Мне кажется все же, что эти весьма распространенные заблуждения объясняются лишь поверхностным подходом к делу. Мы видим доску, шахматные фигуры, условную схему, и нам кажется, что это и есть содержание шахмат. С таким же успехом можно утверждать, что скрипка и смычок являются музыкой. Абсурдность такого утверждения не вызывает сомнений.

В шахматах ценитель восхищается творческой, логической стороной мышления человека и в форме специфических художественных шахматных образов получает представление о нем.

По шахматным партиям мы судим о характере мастера, его специфических шахматных способностях, остроумии и изобретательности, о фантазии и глубине его мысли, настойчивости и энергии. Это и доставляет через посредство шахматных образов эстетическое наслаждение шахматисту-ценителю, когда он следит за интересной партией или решает хороший этюд. Строгость, законченность и сила логических построений, заключенных в содержательной партии, и вызывают ощущение красоты шахмат, эмоции, которые знакомы каждому шахматисту. Восхищаясь шахматными произведениями, шахматист тем самым восхищается мышлением человека.

Итак, шахматы — это искусство и расчет (игра)... Расчет вполне доступен и машине. А искусство? Доступно ли оно машине? Можно ли создать вычислительное устройство, хорошо играющее в шахматы, возможна ли успешная борьба машины-гроссмейстера с человеком-гроссмейстером?

«Отец кибернетики» Норберт Винер дал на этот вопрос отрицательный ответ. К этому мнению надо, разумеется, отнестись более чем внимательно.

Мне пришлось слышать заявление Михаила Тала о том, что такую машину создать невозможно. Но это мнение основывалось на интуиции, и автор заявления — лицо «заинтересованное».

Крупный советский специалист в области кибернетических машин как-то заявил, что машину-шахматиста

в принципе можно было бы сделать, но размер этой машины был бы соизмерим с новым зданием университета в Москве.

В чем же дело? Почему человек научился создавать машины, быстро решающие сложнейшие математические задачи, и в то же время так трудно создать машину-шахматиста?

Ведь с помощью вычислительных машин работа исследователей стала значительно легче. Как мучились инженеры еще 25 лет назад! Мне пришлось еще студентом участвовать в решении задачи об устойчивости проектировавшейся тогда энергетической системы Белоруссии. Решалась эта задача при помощи приближенных вычислений около трех месяцев. В наши же дни без помощи людей машина решает такие задачи в течение минут и часов. Но все же эти задачи надо считать узкими (точными). Исторически так сложилось, что люди создали первыми машины для решения именно таких задач.

Теперь, когда речь идет о том, чтобы создать машину, способную решать широкие (сложные) задачи, в частности способную хорошо играть в шахматы, выяснилось, что для точного решения широкой задачи требуется машина громадных размеров, которой нужно высчитывать такое количество вариантов, что она оказывается «в цейтноте» уже после второго хода. Даже машина, совершающая миллион операций в секунду, будет решать эту задачу бесконечно долго.

Пришлось несколько сузить задачу. Стали делать машины для решения двух- и трехходовых задач или уменьшать размеры шахматной доски, но это уже не решение проблемы.

В чем же причина того, что машина тратит так много времени?

Сделаем сейчас некоторое отступление и рассмотрим процесс мышления шахматиста. Каждый из нас знает, что никогда шахматист не может рассчитать все возможные варианты, он рассматривает примерно два—четыре хода. Определяет эти ходы он интуитивно, на основании опыта и т. п. Если учесть, что в среднем партия состоит примерно из 40 ходов, то за партию шахматист должен проанализировать примерно 100 первых ходов.

Какие же это 100 ходов? В этом и состоит секрет силы шахматиста, если откинуть все остальное, что связано

с практической формой шахмат. Бывает так, что 99 ходов в партии партнеры рассмотрели одинаковые, а вот в со- том ходе они разошлись, и победил более проницательный.

Разумеется, шахматист в процессе расчета в общей сложности во время партии рассматривает не 100 ходов, а несравненно больше. Если в среднем вариант рассматривается хода на два-три, то и тогда цифра анализируемых ходов получается достаточно внушительной. Повторим, что цифра 100 относится лишь к первому ходу анализа.

Следует еще учесть, что шахматист во время расчетов не видит всей доски с 64 полями. Это существенно облегчает анализ во время партии. Одновременно шахматист имеет в поле зрения, скажем, полей 8—16, т. е. задача анализа облегчается.

Надо отметить также, что на некоторые фигуры шахматист не обращает внимания. Из общего числа 25—30 фигур в расчете участвуют 3—6 фигур. Это еще одно облегчение.

Таким образом, во время партии шахматист анализирует передвижение ограниченного количества фигур на ограниченном участке доски, анализирует передвижение лишь тех фигур, которые непосредственно участвуют в столкновении, и лишь на тех полях, где эти столкновения возможны. Иначе говоря, он рассматривает только те фигуры, которые взаимодействуют с неприятельскими, и только те поля, где это взаимодействие возможно.

Но как проверить, правильно ли выбраны эти фигуры и поля? Для этого есть, пожалуй, один способ, думаю, им стараются пользоваться все мастера. Назовем этот метод условно «методом проверки, или последовательных приближений». Мастер выбирает ход, анализирует его; если в процессе анализа включаются в игру новые фигуры и новые поля, то собранная информация используется при повторном рассмотрении и т. п. Анализ, повторенный несколько раз, позволяет с достаточной (или — увы! — с недостаточной) точностью определить эти взаимодействующие фигуры и поля, и тогда уже расчет производится начисто.

Теперь уже вы, наверное, догадались, почему не совсем был прав Норберт Винер. Создатели вычислительных машин до сих пор делали точные машины, и они собирались сделать точную машину-шахматиста; к сожа-

лению, такая машина, машина-сверхшахматист, вряд ли возможна. Но не следует ли поставить другую задачу — создания машины, которая думала бы так же, как и шахматист? Тогда задача облегчается, вероятно, в миллионы раз в отношении расчета вариантов и становится практически разрешимой уже для сегодняшней техники.

Иначе говоря, мы будем терпеть неудачи, если попытаемся создать машину-сверхшахматиста. Думаю, что задача станет разрешимой, если мы будем пытаться создать машину «по образу и подобию своему».

Конечно, здесь возникают большие трудности с программированием для такой машины. Как можно научить машину анализировать «по-человечески», если мы сами точно не знаем, как анализирует шахматист, как мы сами это делаем? И не узнаем до тех пор, пока не начнем работать над созданием таких машин. У нас пока ведь просто не было необходимости изучать процесс мышления шахматиста. А вот когда люди начнут создавать программы, аналогичные мышлению шахматиста, то самая машина, вернее, недостатки ее «шахматного мышления» будут обнаружены, и, проверяя различные методы программирования, мы узнаем, как думают шахматные мастера.

Между прочим, машина сможет успешно выступать против мастеров еще и потому, что она будет обладать отличной памятью и завидной выносливостью, будет равнодушна к шуму в зале и к корреспонденциям шахматных журналистов.

Сказанное здесь не является фантазией. Со временем, когда машины будут получать на конгрессах ФИДЕ звания международных гроссмейстеров, придется проводить два первенства мира — первенство мира для людей и чемпионат для машин. В последнем случае будут, разумеется, соревноваться не машины, а их создатели и программисты.

Матч машин СССР—США, проведенный в 1966—1967 гг. между программистами Института теоретической и экспериментальной физики в Москве и Университета в Станфорде, — первая ласточка новой «машинной шахматной весны». Победили в этом матче советские специалисты.

\* \* \*

Семь лет я провозился над шахматным алгоритмом и надеюсь, что составил алгоритм, соответствующий квалификации шахматного мастера<sup>1</sup>. Правда, иной вопрос, будет ли он по плечу современным вычислительным машинам. Нашелся молодой математик, сотрудник Вычислительного центра Сибирского отделения Академии наук СССР В. И. Бутенко, который взялся за работу по переводу этого алгоритма на язык машины М-220, т. е. взялся за составление шахматной программы для машины. Эта трудная работа продвигается достаточно успешно. В. И. Бутенко преодолел «перевал» — он уже почти «научил» машину составлять математическое отображение позиции и надо полагать, что работа будет благополучно закончена.

В чем же заключается соль опубликованной теории? Прежде всего было принято, что следует стремиться к выигрышу материала (фигур). Во главу угла ставится нападение — с него все и начинается. Защита (если она есть) — уже следствие нападения.

Нападение всегда связано с возможным сближением двух фигур — атакующей и атакованной. Это сближение может происходить лишь по конкретной траектории, составленной из конкретных полей доски. Нападению одной фигуры на другую соответствует сравнительно простая математическая функция. Множеству нападений соответствует множество таких функций. Таким образом, игра в шахматы заключается в том, что каждая сторона стремится изменить это множество функций (математическое отображение позиции) в благоприятную для себя сторону.

Следует отметить, что все это не является достаточным для решения задачи, ибо множество функций может быть весьма большим. Эта теория даст результаты лишь при том непременном условии, что множество функций разумным методом ограничивается. Должен быть установлен «видимый горизонт». Те нападения, что в этот горизонт попадают, включаются в математическое отображение игры; те, что вне горизонта, не учитываются. И такой горизонт был установлен. Собственно говоря, он

<sup>1</sup> См. М. М. Ботвинник, Алгоритм игры в шахматы. «Наука», 1968.

определяется способностями «устройства», которое играет в шахматы, — будь то человек или машина...

Можно провести некоторую аналогию, способную пояснить, как образуется этот горизонт. Представим себе, что парашютист приземлился на болоте и он должен добраться до твердой почвы. Болото большое, край его не ближе полукилометра. Как будет действовать парашютист?

Конечно, он не наметит траекторию выхода от начала и до конца. Разве человек может запечатлеть одновременно большой участок болота, чтобы выбрать лучший путь... Да и размышлять надо поскорей — уже темнеет!

Вероятно, прежде всего человек исследует болото в заданном направлении метров на 5 или 10, наметит свой путь (от кочки до кочки) — путь этот должен быть безопасен — и сделает первый шаг. Второй шаг последует лишь после новой «подготовки» — парашютист вновь обследует «горизонт» на 5—10 метров (горизонт уже будет другим — он переместится) и примет решение о втором шаге и так далее, пока не почувствует твердую почву под ногами.

Однако вряд ли так будет действовать опытный парашютист. Мы за него уже решили, что он непременно выберется в безопасное место, но ведь не всегда так бывает... И человек заранее примет меры, чтобы у него больше шансов было на успех. Во всяком случае, если не видно безопасного пути, чтобы выбраться с места приземления, парашютист непременно постарается принять меры, увеличивающие безопасность. Для этого он посмотрит вокруг: а нет ли легкого бревнышка или тесины... Человек постарается найти способ обезопасить свою траекторию передвижения.

Так действует и шахматист. Если траектории нападения опасны (закрыты), то мастер (как парашютист) оглядывается по сторонам: а нельзя ли привлечь к игре другие фигуры, чтобы улучшить траектории (функции) нападения на неприятельские фигуры и ухудшить функции нападения на свои собственные фигуры? Это и есть так называемая «позиционная» игра.

Думаю, что эта часть теории (о позиционной игре) радикально отличается от того, что предлагалось ранее. Примерно так же отличается в принципе игра мастера от игры слабого шахматиста.

Я показывал свою теорию математикам — ранее они отнеслись к ней достаточно скептически. Сейчас, как я говорил выше, она проверяется на практике. Если эксперимент пройдет успешно, то, видимо, математикам придется сменить гнев на милость, и, быть может, вскоре множество вычислительных машин начнет совершенствоваться в шахматном искусстве.

## УМНЫЕ МАШИНЫ ЗАВТРА

### ЗАПРЕТИТЬ БУМАЖНУЮ РАБОТУ

*Доктор*

АРТУР Л. САМУЭЛЬ

(США)

Возможно, некоторые будут удивлены, услышав о том, что современная цифровая вычислительная машина довольно устарела по своей концепции и что через 20 лет отметят 150-ю годовщину изобретения первого вычислительного устройства — аналитической машины англичанина Чарльза Баббэджа. Сто пятьдесят лет, действительно, довольно продолжительный период для современной науки и промышленности. Настолько длительный, что на первый взгляд кажется неоправданно долгим для полного претворения в жизнь новой концепции. К несчастью Чарльз Баббэдж опередил свое время. Потребовалось 100 лет технического развития, такой толчок, как вторая мировая война, и теоретические исследования Джона фон Неймана, чтобы создать вычислительное устройство. Теперь, когда прошло 20 лет и за спиной у нас несколько поколений вычислительных машин, мы в состоянии сделать более достоверные прогнозы, чем, скажем, в 1948 году.

Какой же будет вычислительная машина? Вычислительные машины не станут больше современных. Наобо-

рот, они будут намного компактнее. Иными словами, став меньше, меньше по физическим измерениям, они сохраняют все свои вычислительные возможности. Им, конечно, будут доступны запоминающие устройства очень больших емкостей, которые фактически смогут вместить всю сумму зарегистрированной человеком информации. Но это уже технически возможно сегодня. Скорости вычислительных машин также не будут нарастать стремительно: возможно они увеличатся в 100 и даже в 1000 раз, но ни в коем случае не в 1 000 000 раз, как это происходило за последние 20 лет развития вычислительной техники. Предел скорости света и природа вещества и энергии выступают как факторы, ограничивающие достижимые вычислительные скорости. Мы познаем очень многое в структуре вычислительных устройств и можем ожидать значительных изменений в этом направлении. Правда, эти изменения заметнее будут для конструктора вычислительной машины, чем для того, кто ею пользуется.

Большие изменения, несомненно, будут зависеть от того, для каких целей станут использоваться вычислительные машины и как глубоко они проникнут во все поры нашего общества.

Попытаемся представить себе эти изменения.

Во-первых, у нас достаточно оснований предполагать, что в недалеком будущем решатся две главные проблемы. Первая из них касается способности машины учиться на собственном опыте. Когда человеку нужно решить на машине какую-то новую задачу (независимо от того, насколько она сходна с ранее решенной), он должен написать новую серию инструкций или, выражаясь на языке специалистов, составить программу решения этой задачи. Более того, пока мы не проведем специальную работу для сохранения старой информации, нам придется часто переписывать одни и те же инструкции и даже терять время, которое затрачивает машина на повторное вычисление уже полученных данных. Что поделаешь — так работает машина. Когда же одинаковые задачи стоят перед человеком, он должен знать о них из своего опыта. И клерку, которому это не удастся, вероятно, придется менять свою профессию. Проблема машинного навыка, конечно, должна быть решена в ближайшие 20 лет, и тогда вычислительная машина будет приносить гораздо большую пользу.

Вторая трудность заключается в характере команд, которые должны подаваться в машину. Современная вычислительная машина воспринимает их только в повелительной форме: это раб, который выполняет наши команды, раб, лишенный способности спрашивать, по собственному желанию давать информацию, приводить доводы «за» и «против» относительно способов решения задачи и т. п. Короче говоря, мы не можем разговаривать с вычислительным устройством. Но и здесь мы можем с уверенностью предположить, что не пройдет и 20 лет, как эта проблема будет практически решена. Программирование, как мы теперь его называем, перестанет существовать, и вычислительная машина станет поистине «умным» и надежным помощником человека.

А пока из-за этих двух трудностей нам приходится использовать целую армию «программистов» — ведь надо же писать инструкции для вычислительных машин.

Третья трудность — меньшей значимости — будет также разрешена в ближайшие несколько лет. Она связана с созданием простого входного и выходного устройств, обеспечивающих слуховую и визуальную связь с вычислительной машиной. Это уже главным образом проблема стоимости, и мы можем надеяться, что со временем появятся очень дешевые, удобные и портативные входные и выходные устройства. Связь с вычислительной машиной станет тогда легкой и естественной, как легка и естественна связь со «слугой», наделенным разумом человека.

Итак, на службе человека в скором времени появятся вычислительные машины, скорость которых может быть в 100—1000 раз выше, чем у современных; вычислительные машины с запоминающими устройствами больших емкостей; вычислительные машины, которые по своему объему в 100 раз меньше современных; вычислительные машины, стоимость которых значительно ниже ныне существующих; и, наконец, вычислительные машины, наделенные способностью учиться на собственном опыте и свободно разговаривать со своим хозяином. Чего еще мы можем пожелать?

Чтобы до конца оставаться реалистами, мы должны представить себе две совершенно различные ситуации. При одной ситуации почти у каждого человека будет собственная вычислительная машина. При второй — частную

собственность на вычислительные машины запретит закон, но каждый человек получит доступ к небольшому конечному устройству, связанному с одной или несколькими большими вычислительными машинами, принадлежащими государству. При второй ситуации у частного лица будет большинство преимуществ любого обладателя небольших личных вычислительных машин, но не будет возможности использовать машину в корыстных или, скажем, каких-либо тайных целях. Капиталистические страны выберут первый путь, а коммунистические, несомненно, пойдут по второму. Чтобы мы, представители Запада, не радовались развитию этих двух направлений, следует заметить: тенденция к созданию крупной центральной вычислительной установки намечается и в западном мире. Можно поэтому предположить, что на Западе возникнет промежуточное направление — частные вычислительные машины ограниченных мощностей будут также выполнять роль дистанционных «оконечных» устройств, связанных с центральными вычислительными машинами, предназначенными для решения более сложных задач. Вычислительные машины в любом случае станут такими же удобными и всегда доступными, как современный телефон.

Телефоны будут, конечно, портативными, и связь будет обеспечиваться с помощью радио, так что вам не придется находиться на каком-либо специальном пункте, имея собственное вычислительное устройство для установления телефонной связи. Телевидеофоны к тому времени будут разработаны в достаточной мере, но они не получат еще широкого применения. И, скорее всего, их конечные устройства будут очень громоздкими, так что вам, возможно, придется пользоваться услугами постоянного специального пункта, если вы пожелаете установить видеосвязь с вычислительной машиной.

Связь с центральным пунктом потребуется и для выполнения еще одной функции, которую тоже сможет выполнять вездесущая вычислительная машина. Я имею в виду информационный поиск. Вся информация, сосредоточенная в больших общих хранилищах (или по крайней мере та часть, которую правительство выделит), будет быстро найдена и предоставлена в распоряжение любого человека по его первому запросу. Вы сможете почитать что-либо из раздела фантастики центральной библиотеки;

развлечься в вечерние часы просмотром любого кинофильма; навести справки о добыче олова в Боливии за предыдущей день — все это по запросу через своё дистанционное конечное устройство. Библиотеки в современном понятии перестанут существовать (за исключением нескольких, которые будут сохранены как музеи), и большая часть знаний мира станет храниться в том виде, в каком их сможет читать машина: точнее выражаясь, все накопленные во всем мире знания будут иметь, видимо, привычный нам вид, поскольку искусство программирующих вычислительных машин читать печатные и рукописные материалы достигнет совершенства. Однако из-за трудности хранения придется прибегнуть к более сжатой форме записи, т. е. к форме, которую прочитает только машина и которую машина же по желанию человека переведет на его, человеческий, язык.

Такая технология и такой быстрый доступ к большому количеству информации окажут, несомненно, огромное влияние на развитие различных областей знаний.

Вычислительные машины смогут выполнять еще одну основную функцию — функцию языкового перевода. Вы не только получите информацию из центрального хранилища на нужном вам языке, но и автоматический перевод ее по телефону. (Хотя, возможно, перевод не найдет широкого применения. Этому будет препятствовать, как мне кажется, постепенная тенденция ко всемирному языку.) Тем не менее по телефону можно будет связаться с любым уголком мира и беседовать с любым человеком, говорящим на другом языке, и всего лишь с небольшой задержкой в переводе, позволяющей машине учесть различия, свойственные каждому языку в построении предложения и в порядке слов.

Возможно, следует сказать несколько слов об обучающих машинах. Они, мне думается, достигнут такого совершенства, что потребуются специальные машины — «управляющие», каждая из которых будет руководить многими подчиненными обучающими машинами и получать от них информацию.

Эти машины-управляющие на основе приобретенного опыта смогут изменять методы обучения. Они обновят учебный материал и проследят за его идеологической направленностью, учитывая требования современных научных достижений и изменений, происходящих в обществе.

Несмотря на то, что получить образование каждый человек сможет на дому с помощью собственной вычислительной машины, природа человека не изменится и не отпадет необходимость в школах с лабораториями, классами и учителями.

До сих пор мы говорили главным образом о вычислительной машине, находящейся в личном пользовании. Однако цифровая вычислительная машина предназначена сыграть в будущем еще большую роль при управлении различными производственными процессами. Координация и планирование деятельности человека, скажем, в руководстве торговым предприятием, управлении заводом, строительстве большого здания или в правительственном руководстве в наши дни связаны с громадным объемом канцелярской работы. Пройдет 20 лет, и канцелярская работа перестанет существовать. Вместо нее прямые вводные и выводные устройства вычислительной машины обеспечат информацией, осуществят необходимые процессы, которые будут управляться меньшими вычислительными машинами, и, наконец, выпустят то небольшое количество инструкций, которое необходимо для такого же небольшого числа людей, вынужденных все еще оставаться занятыми в этой области.

Управление технологическим процессом со вспомогательной автоматизацией осуществят более простые вычислительные устройства, и оно достигнет очень высокой степени развития. Число рабочих, занятых на заводе, резко снизится. Освободившиеся рабочие пойдут в основном в обслуживающие отрасли промышленности, а небольшая их часть займется конструированием и техническим обслуживанием тех вычислительных машин, которые заменили их на заводе.

И, наконец, относительно достижений в области «интеллектуального» развития вычислительных машин. Нет сомнения, что чемпионы мира по шахматам и шашкам будут терпеть поражения, сражаясь с вычислительной машиной. Но, как ни странно, эти игры не перестанут существовать ни как развлечения, ни как профессиональные занятия. Состязания между людьми будут довольно редким явлением, однако почти каждый будет знать точно свой спортивный разряд и будет стремиться улучшить его, играя со своей вычислительной машиной. Вычислительные машины в значительной степени воз-

мут на себя функцию сочинения и аранжировки музыки по крайней мере популярной. И не исключено, что люди будут нередко спорить друг с другом о качестве звучания музыки, которую может создавать их собственная вычислительная машина или собственная программа. Что касается литературы, то электронная машина все еще будет оставаться неофитом, хотя произведения «безымянных» авторов будут выходить миллионными тиражами. И здесь же надо признать, что вычислительные машины не внесут большого вклада в науку, как некоторые предсказывали, имея в виду фундаментальный вклад в математику и естественные науки. Что ж, из всего сказанного вывод сделать нетрудно: так или иначе, все попытки наделять электронные машины подлинно творческими способностями потерпят неудачи.

На земле еще останется поле деятельности для человека!

## МИР ВО ВЛАСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН?

*Доктор*

М. В. УИЛКС

(АНГЛИЯ)

Более 20 лет прошло с тех пор, как в 1944 г. в Гарвардском университете начала работать первая цифровая вычислительная машина. Этот год можно считать началом века современных вычислительных машин.

Шли годы. Были прочно заложены основы новой отрасли знаний. Вскоре люди научились создавать подлинно универсальные вычислительные машины, которые становились все более мощными. Мощность их быстро увеличивалась: повышались скорости, емкость накопителя стала больше, лучше стала техника программирования.

Видимо, таким путем можно скорее добиться дальнейших успехов, а не конструированием совершенно новых видов вычислительных машин.

В последние несколько лет появилась новая техника, позволяющая электронно-счетной машине распределять свое время так, что она может одновременно решать несколько задач. Значит, эффективность использования ма-

шин сделалась намного больше, на одной и той же вычислительной машине сразу стали работать разные абоненты.

Очень скоро вычислительная машина станет общедоступной. Всюду — в магазинах и учреждениях, в лабораториях и на заводах — мы увидим клавиатуру, очень похожую на клавиатуру пишущей машинки, но соединенную с вычислительным устройством. Кроме того, будут установлены графические индикаторные устройства, на которых схемы смогут вычерчивать как оператор, так и сама вычислительная машина. У нее будет очень большой накопитель, и одной из основных «машинных» ролей будет роль информационной базы. Электронно-счетное устройство будет хранить информацию и общественную, и частную.

Вычислительные машины, находясь в разных районах, будут «разговаривать» друг с другом. Любой абонент сможет спросить о чем угодно и получит любые данные, имеющиеся в распоряжении любой из машин. Даже можно будет проверить чертеж, сделанный накануне в любом учреждении.

Десятка через два лет сеть вычислительных машин станет международной сетью. И, вероятно, к тому времени электронные счетные машины будут использоваться для передачи письменных сообщений на расстоянии. Многие корреспонденции бывают излишне многословными. Поэтому на передающем конце машины из текста удалится все лишнее — текст «сожмется», затем его систематически будут дополнять новыми словами для контроля за точностью передачи. Затем машина удостоверится, что сообщение принято точно, восстановит его на приемном конце, придав ему первоначальную форму.

Экономия в стоимости передачи на большое расстояние, получаемая в результате сжатия сообщения, легко оправдывает время, затраченное вычислительной машиной.

Речь тоже можно будет передавать, как и информацию, и преобразовывать в удаленном от вас пункте. Если вы, разговаривая, допустим, захотели бы скрыть акцент или волнение, которое могло выдать ваши чувства, вы бы «попросили» машину вести передачу в сжатой форме. С другой стороны, если вы вызываете для разговора близкого человека, вы попросите, чтобы вашу речь «не сжидали».

Бывает, что в научно-фантастических произведениях рассказывается о вычислительных машинах, наделенных сверхчеловеческой силой разума и распространяющих свое господство над человеком. Я не думаю, что это произойдет, во всяком случае в близком будущем. Для этого программирование вычислительных машин надо было бы построить так, чтобы наделить их способностью учиться. Как мне кажется, переворот такой огромной важности вряд ли может произойти в ближайшее время.

Интересная работа ведется по созданию так называемого искусственного мозга. Однако этот термин дает неправильное представление о направлении работы, так как в действительности изучаются новые пути программирования для решения задач на вычислительных машинах.

Итак, самих машин не следует бояться. Однако они обеспечат возможность вести более строгий учет того, чем занимаются люди; и уже есть примеры, подтверждающие, что правительства начинают осуществлять эту идею.

Управление налоговых сборов США сооружает большую вычислительную установку, и скоро американцу будет чрезвычайно трудно уклониться от полной уплаты подоходного налога. Ведь всякий раз, когда он будет заключать финансовую сделку, которая должна облагаться налогом, сведения о ней поступят на эту установку. Или другой пример. В каком положении вы оказались бы, если бы превысили дозволенную скорость на безлюдной дороге в глухую полночь, а через несколько дней получили извещение с требованием об уплате штрафа? Вас оштрафовала бы вычислительная машина, соединенная с радарной установкой и устройством для опознавания автомобилей. Кстати, это могло бы быть совсем не извещение о штрафе, а просто уведомление о том, что соответствующая сумма уже автоматически вычтена из ваших доходов или зарплаты. Многие стороны нашей жизни окажутся под непрерывным наблюдением вычислительных машин, и я предоставляю самим читателям решить, насколько приятна такая перспектива!

Одно из немногих подлинно новых научно-технических достижений то, что благодаря вычислительным машинам стало возможно моделирование. Моделирование уже дало важные результаты, особенно там, где обычный теоретический анализ труден или невозможен. Его можно ис-

пользовать также в качестве альтернативы при проведении трудных и дорогостоящих экспериментов. А в скором времени его будут регулярно использовать в планировании экономической политики.

Может быть, сумеют сделать еще один шаг, приумножив выдающиеся успехи в современной биофизике. Как только люди поймут, что они достаточно хорошо представляют себе механизм законов генетики, синтез белка и прочее, они, несомненно, попытаются промоделировать эти процессы на достаточно большом вычислительном устройстве и проследить за его результатами.

Скорее всего, следовало бы начать с простой системы и убедиться, можно ли найти условия, при которых сложность нарастает планомерно и происходят явления, подобные физиологическому размножению и росту. Вполне возможно, что в недалеком будущем в этой области добьются некоторых успехов.

## КИБЕРНЕТИКА НЕОЖИДАННАЯ

---

### ВТОРЖЕНИЕ В TERRA INCOGNITA

#### ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИГНАЛЫ И ПРОБЛЕМА ХУДОЖЕСТВЕННОСТИ

*Кандидат филологических наук*

Ю. ФИЛИПЬЕВ

Положение в современной эстетике и поэтике таково, что мы не имеем точного представления о многих основополагающих понятиях. Поэтому до применения в некоторых областях эстетики и искусствоведения математических методов необходимо еще выяснить природу этих основополагающих понятий в том числе, например, и природу эстетических сил, которые превращают образное мышление художника и поэта в то, что называется эстетическими ценностями.

В этом свете задача моей статьи — не количественно определить точность соотношений каких-то эстетических информационных элементов в тех или других произведениях искусства, а прежде всего раскрыть самую материальную сущность, материальную основу эстетических организационных сил, показывая (а не только декларативно утверждая), что эта основа — сигнально-информационная.

С полным правом можно утверждать, что научное материалистическое решение вопроса об эстетических организационных силах и об их природе в настоящее время для эстетики более актуально, чем количественные под-

ходы к соотношению элементов эстетической информации в тех или других художественных произведениях.

Я понимаю, однако, что с точки зрения технического и математического аспекта теории информации стабильные, раскрывающие соотношение эстетических информационных элементов в тех или других художественных ценностях, представляют большой интерес. Но они представляют такой интерес только для специалистов именно математического аспекта теории информации. Для самой же эстетики качественный подход к проблемам эстетических и художественных сил в настоящее время более важен и актуален, чем количественный. И в этом нельзя сомневаться, учитывая положение дел в современной эстетике.

Да и вообще я склонен думать, что в этих вопросах следует учитывать весьма любопытное высказывание академика А. Н. Колмогорова о том, что «исключительное увлечение, господствующее сейчас, сводить все вопросы к подсчету количества информации должно смениться поисками путей более полной характеризации различных видов информации, не игнорируя их качественного своеобразия».

Это весьма знаменательное заключение, свидетельствующее о том, что даже сами представители математического аспекта кибернетики понимают необходимость подходов к анализу информационных процессов с точки зрения не только их количественной стороны, но и со стороны понимания качественных особенностей самой информационной структуры тех или других процессов.

\* \* \*

В понятии сигнала кибернетика выявила особую материальную сущность управляющего импульсного явления. Действие сигнала совершенно несоизмеримо с его собственной энергией.

Бывают случаи, когда сигнал по своей энергии не только не меньше, а гораздо больше того события, появление которого он отмечает. Например, счетчик Гейгера импульсом электрического тока регистрирует пролет частиц космического или радиоактивного излучения. И эти импульсы-сигналы по своей энергии во много раз превышают энергию самих частиц.

Но очень часты явления, в которых сигнал вызывает протекание энергетических процессов большой мощности.

Например, импульс, подаваемый на управляющую сетку радиолампы, очень мал по сравнению с энергией всей системы, но тем не менее этот импульс способен «командовать» всем анодным током радиолампы.

Конечно, сигнал всегда существует в некотором физическом воплощении — механического движения, радиоволн, тепла, звука, света и т. д. Но существенным в природе сигнала является не сам по себе физический объект, в котором сигнал воплощается.

Один и тот же сигнал может иметь несколько весьма различных материальных носителей. Но для смысла и действия сигнала это не существенно. Так, например, одни и те же слова речи могут быть зафиксированы и на магнитофонной ленте и на граммофонной пластинке, передаваться по телефону или с помощью электромагнитных радиоволн, существовать в письменно-буквенном виде и т. д. Хотя их физические носители в данном случае весьма различны, информационный смысл их все же один и тот же. Коды, в которых может пребывать и сохраняться этот смысл, — разные, они могут переходить от одного вещества или вида энергии к другому, но «информация смысла» все-таки сохраняется той же. Здесь осуществляется так называемый информационный изоморфизм сигналов, т. е. сходство по смыслу и содержанию действия, но не по вещественному или энергетическому состоянию. «Информация — это информация, а не вещество и не энергия», — подчеркивает Н. Винер.

Самая суть сигнального импульса — не в «кванте» вещества и энергии, с которым этот импульс связан, не в коде, в котором он выражен, а, как говорит немецкий философ Г. Клаус, в «семантическом, информационном смысле» сигнала, в том, что этот сигнал, входя в ту или другую систему, способен как бы включить систему в действие к освобождению находящейся в ней всей ее потенциальной энергии.

В этом плане сигнал представляет собой динамическое начало и выступает как бы «первотолчком» для подобных систем, которые до вхождения в них сигнала были еще неспособны к действию и саморазвитию.

При этом сигнал действует не своей вещественной и энергетической характеристикой, а своим семантическим значением. Иначе и не может быть, ибо, прежде чем действовать, сигнал и его структура изоморфно преобра-

зуются так, что от прежнего вещественного и энергетического состояния сигнала уже ничего не остается. Вот почему в сигнале и в его структуре действенным является только семантическое значение.

Такое современное представление об информационных сигналах и об их способности к изоморфным преобразованиям в различные коды очень важно для попытки последовательного решения некоторых основных вопросов эстетики и художественного творчества.

\* \* \*

В настоящее время на повестку дня поставлена проблема — разобраться в том, что собой представляет художественность, и в том, какие силы действуют в ней. Очевидно, что подойти к природе художественности следует прежде всего с ее активной стороны.

В этом смысле такие понятия кибернетики, как сигнал и информация, очевидно, должны помочь нам в раскрытии внутренних организационных сил художественности.

Однако, вводя термин «информация» в искусствоведение, некоторые эстетики пытаются под этим понимать только, что называется, фактографическую сторону, т. е. только конкретные факты, отображаемые в произведениях искусства.

Но художественную и эстетическую информацию нельзя понимать столь плоско: ведь, как известно, фактографический материал в художественных произведениях особым образом организуется и осваивается. И задачей эстетики как науки является постижение того, что собственно делает художественный образ не только фактографическим повторением тех или других жизненных явлений, но и обращает его именно в художественную, эстетическую ценность и наполняет внутренними живительными силами, «придает движение жизни», по крылатому выражению Бальзака.

Представление о том, что понятие художественной информации обозначает лишь фактографическую сторону произведений искусства, связано только с докибернетическим понятием информации, отражающим именно фактографию сообщений.

Современное же представление об информации более емко, оно включает, конечно, как частный случай, и

прежнее понимание информации, но главным образом выражает способность тех или других систем к определенному роду структурной организации. В этом смысле понятие информации противопоставляется понятию энтропии. «Как энтропия есть мера дезорганизации, так и передаваемая рядом сигналов информация является мерой организации», — говорит Н. Винер.

Такое современное представление должно относиться и к художественной информации.

В этом плане для всей системы художественного мышления огромную роль должны играть сигналы эстетической информации.

\* \* \*

Чем выше мы поднимаемся по ступеням развития природных явлений в их градации от неживого к живому, чем сложнее организуется материя, тем чаще встречается сигнальная форма взаимодействий. У живых же существ при их эволюционном восхождении от низшего к высшему сигнальная форма взаимодействий приобретает еще большее значение.

В этой связи любопытно отметить, что определенное структурное сочетание цветовых пятен и линий в единстве с окружающим фоном или же некоторое структурное звукосочетание, т. е. то, что мы, люди, часто называем элементарной красотой в природе, является для живого мира своеобразными «сигнально организующими» импульсами. Конечно, живые существа не испытывают это действие как именно действие красоты, но испытывают «сигнально-заводящую» силу этого действия.

В «песнях» некоторых птиц различают «песни призыва», «песни обольщения», «песни угрозы». Каждая «песня» — это целостная и по-своему сложная структура, отличающаяся от другой «песни». И каждый такой сложный структурный сигнал «песни», входя в живую систему другой птицы, способен внутренне настроить ее на определенное поведение.

Каждая в отдельности «песня» выполняет здесь роль своего рода «сигнального ключа» для «завода» живой системы птиц на определенное поведение и действие. Сигнал не является односложным импульсом, а обладает определенной структурой.

Важно отметить, что когда структурное сочетание созвучий, красок или ритмических движений действует на живые существа как сигналы к тому или другому поведению, то эти сигналы входят в восприятие живых существ не в своем непосредственном вещественном состоянии, а преобразуясь в состояние, или код, чувственного, психического раздражителя. Но и в этом коде они сохраняют ту структурность строения, которую имели и в вещественном коде природных явлений. Это и есть структурный изоморфизм, или изоморфно повторенная структура, способная как бы «по своему образу и подобию» «заводить» систему живого существа на определенное поведение.

В дочеловеческой стадии развития живой природы нет еще сознания и эмоциональной жизни в собственном смысле слова. Поэтому действующие в самой природе сигнальные структуры способны только направленно и «жестко» приводить живые организмы к соответствующему поведению.

Когда же благодаря созданию первых примитивных орудий труда начался процесс превращения нашего обезьяноподобного предка в человека, то постепенно появлялось, как писал Маркс, «предметно развернутое богатство человеческого существа» и стало «развиваться, а отчасти и впервые порождаться богатство субъективной человеческой чувственности: музыкальное ухо, чувствующий красоту формы глаз. короче говоря, такие чувства, которые способны к человеческим наслаждениям».

У человека развивалось дифференцированное и обостренное ощущение многогранных свойств окружающего предметного мира, умножались и такие свойства, которые могли действовать на человеческое восприятие в качестве структурно-организующих факторов.

Но без прослеживания форм сигнального действия в природе, в том числе сигнального действия элементарной красоты, нельзя было бы материалистически проследить возникновение человеческой способности чувствовать влекущую и организующую силу красоты как одну из естественных сил.

Для людей красота становится силой, пробуждающей, по словам Горького, «удивление, гордость и радость».

\* \* \*

Ни элементарная красота в природе, ни красота в творчестве людей не действуют на нас «чисто вещественно», не вызывают у нас ни потребительских, ни каких-либо «вождеденческих» чувствований.

В связи с этим в истории эстетической мысли одним из главных всегда был вопрос о непотребительском действии красоты и эстетических ценностей. Этот вопрос был камнем преткновения и для материалистической и для идеалистической эстетики. Недаром еще Кант поставил среди своих знаменитых антиномий (неразрешимых противоречий) вопрос о так называемом незаинтересованном действии красоты.

Несмотря на всю метафизическую абсолютизацию момента «незаинтересованности», Кант правильно подметил, что красота не действует как сила потребительского влечения к предмету («эстетическая оценка не есть непосредственно потребительская оценка»). Но назвать это непотребительское действие «незаинтересованностью» можно только в очень относительном смысле. Дело в том, что, хотя красота и эстетические ценности и не несут никакой потребительски-утилитарной пользы, все же они действуют на человека не менее сильно, но по-другому: создают своеобразную направленную организованность восприятия и внимания.

В отличие от обычных удовольствий и наслаждений наслаждение красотой и эстетическими ценностями является как бы лишь созерцательным любованием. Эстетическое наслаждение бескорыстно.

Если затронуто эстетическое чувство, мы не будем помышлять о том, чтобы превратить, скажем, березовую рощу в дрова. Напротив, она доставит нам радость видеть ее тонкие нежно белеющие стволы, голубую дымку за ними, игру света в трепещущих листьях.

Входя в наше восприятие, красота и эстетические ценности действуют как организующий импульс для соответствующей настроенности нашего духовного мира. Здесь сказывается особая сигнально-организующая природа красоты и эстетических ценностей.

Смысл же сигнальной организации качественно совсем иной, как мы видели, чем смысл вещественного или энергетического взаимодействия. Разница в этом большая, а сила действия — не меньшая.

И мы воочию убеждаемся, что подход к сигнально-организующему смыслу действия красоты способен объяснить и всю особую материальную основу этого действия и вместе с тем разрешить ту «антиномию» якобы «незаинтересованности», которую поднял Кант.

Именно в этой проблеме непотребительского действия красоты материализм и идеализм в эстетике скрепчивали свои стрелы.

Сигнально-информационная точка зрения сильна тем, что может дать объяснение функциональных свойств красоты в природе, в жизни и в художественной деятельности людей, и в то же время по-новому поставить вопрос о материальном носителе красоты — одном из видов информационного взаимодействия.

Становится понятной и динамическая, организационная роль красоты. Она начинает выступать в качестве своеобразного, направляющего и организующего стимула.

\* \* \*

Занимаясь непосредственной жизненной и производственной деятельностью, люди вырабатывают вместе с тем и такие стимулы, которые имели бы оптимально-организующий смысл для их жизни. Сознательно или стихийно находили люди средства, которые могли бы снизить хаос жизненных восприятий и повысить самую организацию впечатлений от окружающей их действительности. Среди таких средств человеческого самоутверждения в мире всегда очень большую роль играло созидание людьми всевозможных эстетических ценностей.

Хотя в природе и в жизни не так уж много структурных сочетаний цветов и звуков, которые могут, переходя в изоморфное состояние, становиться своеобразными сигнальными организаторами психического мира, тем не менее люди постоянно сталкивались и сталкиваются с такими явлениями в повседневной жизни.

Опыт таких столкновений фиксируется в каких-то, хотя бы даже только интуитивных, отделах человеческой памяти. Особенно чутки к этому художественно одаренные натуры.

Художники улавливают проявления всевозможных эстетических сигналов, идущих от объектов природы или от тех или других объектов самой творческой деятельности

людей. Они впитывают в себя эти сигналы и пронизывают ими свое творчество.

По осуществлению сигнально-организационного начала шедевры искусства древности, во всяком случае, не уступают более поздним этапам развития искусства. Разгадка этого явления кроется, очевидно, в самом строе выражения мышления древними людьми. Первобытное мышление закрепляло не формально-логическую сторону мыслительного отражения действительности, а было таким, которое стремилось, как отмечал Горький, самой силой слова, силой выразительности повлиять на противостоящие людям явления природы. Хотя такая форма мышления обращалась как будто к внешним, природным явлениям, но, отражаясь в сознании окружающих людей, она всю экспрессию своей выразительности способна сполна отдавать именно сознанию и воле людей.

В дальнейшем развитии человеческого сознания и форм идейной выразительности такой способ построения мышления постепенно уступал место рационалистическому способу. «Заклинательные» же формы выразительности сохранялись только для религиозных и культовых отправлений. Они были взяты на вооружение жрецами и проповедниками как формы особого гипнотизирования воли и сознания людей, как формы религиозного одурманивания народа. Однако в первобытном мышлении «заклинательная» форма выражения идей была далека еще от всякой сознательной дезорганизации людей и свидетельствовала лишь о том, насколько люди верили в выразительные силы и возможности идей.

Это свойство всего первобытного мышления относилось и к художественному мышлению. По существу своему выразительные особенности мышления древних людей превращали все его формы в искусство. Об этом свидетельствуют и словесные построения древней мифологии. Построения эти орнаментальны. Они особо действенны, ибо таким орнаментальным нагнетанием словесных периодов создают специфическую структуру сигнального воздействия на духовный мир воспринимающих.

В наскальных изображениях имеет место подобного же рода как бы орнаментальное нагнетание изображаемого. Так, например, в изображении животных на потолке Альтамирской пещеры в Испании мы наблюдаем многократно повторяемые рисунки зубров, схваченных в раз-

личных позах, в разных ракурсах и оттенках поведения. Для зрителей из этих поз и ракурсов создаются взаимно корректирующие и взаимно усиливающие вариации, т. е. такая орнаментальная структура разных оттенков в поведении животных, которая передает мощный стимул экспрессии в восприятие и сознание людей. Первобытный художник не просто пытается изобразить зверя в своих рисунках, но через выражение экспрессии и повадок зверя он стремится вдохнуть в сознание окружающих людей стимулы, которые бы организовали их волю и поведение. Поэтому смысл всех наскальных и пещерных изображений прежде всего повелительно организующий. Именно эта особенность становилась такой эстетически выразительной силой, без которой искусство вообще обходиться не может. А в те времена, когда только что появилось искусство, эта организующая сила являлась главной. Она-то и привлекает и поражает нас в искусстве первобытных художников.

То же самое относится и к танцам первобытных людей. Сами ритмы танца становятся возбуждающей силой, так же как ритмические мотивы орнамента или орнаментальные нагнетания словесных периодов. В этом смысле совершенно прав профессор П. Симонов, когда пишет: «Группа первобытных охотников исполняет ритуальный танец. Время от времени воины пронзают дротиками и копьями фигуру мамонта, нарисованную на стене (такие изображения со следами ударов не раз находили археологи). Получили ли участники танца дополнительные сведения о том, как лучше охотиться на мамонта? По-видимому, нет. Приобрели ли новый опыт? Может быть, только самые молодые. Но после танца на борьбу с мамонтом отправлялось не стадо дрожащих тварей, готовых разбежаться при первой же неудаче, а коллектив воинов, уверенных в победе, охваченных боевым азартом, полных воодушевления и сил».

Это сделала сила ритмики танца, действующая в данном случае как сигнальное начало, возбуждающее и организовавшее внутреннюю энергию и волю первобытных охотников. Так художественное мастерство древности раскрывает нам по-своему первостепенные эстетические ценности именно в этой структурно-сигнальной значимости своих образов.

Так что еще в первобытные времена, в эпоху зарождения самого искусства, в нем проявляется эстети-

чески выразительная сила, вне которой в дальнейшем уже не мыслится художественное мастерство.

Сила эта пронизывает каждую клеточку произведений искусства и художественной ткани, все смысловое содержание образов, всю его живую многозначность. Смысл этой силы не просто в том, чтобы передать образ предметов и явлений, а в том, чтобы структура самой выразительности входила в состоянии психического образа в духовный мир зрителей и пробуждала в них определенную настроенность.

Эта организационно-выразительная сторона художественного мышления и художественного мастерства эволюционировала за всю историю развития искусства. Она становится в некотором роде даже критерием самой эстетической ценности художественных произведений. Вот почему каждое подлинное произведение искусства служит не только средством воссоздания действительности в художественных образах, не только средством образного познания действительности, но и проводником особых организационных сил для человеческого утверждения в мире. Художник потому и становится художником, что видит и воспроизводит свое образное познание мира не только как познавательную ценность, но и так, чтобы структура образов была для читателей, зрителей или слушателей именно сигнально настраивающим началом. Чувство и сознание воспринимающих надо поразить и зажечь тем же страстным огнем, которым горят представления и образы для самих художников.

Организирующее начало одновременно настраивает и внутреннюю структуру выразительных средств самого художественного произведения и, преобразуясь в состояние идеального психического образа, настраивает так же весь наш духовный мир — восприятие, сознание и волю. Стало быть, самый смысл эстетической организации двоякий: с одной стороны, она относится к внутренней структуре художественных выразительных средств, а с другой — является для духовного мира воспринимающих своеобразным организационным началом.

Конечно, главным мобилизующим средством в произведениях искусства всегда служило «отражение жизни в формах самой жизни». Отобразившись в произведениях искусства, жизненные факты убеждают своей непосредственностью.

Но есть в искусстве и мобилизация человеческой воли, восприятия и сознания тем, что выступает эстетическим организационным началом. Здесь мобилизует уже собственно не пример фактов, а сама структурно-организующая сила, которая превращает художественные материалы в эстетически действующие ценности. Она не только способствует образно-познавательной функции произведений искусства и лучшему усвоению идей и образов, но выполняет и эстетически возбуждающую функцию — зажечь и живо поразить наше восприятие.

Даже художественный замысел хотя и находится у художника еще только в голове в виде идеальных психических образов, но уже отнюдь не тождествен с простым текучим образным мышлением. И в художественном замысле, и в его воплощении в законченном уже художественном произведении живописец, писатель, скульптор умеют так организовать психологическую и идейную ценность образов, что они не только передают типическое в индивидуальном, но и наполняются в то же время такой силой, которая, выступая, по выражению Бальзака, «движением жизни», способна активно воздействовать на восприятие и сознание людей. Сообщаясь читателям, зрителям, слушателям, эта сила переходит для них в психологически действующее начало, соответственно организующее и самую структуру чувств и сознание.

Иначе говоря, художник не просто образно мыслит, но и умеет организовать самую внутреннюю структуру образов так, чтобы она становилась своеобразным фактором, способным соответственно настроить все чувства и сознание зрителей, читателей или слушателей. При этом такая организованность структуры образов вовсе не какой-то элемент формы и не композиционное оформление, а неотъемлемое свойство самого содержания, самой передачи содержательного смысла в художественных произведениях.

Такова структурно-организующая функция произведений искусства.

\* \* \*

В таком небольшом рассказе А. Гайдара, как «Голубая чашка», замечательно раскрывается новизна видения мира. Маленькая девочка узнает от отца много нового об окружающих явлениях и предметах действительности.

Она с непосредственной любознательностью «первозданно» смотрит на мир. Такова сюжетная сторона рассказа. Но и сама архитектоника повествовательной структуры рассказа стремится найти в душе читателя свой отклик. Она имеет эстетическое назначение пробудить в читателях такие стимулы к свежему, прозрачно-новому и кристально-чистому восприятию мира, когда все краски, все звуки, все предметы делаются необычайно яркими, рельефными, выпуклыми, возбуждающими «первозданный» интерес. Словом, сама архитектоника структуры рассказа, сливаясь с развитием сюжета, становится сигнальной структурой, способной оптимально настроить восприятие и сознание читателя к «первозданному» ощущению мира.

Теперь возьмем пример уже из сравнительно отдаленного прошлого. Повесть Карамзина «Бедная Лиза» сентиментальна не только идеей и сюжетом. Самой своей стилистической структурой даже, может быть, больше, чем сюжетом, повесть эта настраивала на «слезливую чувствительность», разрушая какие-то стороны твердости читательского мировосприятия. В этом смысле в повести Карамзина «взвешены» в настраивающем ключе сентиментальности и идея, и сюжет, и стилистическая структура.

Живо и покоряюще проникает в душу зрителя гармоническое начало рублевской «Троицы». Это позволяет значительно более мягко воспринять человеческие образы и образы предметного мира, уловить их ритмическую связь. Поэтому в «Троице» Рублева, как справедливо замечает исследователь древнерусской живописи В. Н. Лазарев, «есть что-то успокаивающее, ласковое, располагающее к длительному созерцанию. В самих линиях есть нечто столь певучее, столь мелодичное. Они согреты глубоким чувством, и зрители долгое время после созерцания «Троицы» ощущают в себе звучание этих удивительных гармонических линий».

В знаменитом гоголевском описании украинской ночи самый строй повествования, отбор стилистических средств и, наконец, ритмико-интонационное построение периодов представляют собой структуру, которая все описание делает вдохновенной ритмической прозой, а попадая в наше восприятие, гоголевское повествование создает романтически приподнятый и взволнованно поэтический накал наших чувств.

По сравнению с литературой, живописью и скульптурой декоративное искусство, например, почти не содержит образно-познавательного значения, и тем не менее мы не отрицаем его эстетической ценности. Ценность эта сосредоточивается в нем как раз в том, что оно более или менее непосредственно выявляет силу эстетического организационного начала в более «оголенном» виде, чем в таких образно-познавательных видах искусства, как литература, живопись, скульптура, в которых сила эта до некоторой степени вуалируется познавательным смыслом образов.

\* \* \*

Когда начиная с конца XVIII в. создавались философские системы немецкого классического идеализма, посвященные раскрытию диалектики человеческого познания, искусство в этих системах рассматривалось только с его образно-познавательной стороны. Эстетически организационная сторона искусства оставалась в данном случае явно в забвении. Эта традиция понимания искусства сохраняется так или иначе вплоть до наших дней.

Однако, говоря о художественности, нельзя определять художественность как только лишь познавательную силу. Надо понимать ее и как эстетически организационную силу, способную эстетически настраивать весь наш духовный мир.

Но эстетически организационная сила может пребывать в различных изоморфных состояниях. Поэтому в произведениях таких познавательных видов искусства, как литература, живопись, скульптура, эстетически организационная сила выступает не обособленно, а в изоморфных состояниях самих же образов и художественной ткани произведений, оставаясь тем не менее по-своему все же силой, способной эстетически настраивать духовный мир воспринимающих.

Бывает так, что написанное, казалось бы, по всем правилам произведение с соблюдением правды жизни и соотношения типического и индивидуального, все же воспринимается нами как нехудожественное. И мы говорим, что это произведение эстетически не впечатляет, не зажигает нас, что оно эстетически бессильно, и ни одной искры особого художественного возбуждения не несет.

В таких случаях традиционная поэтика обычно говорит о художественной слабости подобных произведе-

ний. Но на вопрос, почему это так и где в произведениях искусства найти ту самую эстетически действующую «изюминку», которая, собственно, и делает произведение эстетической ценностью, традиционная поэтика ответить не могла и не может.

Утверждая же сигнальную природу организационного воздействия эстетических и художественных ценностей, мы тем самым некоторым образом уже объясняем эту «изюминку» эстетического воздействия.

И в самом деле, как явствует из кибернетики, только сигнал, соответствующий той или другой системе, способен, сливаясь в изоморфном состоянии со структурой этой системы, привести ее в действие.

Не поддающаяся изучению с точки зрения традиционной поэтики и остававшаяся таинственной сила эстетического воздействия становится вполне объяснимой и ничего иррационального в себе не несущей, если на нее посмотреть с точки зрения сигнального свойства.

Раскрывая сигнальную основу воздействия эстетического начала и эстетических и художественных ценностей, мы видим, что учение теории информации помогает уяснить многое в эстетических силах художественности.

## АВТОР, ПОТРЕБИТЕЛЬ И ДРУГИЕ

*Доктор*

М. КЕМПИСТЫ

(ПОЛЬША)

Мы хотим здесь представить несколько проблем, касающихся произведений искусства, применяя для этой цели понятия кибернетики. Это задача довольно неблагодарная, так как кибернетические исследования обычно дают в результате расчет хода исследуемого процесса. Среди многих условий, необходимых для проведения таких расчетов, имеется неперемutable условие: возможность измерения исследуемых объектов. Но если говорить об искусстве, то мы имеем дело с объектами, для которых наука не нашла еще ни единиц измерения, ни измерительных приборов.

В дальнейшем мы будем говорить об эстетическом переживании, трактуя его как внутреннее состояние чело-

века (внутреннее с точки зрения и психологии, и физиологии), которое оказывает влияние на последующие внутренние состояния. Таким образом, *эстетические переживания* выступают в наших рассуждениях как так называемые самозамыкающиеся связи и по необходимости будут рассматриваться только качественно, без всякого количественного подхода. Впрочем, ограничение рассуждений качественной стороной является общим и пока что неустрашимым их недостатком.

Прежде всего нужно предположить, что читатель этой статьи обладает известными познаниями в области кибернетики, а именно в теории относительно обособленных систем. Предполагается, говоря конкретнее, что читатель знает:

об относительно обособленной системе (вернее, о системе развивающейся, надежной), имеет, следовательно, понятие о *входе* и *выходе* и о том, что *стимул* — это состояние на входе, а *реакция* — состояние на выходе;

о локальном детерминизме, т. е. понимает, что в развивающейся системе каждая реакция определяется действующими одновременно с нею или действовавшими в прошлом стимулами;

что система действует на другие системы путем *связей*, а на себя самое — путем *обратной связи*;

о *подкреплении* (т. е. подаче массы или энергии) и имеет понятие об *информации* (как противоположность понятию «питание»).

Итак, знания, требуемые от читателя, невелики, и овладеть ими нетрудно.

Применяя приведенные выше понятия, можно попытаться построить модель возникновения произведения искусства (рис. 1). Такая модель состоит из двух систем:

*П* — *произведение* — создается художником с целью вызвать эстетические переживания у других людей;

*А* — *автор* — отдельный человек или группа людей, создающих произведение.

Обе системы определены относительно — одна в зависимости от другой, так как между ними существуют взаимные связи. Эти связи таковы: информативная связь *А—П* (от системы *А* к системе *П*), связь подкрепления *А—П* и информативная связь *П—А*.

Системой *А* мы можем считать каждого человека, независимо от его профессии, создающего произведение ис-

куства (картину, музыку). Системой *A* является также группа людей (автор текста песни и композитор мелодии или несколько архитекторов из одной мастерской), создающих произведение искусства сообща.

Системой *П* является всякое произведение, созданное автором *A* с целью вызвать положительные эстетические переживания (положительные потому, что они бывают и отрицательными). Иногда автор думает о том, чтобы его произведение стало эпохальным, иногда хочет только, чтобы оно понравилось потребителям, иногда даже — только одному потребителю, например любимой женщине или богатому меценату.

Перейдем теперь к подробному рассмотрению входов и выходов, имеющих в нашей модели, причем начнем с системы *A*.

*Личное подкрепление* — это потребление, необходимое для того, чтобы Автор мог творить, например подкрепление энергией (питание, дыхание) и энергетическая изоляция (одежда, жилище).

*Память* — это вся история Автора, вся та информация, которую он получил перед тем, как начать создавать свое произведение. (Таким образом термин «память» мы понимаем шире, чем принято обычно, и шире, чем принято в психологии.) К так называемой памяти относятся: наследственные черты, знания, полученные во время учебы, личные переживания, эстетический опыт и т. д. Это миллионы битов информации, собранные в мозгу Автора в определенные структуры и составляющие его индивидуальность, его талант и т. д.

*Наблюдения над действительностью* Автор производит в период создания своего произведения. Роль этой информации обычно бывает ничтожной в сравнении с ролью информации, заключенной в памяти. В некоторых видах искусства этот вход достоин внимания, например в попытках понять отдельные направления живописи, тщательно определяя тип преобразования, которому подвергается избранный фрагмент действительности.

*Наблюдения над произведением* Автор производит многократно в процессе его создания. Каждое изменение в произведении, совершаемое Автором (обе связи *A—П*), вызывает новую оценку произведения в целом (информативная связь *П—A*), что в свою очередь влияет на последующие изменения, вызываемые в создаваемом про-

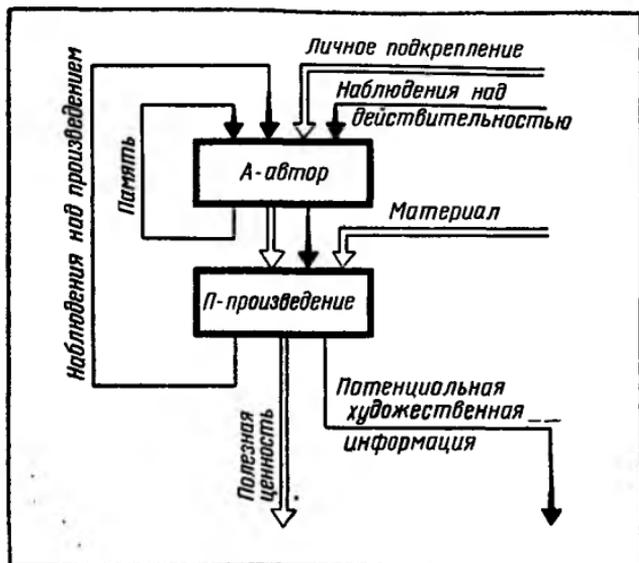


Рис. 1.

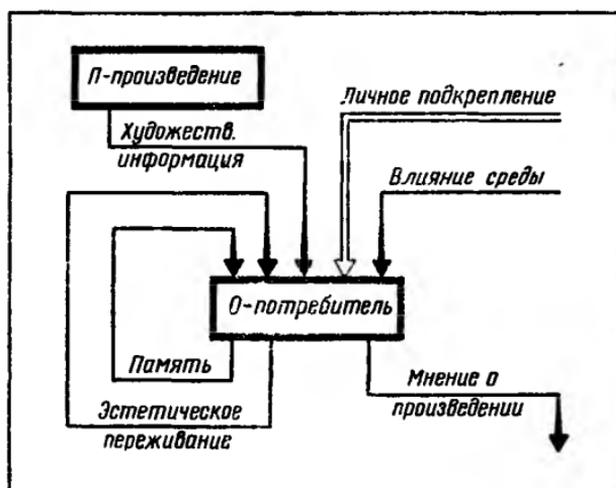


Рис. 2.

изведении (снова через информативную связь А—П и подкрепляющую связь А—П). Таким образом, мы имеем здесь дело с *обратной связью*.

Внутри системы А происходит преобразование стимулов, полученных на перечисленных выше входах, в определенные творческие акты (информативная связь А—П), а также неизбежные при этом (например, движения

руки при письме, рисовании и пр.), хотя и не существенные для наших рассуждений, действия, имеющие характер подкрепления (подкрепляющая связь А—П).

Для создания произведения необходимы не только «рабочая сила» (подкрепление!) и «душа» (информация!) Автора, но и *материалы* (бумага, карандаш, пишущая машинка, мрамор, растворитель, причудливый по форме корень и т. д.).

Из системы П, кроме упомянутой уже связи П—А, ведут еще два выхода.

*Полезная ценность* произведения встречается довольно редко. Ею обладает, например, столик, покрытый красивой мозаикой, когда мы ставим на него кофе и пирожные. Или обладает ею томик стихов, когда мы употребляем его в качестве растопки или как именинный подарок.

*Потенциальная художественная информация* служит для возбуждения эстетических впечатлений у потенциального потребителя. Эта информация всегда обладает *материальной стороной* (буквы, ноты, цветные пятна, а также их взаимное расположение), которую мы рано или поздно сумеем формализовать, т. е. воспринимать как однозначную математическую запись.

За последние 10 лет во всем мире проведено множество исследований на эту тему. Невозможно рассмотреть их здесь даже приблизительно, так как для этого понадобилось бы познакомиться с основными понятиями теории информации и расчета вероятностей, а также привести хотя бы несколько цифровых примеров. Упомянем только, что результатом этих исследований являются такие достижения, как умение электронной машины распознать текст данного писателя среди текстов других авторов или умение сочинить небольшую музыкальную пьесу определенного типа.

Кроме материальной стороны, художественная информация содержит и *эмоциональную сторону*, вызывающую у потребителя эстетические переживания. Быть может, в будущем кибернетические исследования в области художественной информации позволят выяснить, какие типы структур элементарных сигналов (например, букв, звуков) вызывают у потребителя максимальный эмоциональный эффект.

На этом мы закончим рассмотрение модели возникновения произведения искусства: произведение создано, су-

ществует и будет существовать до тех пор, пока не будет уничтожено. В дальнейших рассуждениях нас будет интересовать только потенциальная художественная информация, которую может (но не обязательно должен) получить потребитель.

Рассуждения, касающиеся восприятия произведения, мы начнем с характеристики системы *О—потребителя* (рис. 2), рассматривая ее со входов:

*Художественная информация* — через связь *П—О*: Потребитель смотрит, читает или слушает произведение искусства.

*Память Потребителя* в принципе та же, что и память Автора. Однако особого внимания здесь заслуживают опыт в воспринимаемой в данный момент области искусства, а также ассоциации с обстоятельством восприятия подобных произведений.

*Личное подкрепление* складывается из тех же факторов, что и у Автора. Их нужно здесь учитывать, так как у голодного или озябшего Потребителя впечатления будут, несомненно, несколько иные. Предполагается, что Потребитель, активно дышащий замечательным горным воздухом, особенно чувствителен к красоте.

*Влияние среды* — это главным образом услышанная или прочитанная данным Потребителем оценка произведений, близких к воспринимаемому в данный момент. Влияние этого входа обычно недооценивается.

Стимулы со всех этих четырех входов вызывают определенные реакции на обоих выходах системы *О*. Первый из этих выходов — *эстетическое переживание*, испытываемое Потребителем (этот выход является самозамыкающейся связью в системе), второй — *сознательное мнение о произведении*. Встречаются иногда потребители (например, дети), у которых на обоих выходах возникают одинаковые реакции.

Произведение искусства дает художественную информацию в определенном *коде*. Не всегда этот код позволит Потребителю воспринимать произведение непосредственно (как на схеме рис. 2). Во многих областях искусства бывает необходим перевод с одного кода на другой. Этот перевод производится в системе *Т — транслятора* (рис. 3). Например, для музыкального произведения Транслятором может быть пианист, переводящий его с кода нот на определенный звуковой код. Тогда на качество перевода

влияет и состояние фортепиано (вход подкрепления), и искусство, и талант («память») данного Транслятора.

Поэтическое произведение может быть воспринято непосредственно (если Потребитель читает его про себя), но может также подвергнуться преобразованию в системе Транслятора. Транслятором может быть здесь чтец, превращающий написанное слово в устное. Транслятором может быть и обычный переводчик, переводящий стихи с одного языка на другой. Может также возникнуть такая ситуация, когда стихи, переведенные, скажем, с русского языка на польский, будут затем читаться вслух; тогда мы будем иметь дело с двумя Трансляторами  $T_1$  и  $T_2$ , и со связями:  $P - T_1$  в коде  $\alpha$ ,  $T_1 - T_2$  в коде  $\beta$  и  $T_2 - O$  в коде  $\gamma$ .

Каждый Транслятор, если это специалист (или группа специалистов), верно переводит материальную сторону произведения. Но правильно ли он переведет эмоциональную сторону, передаст ли концепцию Автора, обогатив ее, или «зарежет» ее в своей передаче — это зависит от его *памяти* (в принятом здесь значении этого слова) или от его способностей, умения и таланта.

Во всех предыдущих рассуждениях мы принимали во внимание только одного Потребителя, а ведь художественная продукция — это обычно общественная деятельность: почти каждый Автор хотел бы, чтобы его произведение воспринималось множеством людей. Для того чтобы оно дошло до тысяч потребителей, необходимым (хотя и недостаточным) условием является *размножение*.

Размножение — это роль системы, называемой Копи-стом —  $K$  (рис. 4).

Такой системой может быть типография, выпускающая тысячи экземпляров; музей, доступ в который открыт толпам зрителей; радио, передающее музыку с пластинок; кино, показывающее (множественно или даже однократно) данную программу, или телевидение, показывающее заранее снятый фильм.

Предполагается, что художественная информация на входе в систему  $K$  тождественна с художественной информацией на всех ее выходах, хотя это предположение является упрощением. Для размножения этой информации необходимо кроме собственных стимулов на подкрепляющих входах (см. рис. 4) решение размножить ее, принятое компетентным органом. Этот орган мы назовем

системой *P* — *Популяризатором*. Им обычно бывает покровитель искусства, владелец издательства, главный редактор, коллегия соответствующего министерства или директор музея.

На рис. 5 показана общая схема Популяризатора. На его выходную реакцию — «решение размножить» влияют следующие стимулы:

*художественная информация;*

*экономическая информация*, дающая материал для оценки рентабельности размножения (копиистом *K*) или вторичной полезности размножения;

*политическая информация*, дающая материал для оценки того, рентабельно ли размножение данного произведения с точки зрения долгосрочной политики Популяризатора (будут ли полезными или вредными его последствия для данного предприятия, общественной группы и т. д.);

*мнение экспертов* (например, чтение критики предыдущих произведений данного Автора);

*личные взгляды* Популяризатора.

Итак, на рис. 5 мы имеем пять входов, влияющих на принятие решения о размножении. У каждого данного Популяризатора стимулы на отдельных входах действуют с различной силой: например, иногда доминирует восхищение Популяризатора произведением, а иногда — экономическая информация. Но всегда на решение Популяризатора влияет в той или иной мере каждый из этих пяти стимулов, так что приписывать исключительное влияние стимулу «художественная информация» — значит закрывать глаза на действительность.

Реакции подкрепляющего выхода у Популяризатора должны обеспечить Копиисту возможность выполнить решение о размножении. Существуют системы *P*, никогда не дающие на подкрепляющем выходе реакций, не равных нулю (например, цензор).

Три последних системы — Транслятор, Копиист и Популяризатор — никоим образом не должны быть обязательно отдельными организационными единицами. Часто бывает так, что Популяризатором является директор учреждения, сотрудники которого выполняют многократное преобразование произведения, чтобы в конце концов размножить его для тысяч потребителей.

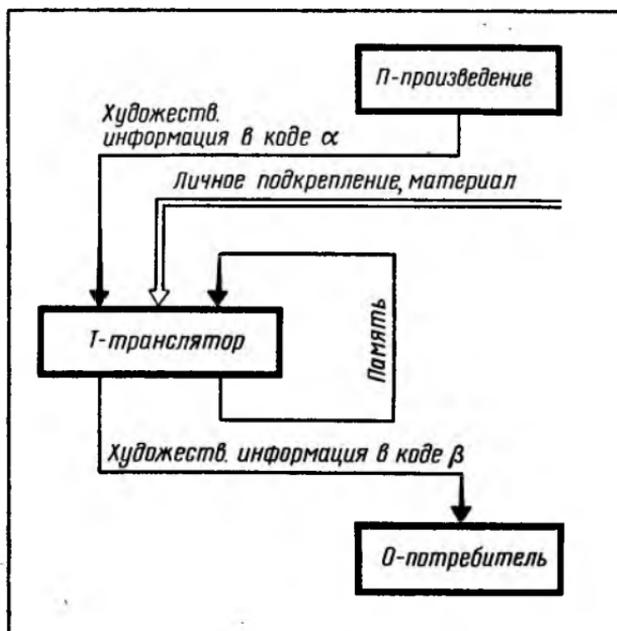


Рис. 3.

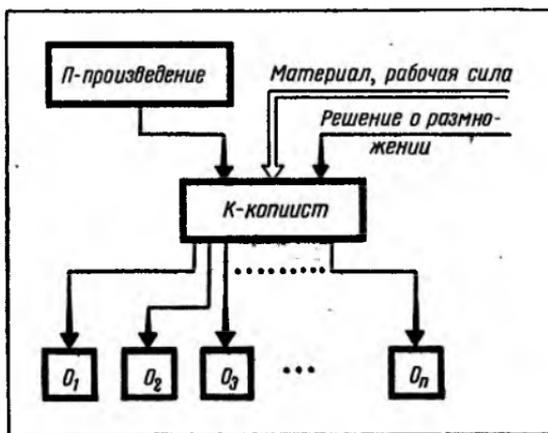


Рис. 4.

Построим теперь модель общественного восприятия произведения искусства (рис. 6). Эта модель чрезвычайно упрощена сравнительно с действительностью; это проявляется, между прочим, в том, что каждый из типов систем встречается в ней только по одному разу. Только систем *O* мы имеем здесь три. Первые две из них,

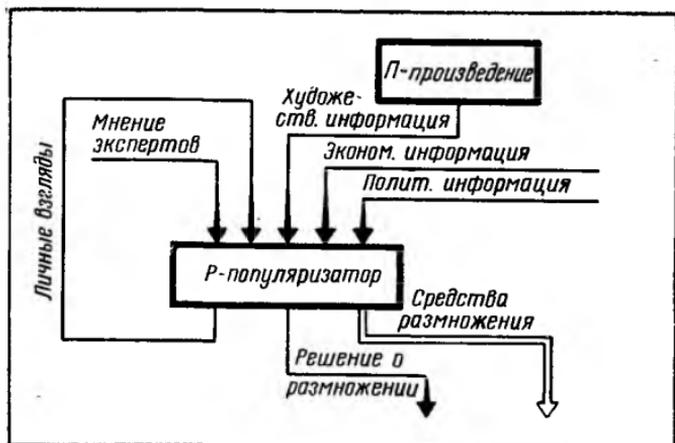


Рис. 5.

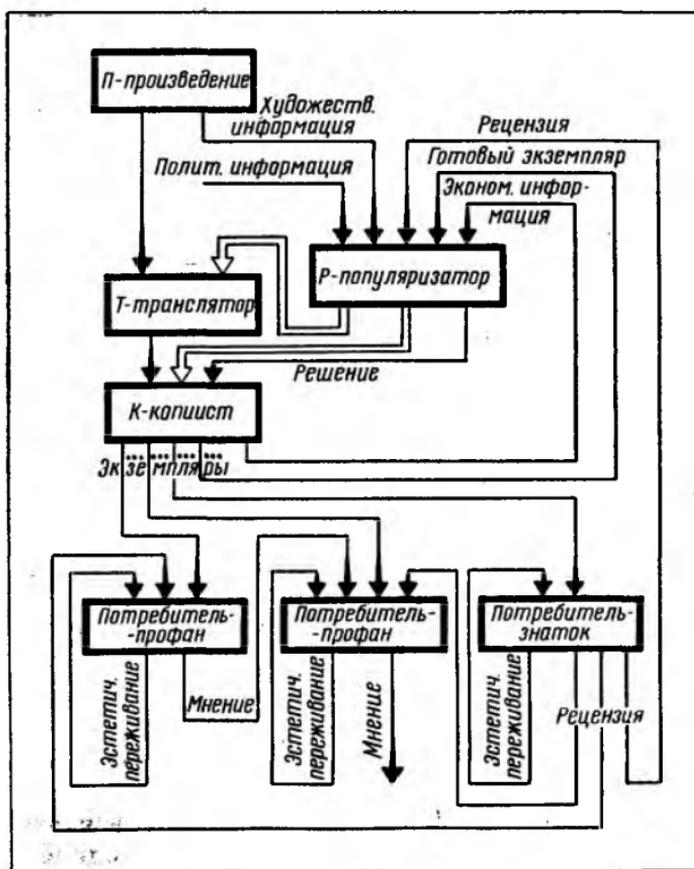


Рис. 6.

«Потребитель-профан», означают широкие массы потребителей, третья же, «Потребитель-знаток», отличается особым свойством, которое можно понять по схеме.

На рисунке показаны только те связи, которые характерны для модели общественного восприятия; некоторые из уже знакомых нам входов и выходов опущены для большей ясности схемы.

В самом начале своих рассуждений мы признались в одной слабости, имеющей методологический характер, а именно в невозможности измерить те черты художественного произведения, которые представляют интерес для эстетики. Но даже в этих невыгодных условиях кибернетическая точка зрения оказалась, по-видимому, имеющей какую-то ценность. Мы хотели здесь представить схематически ситуацию художественного произведения в рамках сложной сети, имеющей общественный характер. Если кто-нибудь упрекнет нас в том, что мы дали не образец кибернетического подхода к эстетике, а скорее пособие к кибернетически понимаемой социологии художественного произведения, то с этим упреком можно только согласиться.

Общественная сеть, состоящая из Автора, Произведения, Транслятора, Копииста, Популяризатора, Знатка и даже Потребителей-профанов, имеет явно схематический характер; это не действительность, а *модель*, т. е. упрощение действительности.

Будет хорошо, если читатель, прежде чем возмущаться «недопустимым схематизмом» этих рассуждений, вспомнит, что в науках как естественных, так и общественных, действительность исследуется не непосредственно, а путем постройки упрощенных моделей. Действительность слишком сложна, чтобы ее можно было вполне точно описать и чтобы ее допустимо было исследовать без упрощений. Дело исследователя, его таланта, опытности и такта — построить модель, достаточно близкую к действительности (т. е. достаточно сложную), чтобы ее можно было исследовать, и в то же время достаточно далекую от действительности (т. е. упрощенную), чтобы иметь дидактическое значение. Только такие исследования будут практически ценными.

По этим соображениям еще трудно высказаться относительно ценности приведенной выше модели (одной из многих возможных) или целесообразности построения дру-

гих моделей по указанным здесь принципам. Но все же мы описали здесь основную проблематику социологии искусства на определенном, простом и ясном научном языке, на языке общей кибернетики, избегая традиционно неясных терминов, так часто применяемых профессиональными критиками искусства. Надеемся, что устранение неясных терминов приведет к исчезновению рассуждений о различных мнимых проблемах. Формулирование же проблем, касающихся роли искусства в обществе, на языке, применимом и применяемом в других науках (в экономике, в языковедении, в медицине), т. е. на языке кибернетики, открывает нам новые возможности. Благодаря применению общего языка эти проблемы станут сравнимыми с теми, какие встречаются в других, столь различных отраслях науки.

## ЛОГИКА ПОЭЗИИ

*Доктор физико-математических наук*

Г. ХИЛЬМИ

Каждое слово, употребляемое в деловом или научном языке, может быть использовано в поэзии. Но почему смысл одних и тех же слов при использовании их в поэзии и в обычном языке нередко оказывается существенно различным? Почему в поэзии возможны такие сочетания слов, которые с точки зрения логики обычного языка не имеют смысла и тем не менее не кажутся нам случайным набором слов?

Так, например, в строфе, написанной С. Есениным:

Я теперь скупее стал в желаньях,  
Жизнь моя, иль ты приснилась мне?  
Словно я весенней гулкой ранью  
Проскакал на розовом коне, —

мы не воспринимаем две последние строки, как сообщение о том, что кто-то в весеннее утро проскакал на коне розового цвета.

Точно так же слова А. Блока

И злая воля дирижера  
По арфам ветер пронесла

вовсе не говорят о том, что в результате волевого импульса озлобленного дирижера в концертном зале возникли струйные течения воздуха, обдувающие арфы.

Но если «логика» поэтического языка отличается от логики обычного языка и языка науки и позволяет расширять смысл употребляемых слов, то, естественно, возникает желание понять это явление и ответить на очень старый и с первого взгляда очень простой вопрос: в чем существо этих различий? Поиски ответа на этот вопрос приводят нас на границы психологии и теории познания.

Из ощущений возникают в сознании человека отображения предметов и событий внешнего мира, которые являются для него источником сведений об этом мире. Эти отображения доставляют человеку не только информацию; кроме того, они вызывают в нем определенные эмоции и становятся истоком его внутренних переживаний. События личной или общественной жизни также вызывают определенные эмоции: радость или горе, спокойную уверенность, надежду или тревогу, а иногда чувство страха.

Конечно, не всякая информация сопровождается эмоциями. Например, практическая справочная информация, ориентирующая нас в том или ином отношении, — таблицы математических или физических величин, расписание поездов, карты шоссеиных дорог, правила обращения с техническими устройствами, правила движения городского транспорта и т. п. — обычно не вызывает эмоций.

Однако в подавляющем большинстве случаев восприятия элементов действительности, а также их изображения на фотографии, киноэкране, их воспроизведение в памяти или их словесное описание не только доставляют нам информацию об этих элементах, но одновременно вызывают определенные эмоции. Всякая сколько-нибудь существенная информация окрашена эмоционально.

Таким образом, *информация и эмоции соединены в сознании человека*. Аккомпанемент эмоций звучит в человеке всю его жизнь.

Информация, поступающая в сознание человека при восприятии предметов внешнего мира и при восприятии событий окружающей его жизни, отображает объективные свойства действительности. Способность переживать эмоции — объективное свойство человека, но оно представляет собой внутреннее явление его психики, характеризующее его интеллект, а не внешний мир. Эмоции — это

одна из форм реагирования человеческого сознания, отображающая его отношения к предметам и событиям окружающего мира. Поэтому эмоции могут заставить человека действовать, чего-то желать, к чему-то целенаправленно стремиться.

Несмотря на то что способность воспринимать информацию и способность переживать эмоции представляют собой проявления разных сторон нашего сознания, *существует закономерное соответствие между содержанием той или иной информации и характером эмоций, которые в нашем сознании ассоциируются с этой информацией.*

Восприятия или воспоминания, содержащие сходную информацию, вызывают сходные эмоции. Наоборот, восприятия или воспоминания, достаточно различные по содержащейся в них информации, порождают разные эмоции. Каждый знает по личному опыту, сколь различны эмоции, вызываемые картиной бурного моря и звездным небом в темную августовскую ночь. Несравнимы впечатления от бурного водопада и спокойного течения широкой, полноводной реки. Никто не отождествит и не спутает эмоции, связанные с информацией о радостном событии и о горе. Подобных примеров можно привести сколько угодно.

*Существующим в сознании человека соответствием между эмоциями и информацией объясняется, почему эмоции могут стать для человека носителями или источниками информации.*

В самом деле, пусть некоторая информация *A* ассоциируется с эмоцией *B*. Допустим, что тем или иным способом мы можем возбудить в человеке эмоцию *B*, не передавая ему информации *A*. Если воспринимающий человек обладает надлежащим уровнем эмоциональной культуры, то в его сознании осуществится ассоциация эмоции *B* с информацией *A* и, таким образом, возникнет представление об ее содержании. Конечно, это представление неизбежно будет обобщенным и несколько неопределенным, но все же оно будет правильным.

Такая схема может показаться абстрактной и надуманной. Однако это не так. Фактическим подтверждением этой схемы является передача информации музыкой, например симфоническим произведением, не сопровождаемым пением или хореографией (которые сами по себе могут быть источниками информации). Очевидно, что непосредствен-

ной передачи информации в симфонической музыке не происходит. Но она способна возбудить в сознании слушателя эмоции, связанные с той или иной информацией. Таким образом, через эмоции, т. е. вторично, в симфонической музыке происходит передача информации.

Бесспорно, что информация, передаваемая симфоническим произведением, не однозначна и каждый слушатель придаст ей свой субъективный оттенок. Но она и не произвольна. Гениальное описание отвратительного автоматизма военной машины Гитлера, выраженное музыкальными средствами Шостаковичем в его Седьмой симфонии, никто не примет ни за лирическую песню, ни за шорох листьев в притихшую осеннюю ночь, ни за грохот морского прибоя у скалистых берегов. Хотя слушатель не получает конкретно выраженной социологической информации, однако осуждение войны, выраженное музыкальными средствами, обладает огромной убедительностью. Если позволить себе употребление кибернетической терминологии, то можно сказать, что содержащаяся в симфоническом произведении информация, косвенно передаваемая через эмоции, обладает значительной энтропией (неопределенностью), но она не хаос, не лишенный смысла шум. В смысловом отношении — это сильно обобщенная информация, оставляющая широкие возможности конкретизации, но точная по своей эмоциональной окраске.

Каждый человек хранит в своей памяти в форме обобщенных представлений запас эмоционально окрашенной информации. Он приобретен многократно повторенным опытом переживания обычных явлений жизни и восприятием окружающей человека природы. Картины леса, степи, моря, гор, отдельные явления природы — рассвет, гроза, звездная или ненастная ночь, отдельные предметы — звезды, облака, травы, деревья, птицы и звери — все это формирует в человеческом сознании представления, содержащие эмоционально окрашенную информацию. Очень много обычных представлений, содержащих эмоционально окрашенную информацию, человек приобретает путем личного жизненного опыта, наблюдением жизни окружающих его людей, своими отношениями с ними, а также под воздействием общественной жизни.

Накопленную опытом обычного существования и доступную каждому человеку эмоционально окрашенную информацию, фиксированную в его сознании в форме общих

представлений, мы условимся называть *первичной эмоционально окрашенной информацией*. Воспринимая или перерабатывая в своем сознании первичную эмоционально окрашенную информацию, мы часто не замечаем связанных с нею эмоций; они обычны для каждого из нас и почти не отличаются от аналогичных эмоций других людей. Конечно, в разные исторические эпохи люди располагали разным запасом первичной эмоционально окрашенной информации. Это обусловлено многими причинами, прежде всего изменениями окружающей человека действительности, которые нередко вызваны самим человеком. Так, например, в наше время трудно найти человека, для которого далекий ночной гудок паровоза не был бы источником первичной эмоционально окрашенной информации. Однако до изобретения паровоза и постройки достаточно широкой сети железных дорог такой эмоционально окрашенной информации не существовало. Материальный и духовный прогресс человечества и усложнение общественной жизни постепенно увеличивают запас первичной эмоционально окрашенной информации. В настоящее время этот процесс протекает особенно стремительно.

В поэзии используется способность слов передавать человеку информацию. Источником информации в одинаковой степени являются слова, произнесенные кем-то другим, и слова, которые мы произносим сами — вслух или же мысленно, например в минуты раздумий, воспоминаний или при чтении книг.

Всякое стихотворение или отдельные строки, составляющие относительно автономную часть стихотворения, должны включать предметную информацию, которая позволит читателю уяснить, о чем идет речь, в чем состоит логическое содержание стиха. Условимся эту информацию называть «прямой» информацией стиха. Однако непосредственная передача предметной информации и ее логического смысла не является задачей и целью поэзии. «Прямая» информация — только скелет стиха, а не его живая ткань.

В поэзии всякая информация рассматривается с точки зрения ее эмоциональной окраски, а задача поэзии заключается в том, чтобы решительно выйти за пределы обычных первичных эмоций. Поэтому рефлекторная, сама собой возникающая эмоциональная окраска информации не может составить богатства поэзии. Первичная рефлектор-

ная окраска информации эмоциями используется в поэзии только в качестве отправного материала, подобно тому как набор красок в палитре живописца представляет собой исходный материал для создания картины.

Основной принцип решения трудных задач поэзии заключается в следующем. К «прямой» информации, обладающей собственной первичной тональностью, присоединяют дополнительную информацию, которая с точки зрения смысловой логики может и не иметь связи с «прямой» информацией, но которая своим эмоциональным звучанием усилит или углубит эмоциональную окраску «прямой» информации и даже придаст ей новый оттенок. Эту дополнительную информацию, используемую для эмоциональной подкраски «прямой» информации, уместно называть «образной» информацией. Она связана с «прямой» информацией не предметной логикой, а «логикой эмоций». Именно по этой причине сочетания слов, не имеющие смысла с точки зрения обычного языка, становятся понятными в поэзии.

Попытаемся непосредственным анализом поэтических строк пояснить эту абстрактную и довольно трудную мысль.

Вернемся еще раз к той строфе Есенина, которую мы цитировали в начале статьи. Первые две строки

Я теперь скуперее стал в желаньях,  
Жизнь моя, иль ты приснилась мне?

содержат информацию о возникшей скупости желаний и о том, что прошедшая часть жизни поэту кажется сном.

Возьмем затем следующие две строки, опустив, однако, первое слово; мы прочтем:

... я весенней гулкой ранью  
Проскакал на розовом коне.

В приведенном нами виде эти строки содержат информацию о том, что автор в гулкое весеннее утро проскакал на коне розового цвета, т. е. информацию, содержание которой не имеет смысловой связи с информацией, содержащейся в первых двух строках. Однако опущенное нами первое слово третьей строки «словно» полностью исключает всякие недоумения. Оказывается, Есенин в последних двух строках вовсе не сообщает читателю о том, что он скакал на розовом коне; эти строки, присоединен-

ные к первым двум с помощью слова «словно», означают, что прошлая жизнь кажется поэту сном, насыщенным такими же эмоциями, которые могут возникнуть, если скакать ранней весной на розовом коне. Следовательно, не содержание двух последних строк, а только возбуждаемые ими эмоции присоединяются к первым двум строкам строфы. Иначе говоря, последние две строки служат эмоциональной подкраской первых двух. Не связь содержания, а связь, создаваемая логикой эмоций, делает рассматриваемую строфу цельной и в высшей степени поэтической. Ясно, что первые две строки содержат в основном «прямую» информацию, а последние две — только «образную»; эмоциональное же звучание всех четырех строк объединяется в единый поэтический аккорд.

Обращаясь к первой строфе другого стихотворения Есенина:

Да! Теперь решено. Без возврата  
Я покинул родные поля.  
Уж не будут листвою крылатой  
Надо мною шуметь тополя, —

мы без затруднений обнаруживаем, что первые две строки содержат «прямую» информацию о том, что поэт окончательно решил покинуть родные места, а две следующие строки содержат только «образную» информацию, говорят об эмоциональной окраске принятого решения, о застенном чувстве сожаления.

Интересно отметить, что две последние строки, взятые изолированно, выражают эмоции сожаления, однако без указания повода, который остается в известной мере неопределенным. В самом деле, эти строки можно было бы отнести, например, к засохшим или срубленным деревьям. Однако при сочетании этих строк с первыми двумя неопределенность исчезает: тополя не будут шуметь для автора стихов в результате его безвозвратного ухода из родных мест. Мы еще раз убеждаемся в неразделимости «прямой» и «образной» информации в стихе. Столкновение или взаимодействие этих двух видов информации порождает нечто новое, не содержащееся ни в «прямой», ни в «образной» информациях, взятых изолированно, рассматриваемых независимо друг от друга.

Мы привели относительно простые примеры, в которых «прямая» и «образная» информации очень отчетливо раз-

делены, и легко указать строки, в которых сосредоточена каждая из них. Однако нередко оба вида информации сложно переплетаются между собой, и столь простое их разделение становится невозможным.

Трудно и, видимо, не нужно давать исчерпывающего описания тех способов построения стиха, которые позволяют читателю отличить «прямую» информацию стиха от «образной», участвующей в стихе не своим буквальным смыслом, а эмоциями, вызываемыми в сознании читателя и окрашивающими «прямую» информацию. Во всяком случае, ясно одно: стихи должны писаться так, чтобы эта сторона вопроса не вызывала у читателя непреодолимых затруднений.

«Прямая» и «образная» информации должны присутствовать в каждом стихе. Однако относительные объемы этих видов информации могут быть весьма различными, и в этом отношении не может существовать каких-либо норм. Иногда «прямая» информация дается в виде только слабого намека, в одной или двух строках, а вся остальная часть стихотворения представляет собой «образную» информацию, которая вызывает ассоциации, необходимые для окраски «прямой» информации. Подобные стихотворения могут оказывать на читателя сильное воздействие, которое сходно с воздействием, испытываемым нами от музыкальных произведений. В качестве удачного примера можно указать на стихотворение Светланы Кузнецовой:

В сердце синий край растим  
С самого рожденья.  
Из чего река Витим?  
Из синих отражений?  
Из чего река Витим?  
Может, из раздумий?  
Хочешь, завтра улетим,  
Сто костров раздуем? ..  
Хочешь, просто погрустим,  
Никуда не деться...  
Из чего река Витим?  
Может быть, из детства?

Только две первые строки, к тому же не свободные от «образной» информации (синий край), содержат намек на «прямую» информацию о возрастающей с течением времени привязанности к родному краю. Последняя строка дополняет эту информацию, отсылая нас к детству. Остальные строки создают эмоциональный аккомпанемент, ас-

социрующийся с этой информацией. Они представляют собой поэтическую музыку. Мы в этом убедимся, если еще раз прочитаем стихотворение, однако опустив две первые и последнюю строки.

Итак, образное мышление — душа поэзии. Музыкальность речи, т. е. ее ритм, концевые и внутренние рифмы, ассонансы и другие формы организации стихотворной строки могут существенно усилить эмоциональное воздействие образов, но сами по себе они недостаточны для этого воздействия. Иначе говоря, музыкальность стиха не источник воздействия, а его усилитель, который становится бесполезным, если нечего усиливать. Без образов нет поэзии.

Все сказанное можно доказать опытным путем.

Для этого достаточно написать стихотворение, в котором выполнены ритмические требования, имеются рифмы, но нет образов, и мы сразу же убедимся, что такое стихотворение нельзя назвать поэтическим произведением.

Появившиеся некогда в печати стихи Е. Соколовой и Г. Семенова «У пионерского костра»:

Жук трижды в год плодится тихо,  
Его родня растет, растет,  
До 800 яиц жучиха  
В урочный час всегда кладет.  
На вид он маленький, неброский,  
Лишь в сантиметр величиной,  
На крыльях желтые полоски,  
Их десять — признак основной... и т. д. —

— представляют собой такой пример. Приведенный текст обладает формальными признаками стиха. Однако отсутствие образов полностью исключает эмоциональное воздействие, углубляющее информацию. Мы имеем дело с зарифмованными сведениями из учебника энтомологии; причем стихоподобная подача этих сведений нас не обогащает и в лучшем случае только облегчает их запоминание.

С другой стороны, свободный стих, без рифм и лишенный ритмической жесткости, но написанный образным языком, может быть подлинным поэтическим произведением. В качестве примера приведем стихотворение эстонской поэтессы Элен Нийт в авторизованном переводе Юнны Мориц:

Время крылато, любимый,  
Дни взлетают с ладони, как птицы.  
Осень пришла.  
Прощаясь, кричит караван журавлиный  
У самого неба.  
Береза роняет  
Осенние листья,  
И падают звезды ночами  
С небесных ветвей.  
Иди поскорее сюда, соберем  
Все то, что оставило лето,  
Отведаем сладкую мудрость плодов  
И будем хранить у себя до весны  
Семена.  
И я бы хотела,  
Чтоб несколько листьев  
Осталось на память  
Об осени этой.

Поэзия возникла естественным образом, в результате определенных потребностей человеческого интеллекта. Изложенный выше анализ показывает, что, опираясь на первичные связи между информацией и эмоциями, поэзия представляет собой искусство, позволяющее целенаправленно создавать новые связи между эмоциями и информацией, передаваемой с помощью слов.

Естественно возникает вопрос: для чего это нужно и какие запросы человека при этом удовлетворяются?

На этот вопрос можно ответить следующим образом. Информация, возникающая при восприятии внешнего мира или содержащаяся в какой-либо мысли, и эмоциональный аккомпанемент к этой информации представляют собой отдельные стороны единого целого. Конечно, эмоции, выражающие наши отношения к предметам и событиям внешнего мира, возникают в нас самих, и в этом смысле они субъективны. Но в то же время они непроизвольны и представляют собой субъективные переживания, обусловленные объективными свойствами внешних предметов и событий.

Эмоциональный аккомпанемент необходим для передачи таких оттенков информации, которые чисто логическими средствами неперередаваемы. Эмоциональная окраска информации углубляет ее восприятие, делает это восприятие живым, позволяет ощутить отношение к ней и, следовательно, выработать ответную реакцию. Информация, лишенная эмоциональной окраски, мертва. Путем соединения информации с эмоциями в челове-

ском сознании осуществляется целостный синтез внешнего объективного воздействия с внутренним субъективным ощущением возможного или необходимого ответа на это воздействие. Слушая стихи или музыку, всматриваясь в картины или скульптурные портреты, присутствуя при развитии хореографического действия и т. п., мы испытываем это и в той мере оцениваем произведения искусства, в какой отраженные в них эмоции и переживания становятся нашими собственными внутренними переживаниями.

Трудно привести исчерпывающий перечень и классификацию конкретных задач, решаемых с помощью поэзии и других искусств. Однако отдельные важные случаи следует отметить.

Не каждый человек может писать стихи или сочинять музыку, но в жизни каждого человека бывают минуты, достойные отображения в поэзии или в музыке. В таких случаях человек нуждается в поэзии, способной воспроизвести в нем нечто близкое к тому, что им самим было пережито и что составляет внутреннюю ценность его эмоциональной биографии. Затем с помощью поэзии человек может пережить то, что ему переживать не приходилось, но что достойно переживания. Не только накопление информации, но и накопление пережитых эмоций совершенствует интеллект человека и делает его более сильным. Отсюда становится ясным одно из значений огромного эмоционального фонда, содержащегося в поэзии, музыке и других искусствах.

Очень велико значение поэзии как дополнительного средства для выражения идеологии общественных движений или крупных исторических событий. Не случайно революционеры прошлого тянулись к поэзии и, не будучи профессиональными поэтами, писали стихи. В качестве ярких примеров можно указать на Николая Морозова и Веру Фигнер — они были авторами стихов, хорошо выражающих настроение революционеров своего времени.

Если же говорить о месте поэзии в дни больших и трудных исторических событий, то следует вспомнить о той огромной роли, которая принадлежала поэзии в 1941—1945 гг., когда она помогала нам формировать наше отношение к событиям войны и отображала это отношение. В те годы советская поэзия вдохновляла бойцов на воинские подвиги и помогала советским людям в тяже-

лых условиях войны не только сохранить человеческое достоинство, но и достичь моральных высот. Этот абсолютно очевидный факт не требует особых доказательств, достаточно вспомнить хорошо известные военные стихи Симона, Берггольд, Суркова и многих других поэтов.

Даже абстрактные научные концепции или философские истины окрашены в нашем сознании аккомпанементом эмоций, которые очень трудно описать. Научные положения и философские истины являются для нас не только предметом понимания, но и предметом чувствования. Очень часто не только содержащаяся в научной или философской истине информация, но и чувства, переживаемые нами в связи с этой информацией, позволяют нам оценить мысль, понять ее глубину и значительность.

Знакомство с дарвиновской теорией естественного отбора и борьбы за существование определенно вызывает ощущение органического мира как бурной, страдающей, но победоносной стихии.

Изучение теорем небесной механики порождает чувство, которое можно назвать одним из оттенков ощущения космоса.

Стройное развитие логики математической концепции создает ощущение, родственное чувству, испытываемому от музыкальных произведений Баха.

«В научном мышлении, — писал Эйнштейн, — всегда присутствует элемент поэзии. Настоящая музыка и настоящая наука требуют однородного мыслительного процесса».

Для выражения чувств, озаряющих и углубляющих отвлеченную мысль, поэзия открывает изумительные возможности. Она может не только воспроизвести эти чувства, но и значительно их усилить, не внося искажений.

Мы видели, что задача поэзии состоит в передаче представлений о природе, исторических событиях, общественных целях, внутренней жизни человека и т. п. посредством информации, окрашенной эмоциональным аккомпанементом, дающим оценку этой информации или выражающим определенное отношение к ней. Поэзия представляет собой вид литературы не столько сообщающей, сколько воздействующей.

Но чем руководствуется поэт при создании образов, необходимых для решения конкретной поэтической задачи? Очевидно, непосредственным ощущением тех зако-

номерных (по нашему мнению, неформализуемых) связей, в силу которых в человеческом сознании эмоции ассоциируются с информацией. Иначе говоря, задача написания стиха, способного оказать нужное эмоциональное воздействие, решается эмпирически. Поэт, сочиняя стихотворение, проверяет его воздействие на самом себе и, руководствуясь собственным восприятием, видоизменяет и редактирует стихотворение в процессе его написания. Поэтому нельзя написать стихотворения, не обладая даром восприятия поэзии.

Таким образом, *существует прямая и обратная связь между автором и создаваемым им стихом, в результате которой и возникает поэтическое произведение.*

Изложенные нами мысли позволяют правильно оценить возможности кибернетической, или, лучше сказать, «машинной», поэзии.

Машина может создавать тексты, в которых соблюдены ритмические правила и правила рифмования. Машина может использовать заданный объем информации и вложенный в нее запас образных выражений. Сочетание информации, образов, ритма и рифм может быть запрограммировано и не быть произвольным. Это в сущности все или почти все, что может сделать кибернетическая машина, создающая стихи.

Но самое главное, что нужно для написания подлинных произведений поэзии, машине недоступно, если эта машина не является человеком.

У машины нет потребности в стихах, она не воспринимает своих стихов. Между машиной и создаваемыми ею стихами нет обратной связи; машине недостает интеллекта, способного на себе испытать обратное воздействие собственного творчества.

Кроме того, машина не воспринимает тех явлений и событий внешнего мира, которые испытывает человек и которые дают пищу его поэзии. Машина не участвует в событиях жизни в том смысле, в котором участвует в них человек, и поэтому не может на основе жизненного опыта и внутренних переживаний контролировать свою поэзию с помощью обратной связи, необходимой как для выбора, так и для оценки образов, используемых в стихе для эмоциональной окраски информации.

Заданная машине программа может несколько ограничивать случайное чередование информации и образов

в текстах, создаваемых машиной, но этого ограничения недостаточно для возникновения той «эмоциональной логики», которая целенаправленна и является существом всякого поэтического произведения. Конечно, случайно в машинном стихе могут возникнуть отдельные строки, не лишённые намека на поэтическую логику и даже обладающие ею, но, как всякая случайность, это будет не правилом, а исключением — и притом довольно редким.

Фактические примеры машинных стихов подтверждают наши мысли.

Вот пример стихотворения, созданного машиной «R. C. A.-301», которую научили писать белые стихи:

Пока слепо плыл сон над разбитыми надеждами,  
Космос болью сочился над разбитой любовью,  
Был из скрытых людей свет твой медленно изгнан,  
И небо не спало.

А вот другое произведение той же машины:

Все девушки рыдают, словно тихие снега.  
У ложа эта девушка не будет плакать.  
Дожди суть глупые любовники, но я не робок.  
Запнуться, простонать, идти, та девушка плыла  
Под парусом и в конторе.  
Не показные, свежие, глухие поцелуи  
Не слишком сыры.  
Та девушка нежная и немая.

Интересны реакции читателей на такие стихи. Хотя они и не производят большого впечатления, но все же иногда воспринимаются как поэтические произведения среднего уровня, правда, не вполне понятные. Я пытался выяснить причины такого отношения. Оказалось, что это объясняется некоторой неуверенностью читателя, которая, как это ни странно, воспитана наглостью посредственных и неряшливых поэтов, жонглирующих образами и склонных удивлять непонятной и мнимой глубиной, якобы не всем доступной. Многие читатели, не понимая таких авторов, относят это на свой счет, полагая, что они не обладают необходимым уровнем поэтической культуры и не доросли до понимания более сложных форм поэзии.

Слишком частое проникновение в печать стихов, написанных на уровне машинной поэзии, способствует распространению этого несправедливого и унижительного представления и мешает читателю правильно оценивать

машинную поэзию и ее возможности. Читатель чувствует, что машинной поэзии трудно достигнуть уровня настоящей человеческой поэзии. Но при этом он обычно забывает, что стихи, написанные человеком, не обязательно превышают уровень машинной поэзии. Поэтому, заметив сходство машинного произведения с теми или иными стихами какого-либо поэта, читатель склонен считать, что в этом случае машине удалось приблизиться к уровню человеческой поэзии, а не человек опустил до уровня машинной поэзии.

Но есть одна область эмоциональных переживаний, в которой невозможно кого-либо обмануть, — это чувство любви. Поэтому, если поручить машине написать не стихотворение, а объяснение в любви, то сразу же отчетливо обнаружится уровень машинной лирики. Вот, например, текст любовного послания, написанный электронной машиной Массачусетского университета — «МУК»:

«Мое маленькое сокровище! Моя вразумительная привязанность чудесно привлекает твой ласковый восторг. Ты мое любящее обожание, мое распирающее грудь обожание. Мое братское чувство с затаенным дыханием ожидает твоего дорогого нетерпения. Обожание моей любви нежно хранит твой алчный пыл. Твой тоскующий Мук».

Ничего, кроме иронической улыбки, этот лирический текст вызвать не может. Однако если бы машина написала этот текст в форме белого или рифмованного стиха, то почувствовать его примитивность было бы, вероятно, несколько труднее. Многие нелепости могли бы показаться условностями поэтического языка.

Машина может быть исследовательским орудием, полезным для анализа стиха и выявления его формальных и структурных особенностей, но поэтом она быть не может.

## ПОЧТИ ФАНТАСТИКА

### ТЕРМОДИНАМИКА, ИНФОРМАЦИЯ, МЫШЛЕНИЕ

*Кандидат физико-математических наук*

А. МИЦКЕВИЧ

#### Где находится механизм мышления?

Чем человек мыслит? Утверждение о том, что человек думает головой, стало уже ироническим трюизмом, и сомнения относительно правильности этого утверждения давно оставлены. Однако на протяжении нынешнего века вопрос дискутировался два раза: в связи с проблемой «головы профессора Доуэля» и в связи с появлением «мыслящих» машин. Анализ возможности мыслить головой, отделенной от целого организма, несколько усложнил понимание проблемы, ибо выяснилось, что в процессе мышления принимает участие не только мозг, но и вся нервная система, для которой кора головного мозга является своего рода «пультом управления».

Одним словом, кажется, что мыслит *весь* человек, а не его отдельная часть. Это подтверждается еще и тем, что многочисленные попытки локализовать в мозгу «орган мышления» оказались безуспешными.

«Мыслящие» машины заставили посмотреть на проблему с другой стороны: обязательно ли вместилище мышления должно иметь биологическую природу или не имеет принципиального значения, из какого материала изготовлен орган мышления. Не могут ли им быть полупроводни-

ковые диоды и триоды, радиолампы или пневматические элементы счетно-решающих машин?

В шумной дискуссии относительно возможности создания «мыслящей» машины из небιологических элементов ультракибернетики совершенно исключали из рассмотрения *сознание* и концентрировали внимание на конечном результате, т. е. на умозаключении, которое может сделать электронная машина, обеспеченная надлежащим объемом исходной информации и алгоритмом ее обработки. Выражение «обработка информации» как-то само по себе стало синонимом мышления, хотя это вовсе не так.

Как бы то ни было, коре головного мозга принадлежит решающая роль в процессе мышления, и, вероятно, науке предстоит раскрыть лишь более глубоко эту роль, но ни в коем случае не отрицать ее. Сторонники «мыслящей» машины не без основания исключают из рассмотрения индивидуальные духовные качества человека и машины, заявляя, что они находятся вне компетенции науки, так как никто не может «влезть в чужую душу», машинную или живую, и убедиться, что она мыслит. Признание за «чужими мозгами» способности мыслить является скорее вопросом вежливого соглашения, а не научного доказательства.

## Атомы, молекулы и мозг

Всем также известно, что человек и, естественно, все части его тела состоят из атомов и молекул. Из этого обстоятельства делались далеко идущие выводы.

Опираясь на атомно-молекулярную структуру мозга, американский математик Маккалок, например, писал: «Поскольку природа уже дала нам работающую модель, нам не нужно спрашивать теоретически, могут ли быть построены машины, обрабатывающие информацию, подобно мозгу».

Другими словами, атомно-молекулярная структура мозга якобы гарантирует на все сто процентов возможность построения искусственного мозга. Правда, ученый оставляет логическую лазейку, говоря лишь о машинах, «обрабатывающих информацию, подобно мозгу».

Другой, не менее яростный сторонник машинного мышления У. Эшби в своей книге «Конструкция голов-

ного мозга» утверждает, что знания «элементарных физико-химических событий в живом организме» достаточны для описания всех биологических явлений.

Мышление — несомненно, биологическое явление, и поэтому оно должно подпадать под атомно-молекулярное описание. А когда наука установила, что сложные молекулы ДНК и РНК способны выполнять функцию хранения и передачи информации, это еще больше утвердило веру в то, что сложные информационные процессы, в том числе и мышление, осуществляются атомно-молекулярными механизмами.

Однако еще Ленин прозорливо высказывался против возможности вульгарно-материалистического описания сложных явлений природы. Это всегда нужно помнить, особенно если идет речь о таком сложном и таинственном явлении, как интеллектуальная деятельность человека.

В 1966 г. доктор химических наук Н. И. Кобозев пришел к выводу, который по-новому ставит проблему раскрытия мыслящего начала человека<sup>1</sup>. Чтобы гипотеза Н. И. Кобозева стала понятной, надо проанализировать вопрос с точки зрения термодинамики — наиболее общей науки о молекулярно-кинетических системах. Если информационная и мыслительная деятельность действительно связаны с атомно-молекулярными механизмами, то на них должны распространяться все законы термодинамики и, в частности, закон сохранения энергии и закон возрастания энтропии. Атомы и молекулы мозга находятся при температуре около 310° К и, следовательно, пребывают в интенсивном тепловом движении. Работа информации и работа мышления каким-то образом противостоят хаотической «броунизации» атомов и молекул, придавая всему процессу направленный характер.

Таким образом, проблема заключается в следующем: каким образом броунирующая атомно-молекулярная система, каковой предположительно является мозг в термодинамическом смысле, «стыкуется» с известными сейчас закономерностями информации и мышления.

<sup>1</sup> См. Н. И. Кобозев. О физико-химическом моделировании процессов информации и мышления. — «Журнал физической химии», 1966, № 2.

## Энтропия и информация

Энтропия — одно из сложных понятий термодинамики, которое часто ставит студентов в тупик. В процессах, происходящих без дополнительного притока энергии извне (изоэнергетические процессы), уменьшение внутренней энергии системы сопровождается пропорциональным увеличением энтропии и наоборот. Во всех известных самопроизвольных физических процессах энтропия стремится к возрастанию, и этот факт явился причиной более глубокого анализа энтропии. Такой анализ и был выполнен в прошлом столетии Больцманом. Оказывается, энтропия выражает вероятность физической системы находиться в данном состоянии.

Что это значит?

В любом физическом, химическом или биологическом процессе принимают участие атомы и молекулы. В каждое мгновение их тепловое движение создает ситуацию (состояние), не похожую на ту, которая была секунду назад. Так вот, энтропия является мерой перехода тела, или системы тел, из менее вероятного состояния в более вероятное, из менее устойчивого в более устойчивое. При этом энтропия возрастает.

Возрастание энтропии не есть что-то таинственное. Оно непосредственно вытекает из атомно-молекулярной структуры всех тел во Вселенной, а поскольку атомы и молекулы всегда пребывают в движении, они стремятся разлететься по всему бесконечному пространству. Этого не произойдет только при одном условии: если прекратится всякое тепловое движение, т. е. при температуре абсолютного нуля. Тогда энтропия обратится в нуль. Но такого в природе быть не может.

Если энтропию считать мерой вероятности физической системы, а ее рост — переходом от большего порядка к меньшему, то можно сделать ряд обобщений. Важнейшее из них связано с появлением теории информации.

В теории информации, подобно термодинамике, в качестве меры информации вводится величина, связанная с вероятностью суждения о системе, и эта величина также называется энтропией. Дело здесь не только в формальной аналогии. Связь между энтропией системы и информацией, т. е. знанием о ее состоянии, значительно глубже.

Представим себе сосуд, наполненный водородом. С этим объемом газа можно проделать ряд опытов, определить его температуру, давление и показать, что все атомы совершают тепловое движение в данном участке пространства. Тем самым мы можем получить некоторую информацию о рассматриваемом газе.

Что случится, если сосуд открыть и дать возможность атомам водорода смешаться с окружающим воздухом? Энтропия газа начнет непрерывно возрастать, а наши сведения о нем с каждой секундой будут все более неопределенными, пока мы полностью не «потеряем его из виду», т. е. перестанем знать о нем что-либо конкретное! Выходит, с ростом энтропии уменьшается информация о системе!

Чтобы привести оба понятия к одной форме, информацию измеряют так же, как и энтропию, но только со знаком «минус». Аналогично термодинамической энтропии для уменьшения степени незнания о системе также нужно совершать работу — работу получения информации.

## Термодинамическая модель информации

Человеческое сознание является хранилищем разнообразной информации, почерпнутой в результате опыта или благодаря обучению. Этой информацией человек пользуется каждое мгновение в течение всей своей сознательной жизни. Она ему нужна для выполнения самых различных трудовых задач. Каждую секунду он извлекает из этого гигантского хранилища нужные сведения, как бы «забывая» об огромном количестве иной информации, которая ему может понадобиться в другие моменты его жизни.

Извлекая конкретную информацию из сознания, человек понижает энтропию всей системы, совершая при этом работу, в точности равную уменьшению первоначальной энтропии. Сознание, в котором хранится информация, можно представить себе в виде некоторого объема, где информация распределена определенным образом (например, «записана» в молекулах рибонуклеиновой кислоты). До того момента, пока усилием воли человек не выбрал из всего хранилища вполне определенную, нужную ему

в данный момент информацию, ее положение напоминает положение знакомого, об адресе которого нам ничего не известно. После совершения работы информации человек извлекает из сознания нужные ему данные, что соответствует переходу системы во вполне однозначное состояние, когда сознание зафиксировано только на одном «исходе» (т. е. на точном адресе).

Эти аналогии позволяют создать модель сознания, рассматривая его в виде некоторого объема, заполненного гипотетическим «шанс-газом», каждая из частиц которого представляет один из возможных исходов информационного поиска. Выбор необходимой информации сводится к переводу всех «шанс-частиц» в одну и сжатю всего объема до того значения, которое однозначно соответствует искомой информации.

Расчет термодинамической работы над таким «шанс-газом» приводит к значению, которое в точности соответствует работе информации, вычисленной американскими учеными Шенноном и Винером на основе общей теории информации. Моделирование информации в виде идеального «шансгаза» приводит к выводам, согласующимся с теорией информации, и из этого следует, что все информационные процессы могут совершаться на атомно-молекулярном уровне.

## Термодинамическая модель мышления

Информация в отличие от мышления не может появиться как продукт чистого умозаключения из других данных. Нельзя, не затратив никакой работы, просто стоя на перроне, путем «чистых» рассуждений узнать адрес знакомого. Путем умозаключений нельзя установить, где находится в данном объеме та или иная молекула газа.

Информационные данные логически независимы друг от друга, это как бы ниоткуда не выводимый набор «первичных», независимых сведений (в физической химии — «система невзаимодействующих частиц»).

Мышление (особенно в его предельной, формально-логической форме) оперирует с информационными данными по законам логики, и это напоминает химическое взаимодействие «разнородных» частиц газовой смеси, вступающих в реакцию по строго определенным зако-

нам. Результатом мышления является вывод, который можно записать. Туда входят различные элементы исходной информации. «Мышление возникает там, — считает Н. И. Кобозев, — где начинается акт суждения, как результат сознательного отбора исходных данных или посылок в виде некоторых сведений (информации), самоочевидных положений (аксиом) или определенных допущений (гипотез) и применения к ним некоторого алгоритма, сконструированного в согласии с законами логики».

При данной системе информации, аксиом и гипотез процесс мышления всегда приводит к однозначному выводу. Это очень важное свойство мышления. Оно аналогично некоторому самопроизвольному процессу, исход которого независимо от физических и химических свойств среды, где он происходит, всегда один и тот же.

Это как движение с горки по рельсовой дороге. Пункт прибытия не зависит ни от чего. Он определяется только стремлением системы перейти в устойчивое состояние.

Окончательный результат акта мышления — вывод или умозаключение — и есть устойчивое состояние сознания в термодинамическом смысле этого слова.

Удивительная однозначность окончательного результата мыслительной деятельности доказывает ее строго направленный, «спонтанный», векторный характер, по-видимому, не зависящий от хаоса броуновского движения атомов и молекул, из которых состоит вещество мозга, или любого другого механизма, где происходит мышление.

Умозаключения можно повторять бесчисленное число раз с одним и тем же результатом. Например, можно сколь угодно часто повторять доказательство теоремы Пифагора. Это значит, что вероятность термодинамической системы, которая осуществляет процесс мышления, всегда равна единице, что отвечает единственно возможному состоянию ответственных за мышление микрочастиц, их полной упорядоченности и неподверженности тепловому хаосу.

Следовательно, логические суждения принципиально безэнтропийны (упорядочены и однозначны). А это физически соответствует только одному условию: частицы, из которых построен аппарат мышления, должны находиться при температуре абсолютного нуля!

«Отсюда, — говорит Н. И. Кобозев, — вытекает вывод принципиальной важности: механизм мышления не мо-

жет находиться на атомно-молекулярном уровне, осуществляемом известными нам частицами».

Этот вывод ученый сопровождает многозначительным замечанием. Отвергнув электронный газ высокой плотности в качестве «ответственного» за мышление, он пишет:

«Однако нельзя считать, что все виды частиц и статистик исчерпаны и что не могут быть найдены новые легкие частицы со свойствами и статистикой, обеспечивающими безэнтропийность их совокупности при обычной температуре и малой плотности. Нейтрино с полужелым спином (фермион), с отсутствием заряда и нулевой массой как будто уже приближается к этим требованиям».

### Фантастика и гипотеза

В 1962 г. я написал научно-фантастический памфлет «Прямое доказательство», в котором некий физик-теоретик, рассмотрев все «объективные» свойства души — ее бессмертие, неуничтожаемость, вездесущность и прочее, пришел к выводу, что нейтрино — единственная материальная частица, из которой может быть построена душа. У этой частицы заряд равен нулю, масса тоже нулевая, время жизни — бесконечность, взаимодействие с обычным веществом практически отсутствует.

Конечно, это была шутивная догадка. Однако против нейтрино есть более серьезные аргументы. Для мышления требуется исходная информация, которая, как сказано выше, «записывается» на атомно-молекулярном уровне. Следовательно, при каждом акте мышления нейтрино должно взаимодействовать с атомами и молекулами. Однако расчеты показывают, что вероятность такого взаимодействия ничтожно мала и увеличивается с увеличением энергии нейтрино. Какой же энергией должны обладать эти частицы, чтобы так четко и однозначно осуществлять процесс, непрерывно происходящий в нашем мозгу?

Оставив в стороне вопрос о взаимодействии нейтрино с атомами и молекулами, следует обратить внимание на то, что эта частица обладает собственным вращением (спин). То, что спин элементарной ядерной частицы каким-то образом связан с процессом мышления, в порядке гипотезы высказал английский ученый Боуэн еще в 1961 г. Им был сформулирован некий новый принцип —

принцип выводимости, согласно которому все наблюдаемые макроскопические свойства тел должны выводиться из элементарных свойств ядерных частиц. Заряды частиц отвечают за электрические токи, энергетические уровни атомов — за свойства твердых тел, кинетическая энергия и импульс — соответственно за температуру и давление и т. д.

В каких макроскопических проявлениях обнаруживается спин? «В мышлении», — отвечает Боуэн.

«Поиски мышления» на уровне элементарных ядерных частиц — нечто новое в современной науке. Если удастся прямым экспериментом показать, что гипотеза, о которой здесь говорится, верна, тогда все проблемы, связанные с биологической наукой, особенно с биохимией, придется рассматривать совсем с другой точки зрения.

Может оказаться, что интимные проявления жизни не ограничиваются суммированием элементарных физико-химических процессов, и тогда многие из так называемых загадочных явлений в органической природе перестанут быть загадочными.

И дело не столько в том, чтобы доказать или опровергнуть наличие тех или других загадочных явлений, сколько в разработке совершенно новых путей подхода к объективному исследованию психического.

## МАШИНЫ БУДУЩЕГО

*Академик*

А. ДОРОДНИЦЫН

В наш век техники проблема взаимоотношений человека и машины занимает умы и ученых, и школьников, и социологов, и писателей, и философов, словом, всех людей, которые «не хлебом единым сыты». Это естественное влияние бурного технического прогресса, и любопытно здесь вот что.

Быстрый прогресс характерен для самых разных отраслей техники, но только с одним типом машин связан вопрос об их отношении к человеку — вопрос, который грубо можно сформулировать так: за кем же останется победа?

В самом деле, всем хорошо известно, что создаются турбогенераторы мощностью в 500 тыс. *квт* и больше. Человек при максимальном напряжении может развивать мощность только в  $\frac{1}{10}$  *квт*, значит, машина заменяет физическую силу 5 млн. людей. Но могущество механизмов такого рода никого не пугает.

Давно прошло время, когда люди боялись паровоза (кстати, он тоже был страшен не из-за скорости передвижения, но в силу некоей иллюзии неуправляемости). Давно уже ясно, что любая из машин силовых, если так можно выразиться, будет с неизбежностью подчинена человеку и вообще не сможет без него включиться в деятельность (даже если это самая мощная и страшная военная машина).

Только самая, казалось бы, безобидная вещь — электронно-вычислительная машина, которая тихо стоит в комнате, кажется человеку неуправляемой и потому страшной сама по себе. Дело в том, что вычислительные машины представляют собой новое качество в сравнении со всем, что было прежде изобретено человеком. Они увеличивают не физическую силу человека, они усиливают его интеллект.

Пока электронно-вычислительные машины делают первые шаги. Они только считают, производят простейшие логические операции. Они остаются еще совершенно безвольными, выполняя лишь то, что человек им прикажет. И все-таки уже сейчас ясно: в принципе этим машинам человек может поручить любую вычислительную работу. На этот счет теперь ни у кого сомнений нет. Больше того: известно, что можно создать и такие машины, у которых будут собственные чувства.

Простейшие чувства — это физические ощущения. Машина может воспринимать их дифференцированно. Машина, снабженная всевозможными акустическими, оптическими, тепловыми приборами (аналогами наших органов чувств), может воспринимать окружающую обстановку и оценивать ее. Но это, разумеется, лишь при условии, что конструктор наделит ее такими свойствами — введет в схему машины соответствующие устройства.

Вопрос восприятия можно уже считать технически решенным. Сейчас многие математики и кибернетики занимаются проблемой распознавания образов машиной. Машина сама должна осознать, какие именно образы она

восприняла. Есть машины, которые распознают печатный текст, буквы, звуки. Можно сделать так, что эти воспринятые и расшифрованные машиной образы будут связаны в ней с определенными эмоциями. В зависимости от характера восприятий и их оценки машина предпримет те или иные действия. Можно заложить в нее и волю — задать в программе определенную цель существования этой машины.

Так по всем позициям машина может стать моделью человека.

В возможности добиться этого теперь сомневаются лишь немногие. Марксизм утверждает, что мир познаваем, что все процессы в нем имеют материальную основу. Психические процессы также имеют материальную основу и также познаваемы, а это значит воспроизводимы. Больше того: поскольку процессы в технике могут быть стремительнее, чем процессы биологические, значит, и искусственный мозг можно сделать совершеннее нашего.

Итак, возможны мыслящие автоматы, роботы. В принципе возможны и машины, противостоящие человеку. Из этой принципиальной возможности возникают социологические теории полуфантастического характера о том, что в будущем возникнет общество машин, которое поработит человечество. Такие теории и находят отражение в пессимистических романах научных фантастов. Это бегство от живой жизни. И вместе с тем полное неумение отделять абстрактные возможности от реальных, которые определены реальными условиями создания машины, законами прогресса.

В жизни ведь все происходит отнюдь не так примитивно, как в фантастических романах. Только по воле писателей некий великий изобретатель, капитан Немо или Человек-невидимка, создает в одиночку какую-то особую сверхмашину. В жизни так не бывает. Машины создаются не отдельным человеком, но человечеством. И не одной маленькой лабораторией, но громадными коллективами.

Скажем, в нашей стране есть крупнейший конструктор вычислительных машин академик Сергей Алексеевич Лебедев. Все мы восхищаемся его талантом и трудолюбием. Но и он ничего бы не смог сделать, если бы был один, без своего большого коллектива (сколько крупных институтов заняты разработкой физических и техноло-

гических основ машин!). Вряд ли можно повернуть их всех к коллективному самоубийству.

Конечно, пока в мире есть государства, где общество разделено на антагонистические классы, могут найтись и какие-то группы людей и даже государств, которые захотят использовать мощь машин во вред человеку. Но и эти машины человечество сумеет обуздать. История показывает, что даже тогда, когда машины создавались для уничтожения человека, они при дальнейшем развитии все равно становились нашими помощниками.

Взять хотя бы самолеты. Впервые их применили на фронтах для уничтожения человека. А сейчас самолеты верно и мирно служат людям. Ракеты тоже нашли первое применение в войне, а сейчас работают и в метеорологии, и в топографии, и в связи. Исследование космоса ракетами — работа мирная. Мирным стал даже расщепленный атом. За бомбой пришла электростанция. Так произошло потому, что силами атома управлял не одинокий Немо. Человечество неизменно оказывается умнее и сильнее отдельных личностей и в конце концов превращает в мирное орудие даже то, что создавалось со злым умыслом.

Надеюсь, однако, что электронно-вычислительным машинам не придется менять профессию и превращаться из друзей во врагов. Мыслящие роботы, по-видимому, будут созданы уже тогда, когда человечество социально станет намного совершеннее, чем сейчас.

Но, если машины будут иметь собственную волю, не превратятся ли они сами по себе во врагов человека? Нет, человек в состоянии надежно обеспечить подчинение машин, дав им с самого начала нужную целевую установку. Скажем, очень неглупые существа собаки верно и сознательно служат человеку. Даже когда человек бьет собаку, она все-таки любит его и служит ему (вспомните чеховскую Каштанку, убежавшую от доброго хозяина к худшему, потому что он был первым, к которому она привязалась). Собака жертвует собой на благо хозяина, его интересы она неизменно ставит выше своих. В собачьей природе привязанность к человеку — это заложенная в ней программа.

Привязанность — один из видов эмоций, его вполне можно воспроизвести в машине. Так и поступят творцы машин, если это будут нормальные, гуманные люди.

Развитие человека, его свойства — и плохие, и хорошие — все это обусловлено инстинктом самосохранения. Это основная универсальная целевая установка человечества, инстинкт, развившийся за миллиарды лет истории Земли. По-видимому, с помощью естественного отбора выживали лишь те, у кого эта целевая установка была сильной. И от этого инстинкта человечеству не избавиться; руководствуясь им, оно обязательно обезопасит себя от машин, заложив в них столь же прочную идею, целевую установку, направленную на сохранение хозяев. Человек создает машины с обратной связью. И обратная связь будет направлена на то, чтобы машина сама находила пути для выполнения главной целевой установки, определенной человеком.

Вот почему меня совсем не пугает эра «мыслящих» машин. Я думаю, что они действительно сильно увеличат возможности человека. Ведь даже сейчас машины уже делают многое. Новая техника была бы просто невозможной без них. Капиталистические страны пытаются даже избежать кризисов, используя машины. С их помощью производят анализ и прогноз рыночной конъюнктуры, анализ и прогноз спроса на товары. Это позволяет фирмам в известной мере приспосабливаться заранее к ожидаемым изменениям. Конечно, трудно сейчас оценить, что дает такого рода использование машин, так как эффект этих прогнозов маскируется наркотическими впрыскиваниями в экономику огромных военных заказов. В социалистических государствах машины помогут организовать абсолютно рентабельное хозяйство, дадут возможность оптимально планировать его.

Очень возможно, что в будущем машины будут обладать эмоциями, а это еще увеличит их возможности. Ведь эмоции даны человеку природой для быстрейшего достижения цели в трудных условиях, скажем, при нехватке информации и нехватке времени для сознательного анализа ситуации.

Проблема моделирования психики включает моделирование эмоции. В связи с этим интересны попытки моделировать творчество. Скажем, машина может компоновать мелодии. Иногда получаются примитивные буги-вуги, а иногда — совсем неплохо. Вероятно, если заложить в машину вдохновение, она создаст совсем хорошую музыку.

Но мы пока еще, к сожалению, не знаем, в чем состоит тайна вдохновения. Я не поэт и не композитор, поэтому не берусь судить, как вдохновение приходит к ним. Мне понятнее сущность вдохновения в научной работе. Ученого интересует какая-то проблема, он много над ней думает, постоянно накапливает связанную с ней информацию, ищет пути ее решения. Этот процесс накопления информации тянется долго — многие месяцы, может быть, годы. Но вот, наконец, накапливаемая информация достигает необходимой полноты, тогда становится ясным путь решения проблемы.

Естественно, ученого охватывает при этом чувство радости, переходящее, может быть, даже в экстаз, он забывает обо всем постороннем, полностью погружается в работу и в течение немногих дней делает то, на что раньше, казалось, безуспешно затратил годы. Мы говорим о таком состоянии ученого — «пришло вдохновение». Если же расшифровать его без иллюзий, то оказывается, что произошел переход количества в качество: накопленная информация достигла полноты, необходимой для решения проблемы. Накопление информации и опыт плюс определенная целевая установка и желание — все это может быть запрограммировано в машине.

Конечно, будуще наши творения мало будут походить на сегодняшние вычислительные машины. Они будут отличаться от них больше, чем арифмометр от самой совершенной современной машины.

Но пугать это может только людей, низко оценивающих разум и волю человека.

## В СИМБИОЗЕ С РОБОТОМ

*Доктор физико-математических наук*

К. ФИАЛКОВСКИЙ

(ПОЛЬША)

Основной и не новый вопрос, который получил особое значение во времена развития электронно-логических устройств, звучит так: «Может ли машина мыслить?» Чтобы на него ответить достаточно точно, следует предварительно по возможности четко определить, что мы

понимаем под словом «мыслить». В приведенном контексте этот вопрос вызывает множество дополнительных проблем, что в свою очередь приводит к бесчисленным дискуссиям и не совсем однозначным выводам. Мне представляется, что гораздо удачнее была бы иная постановка проблемы: «Можно ли создать приспособление, возможности которого были бы сравнимы с возможностями человеческого мозга?» Одно такое приспособление, как мы знаем, уже работает — это сам человеческий мозг.

Разумеется, все зависит от индивидуальных взглядов на подобные вопросы, однако, во всяком случае по моему мнению, в процессе эволюционного формирования человеческого мозга не было таких условий, которые невозможно было бы повторить. Следовательно, предпринимая работы в этом направлении, мы должны ясно представлять себе, что решение проблемы создания мыслящего приспособления является лишь вопросом времени. Если в качестве прототипа мозга принять нервные системы простейших животных, то эволюционный процесс формирования интересующего нас устройства длился свыше миллиарда лет. Однако следует помнить, что наша цивилизация, разрешая проблему создания мозга, располагает в сравнении с эволюцией неизмеримо большими возможностями. Во-первых, она не действует эволюционным методом проб и ошибок, который наверняка не был стечением счастливых обстоятельств в процессе формирования мозга. Кроме того, она имеет перед собой действующую модель одного из возможных решений и изучает принципы работы этой модели. Тем не менее я предполагаю, что даже в этих условиях, при сохранении современного темпа исследований конструктивное решение устройства для переработки информации, возможности которого были бы сравнимы с возможностями человеческого мозга, — это вопрос, скорее, сотен, нежели десятков лет. Быть может, я пессимист.

Разумеется, количество промежуточных проблем, которые должны быть разрешены, огромно. Напомню об одной — проблеме памяти соответственной вместимости. Норберт Винер предвидел, что эта проблема может быть разрешена путем использования в машинах памяти, созданной на основе нуклеиновых кислот, т. е. памяти, использующей тот же носитель информации, что и генетическая память животных.

В отличие от проблемы памяти, которую можно считать проблемой технического характера, существуют также проблемы логической структуры устройства. Джон фон Нейман, создатель теории игр и логически-арифметических принципов современных вычислительных машин, утверждал, что язык математики и логики, к которому мы привыкли, является вторичным и случайным в сравнении с логически-арифметическим языком, которым пользуется мозг. Отыскание этого «языка мозга» носит принципиальный характер при развитии работ над «мыслящими» машинами.

Я предполагаю, что изучение процесса переработки информации нашим мозгом приведет к пересмотру множества наших мыслительных привычек, которые мы склонны рассматривать как некоего рода абсолютные законы. Так, утверждение фон Неймана, что язык математики, которым мы пользуемся, является не абсолютной логической необходимостью, а лишь исторически обусловленной случайной формой выразительности, бросает, возможно, новый свет на арифметическо-логические основы наших современных вычислительных машин.

Иной проблемой, столь же связанной с будущим приборов, предназначенных для переработки информации в наиболее широком понимании этого слова, является проблема пределов возможностей нашего мозга.

Если существуют пути создания устройства, возможности которого сравнимы с возможностями нашего мозга, то сам собой напрашивается вопрос: можно ли создать устройство более совершенное, чем мозг? Этот вопрос приходит в столкновение с глубоко укоренившимся в нашем сознании убеждением, что мозг наш представляет собой приспособление предельно идеальное. Впрочем, это мнение — просто вывод из предположения, будто мы в состоянии решить любую проблему, сколь бы сложна она ни была. Любую ли?

Наиболее часто встречающимся аргументом в пользу ограниченности возможностей нашего мозга является то, что мозг состоит из конечного количества элементов, которые поэтому могут иметь лишь ограниченное количество взаимосвязей, т. е. производить лишь конечное количество действий.

Эта аргументация, хотя она и употребляется в качестве подтверждения справедливого тезиса, меня не убеждает

по той причине, что хотя количество связей и есть величина конечная, тем не менее четко выделить отдельные физико-химические состояния этих связей не так просто.

Гораздо более убедительными представляются мне аргументы, исходящие из эволюционных условий формирования мозга. В конце концов этапы эволюции того устройства для переработки информации, которым является наш мозг, определялись исключительно условиями среды, окружавшей нашего прапредка. Рассматривая вопрос статистически, можно сказать, что только такой мозг, который мог обеспечить оптимальное приспособление к существующим условиям, воспроизводился дальше в результате существования данного вида. Отсюда наше интуитивное ощущение законов геометрии, столь необходимое для результативного броска камнем или при выборе оптимального пути бегства.

Разумеется, такого рода эволюционное формирование нашего мозга было характерно для переходного периода становления человека, когда он формировался средой. Период человеческий, характеризующийся приспособлением среды к человеку, несомненно, также вызвал определенные эволюционные преобразования нашего мозга. Однако, как и в предыдущем периоде, эти преобразования происходили из действий в определенном — земном — окружении. Поэтому можно принять, что с эволюционной точки зрения человеческий мозг является специализированным устройством для переработки информации в условиях данной — земной — среды. Быть может, процесс эволюционной адаптации мозга к новым условиям продолжается и сейчас, но по сравнению с темпами развития техники он происходит настолько медленно, что его можно не учитывать. В конце концов, условно говоря, нет никакого различия между мыслительными возможностями современного человека и мыслительными возможностями древних греков или египтян.

Развивающаяся техника уже сегодня ставит перед нашим мозгом задачи, которые он не в состоянии разрешить. Шофер автомобиля в часы пик, не говоря уж о пилоте реактивного самолета, работает на пределе возможностей человеческого мозга. На этот раз речь идет об определенном пределе — границе скорости принятия логических решений. Выход из положения довольно прост: в граничных случаях функции шофера или пилота

принимают на себя машины, например автопилот. В отношении автопилота у нас нет никаких замечаний. Мы считаем, что здесь машина находится на своем месте.

А если мы дойдем по пределов концепционных возможностей человека? Ведь было бы необоснованным антропоцентризмом утверждать, что наш мозг, специализированный орган, приспособленный для переработки информации в условиях третьей планеты Солнечной системы — Земли, способен разрешать любые проблемы, которые человечество встретит, изучая космос и атом. То, что в 60-х годах XX столетия наш мозг, спорадически поддерживаемый примитивными автоматами, справляется с конструированием ракет, созданием музыки, управлением народным хозяйством и с теоретической физикой, ни в коей мере не доказывает, что так будет вечно. Скорее, это удачное стечение обстоятельств. Быть может, потенциальных возможностей переработки информации, скрытых в нашем мозге, будет еще достаточно на некоторый период. Однако на сколь долгий? Уже сегодня намечаются проблемы, сокращенно именуемые «информационным барьером», существования которых предыдущее поколение еще не предвидело. Быть может, уже перед следующим поколением встанет «концепционный барьер»?

Несомненно, выходом из положения будут приборы для переработки информации в том самом широком смысле, в котором таким прибором является наш мозг. Очевидно, это будут приспособления более специализированные, нежели наш мозг, в определенной области проблем — более совершенные, чем он, в других — не достигающие его возможностей. Это представляется наиболее рациональной концепцией из всех возможных, во всяком случае с точки зрения современного человека.

Когда появятся машины такого типа, мы окажемся перед лицом вполне актуальной проблемы — отношений человек — машина. Винер в последнем интервью, данном незадолго перед смертью, предостерегал от создания машин, не контролируемых человеком. При этом он в основном имел в виду машины, без человека решающие судьбы человека или даже общества. Быть может, такие машины не будут созданы; однако же, когда появятся машины, способные самостоятельно ставить перед собой проблемы, в том смысле, что это не будут проблемы, предусмотренные их конструкторами, машины, способные к совершен-

ствованию своей деятельности на основе полученной информации (пережитого опыта), — проблема сосуществования человечества с подобными машинами станет проблемой номер один нашей цивилизации.

Гипотез на эту тему — возможности подобного сосуществования — выдвинуто уже множество: от машин — послушных орудий человека, ничем не отличающихся от станка или автомобиля, до борьбы между человечеством и автоматами включительно. Эти крайние точки зрения представляются мне неоправданными: во-первых, потому что прежде чем дело дойдет до борьбы, должен наступить этап, во время которого человек будет иметь возможность сделать вывод, что дальнейшее совершенствование его детища может оказаться небезопасным. Разве что он не захочет этого вывода сделать и все решения, как говорил Винер, оставит в руках «Железного Яна».

Что касается проблемы отношений человек — машина, то у меня есть своя собственная точка зрения, которая, разумеется, является лишь одной из возможных гипотез. Однако из этой гипотезы следует, что борьба между человеком и автоматом невозможна. Лично я не верю в возможность такого столкновения. Не верю я также и в то, что автоматы с заложенными в их конструкции возможностями самосовершенствования и самостоятельной постановки проблем будут столь же просты в управлении, как, скажем, автомобиль.

Мне кажется, что выход из положения начинает в последние годы вырисовываться. Этот выход — биоэлектрические системы. Типичным примером в данном случае является мозг кошки, управляющий ракетой. Изолированная голова кошки наблюдает за экраном, на который проецируется объект, к которому стремится ракета, двигательные же нервы соединены с управлением двигателями ракеты. Импульсы, посылаемые мозгом, вместо того чтобы приводить в движение мускулы кошки, приводят в движение двигатели ракеты. П. М. Келли предвидит использование подобных биоэлектрических систем в 80-е годы для космических полетов, а в более далекой перспективе — реализацию более сложных систем такого типа.

Возникает вопрос: не является ли именно биоэлектрическая система решением проблемы сосуществования человека и автомата? *Сосуществования путем симбиоза?*

С одной стороны, человеческий мозг, соединенный

непосредственно с приборами для переработки информации, обретает возможности мыслительных операций над большим количеством данных со скоростью, о которой современный человек не может и мечтать, с другой — исчезнет проблема конфликта с автоматами, ибо при такого рода симбиозе нельзя будет определить, является ли устройство, перерабатывающее информацию, автоматом или же человеком в сегодняшнем значении этого слова. Такой вопрос попросту не будет иметь смысла.

Если так случится, возникнет новый человек, новое человечество, которое будет иметь с нами немного общего. Однако оно будет гораздо лучше приспособлено к познанию окружающего мира.

А может, это — закономерность, эволюционная закономерность приспособления белковых структур к жизни в космосе?

## КИБОРГ — ЧЕЛОВЕК КОСМИЧЕСКОЙ ЭРЫ

*Кандидат философских наук*  
И. АКЧУРИН

Эта гипотеза — дитя бионики, современной космонавтики и кибернетической медицины. Она говорит о путях эволюции рода человеческого и вместе с тем ставит глубочайшие философские вопросы: о том, где проходят границы, в пределах которых допустимо вмешательство науки в человеческое бытие, а где начинается область, вступать в которую никто не имеет права — даже все человечество в целом, даже с самыми благими намерениями.

Вопросы эти очень трудно решать — над ними уже давно бьются лучшие умы, но до сих пор в плане чисто теоретическом, философском. Только теперь они встали перед врачами, биологами и инженерами как практические задачи космической и кибернетической техники сегодняшнего и завтрашнего дня.

Кратко идея «технического усовершенствования» телесного бытия состоит в следующем. Уже сейчас инженеры-медики построили искусственное сердце, создали искусственные легкие, искусственные почки и другие вполне надежные электронно-механические «заменители»

важнейших органов человека. Есть все основания считать, что в ближайшие годы эти искусственные органы станут абсолютно надежными, вполне компактными и даже превзойдут по своей эффективности соответствующие естественные.

И тогда сделаем следующий шаг. Соберем заранее полную электронно-механическую модель человеческого тела и будем ждать. Вот машина скорой помощи доставляет в клинику безнадежно раздавленного в автомобильной катастрофе ученого. Жить ему остается всего несколько минут. Он в полном сознании, и сам понимает свое состояние: он биолог. И он решает, вернее решается, на беспримерный в истории человечества эксперимент. Его коллеги и товарищи с максимальной осторожностью и деликатностью, под глубоким наркозом меняют телесную оболочку его бытия. Его «я», его человеческая сущность, иными словами, его мозг остается живым, но теперь уже он функционирует в совершенно другой искусственно созданной квазибиологической системе.

Вот здесь и встают глубочайшие философские и морально-этические вопросы. Имеем ли мы право так поступать? Гуманно ли это? Выслушаем обе стороны в этом нелегком и совсем непростом споре.

Сторонники «киборгизации» людей (замены их тела в некоторых случаях кибернетическими организмами) — американские профессоры Манфред Клайнс и Натан Клайни. Первый из них — инженер-математик, специалист по биохимическому равновесию живых организмов, второй — нейрофизиолог, специалист по психофармакологии, химическим средствам воздействия на эмоции и даже мышление человека. Они считают, что «киборгизация» всего человечества или по крайней мере его довольно большей части — дело весьма недалекого будущего. Конечно, заманчиво спасти жизнь всякого человека, лишившегося в результате травмы какого-то жизненно важного органа. Именно в гуманизме Клайнс и Клайни усматривают начальный толчок грядущей киборгизации людей.

Но давайте, говорят они, будем рациональны, давайте посмотрим на все это с точки зрения будущего. Ведь очень легко придать искусственной телесной оболочке человека больше физических сил — сделать этакое электронно-механического Голиафа. А самое главное — надеть его гораздо большим, чем у человека, количеством

связей с внешним миром: наделить киборга способностью непосредственно воспринимать ультразвуки и инфракрасное излучение, ультрафиолетовые лучи и самые различные виды ядерной радиации, программы радиовещания и телевидения. Успехи современной бионики позволяют надеяться, что киборгизированный таким образом человек, скажем, будет видеть в полной темноте гораздо лучше, чем змея. Он будет «видеть», например, даже чуть-чуть «теплые» следы любого передвигающегося объекта или существа, поскольку от трения при движении предметы сколько-нибудь да нагрелись, пусть даже только на тысячные доли градуса.

Таким образом, перед нами проект сознательного совершенствования человека. Природа создавала его методом случайных проб и ошибок и оставила внутри него очень много далеко не лучших (даже с точки зрения современной техники) конструктивных решений. А киборг будет абсолютно надежен, абсолютно точно рассчитан заранее в своих свойствах и качествах на те конкретные условия, в которых ему придется работать.

Не вечно же человеку жить в своей колыбели. Да, киборга можно будет так сконструировать, чтобы он был приспособлен для постоянного «жительства» в межпланетном пространстве. Сейчас мы только на считанные минуты выпускаем человека в космос, доверяя его жизнь всего лишь герметичности скафандра. Подобно тому как живую рыбу можно перевозить по суше только в контейнерах с водой, человек в космосе обречен повсюду — и в космическом корабле, и в скафандре — носить свою среду существования. Но чем шире будет деятельность человека в космосе, тем большую остроту будет приобретать вопрос об «освобождении человека от тела», о его киборгизации. Человек в его сегодняшнем физиологическом состоянии едва ли способен справиться с задачами, с которыми ему придется столкнуться при реальном, предметном переустройстве околоземного и околосолнечного пространств.

Иными словами, киборги рано или поздно станут совершенно независимыми от Земли — таким автономным космическим человечеством, существами, только изредка посматривающими на далекую голубую планету — свою древнюю прародительницу. Ибо, довершают свою аргументацию Клайнс и Клайни, киборги будут практически

бессмертны. Ведь нервные клетки составляют совершенно ничтожную долю тех нейронов, которые они получили от рождения. Практически продолжительность жизни людей с искусственным телом будет порядка нескольких тысячелетий, если не более...

Мы не станем здесь персонифицировать другую сторону — противников киборгизации людей. Просто потому, что наверняка почти каждый из нас при первом знакомстве с этой гипотезой невольно оказывался на какое-то время в их числе; гипотеза эта вызывает поначалу нечто вроде эмоционального шока. Сразу же приходят в голову аргументы типа: «нельзя же так глубоко вмешиваться в природу человеческого бытия», «никто не имеет права производить такие античеловеческие эксперименты даже над самим собой» и т. п. Но потом вспоминаешь, что где-то уже читал подобные суждения, и даже с некоторой неловкостью припомнишь: примерно такими же словами средневековые схоласты обосновывали свои запреты анатомического исследования человеческого тела, это же говорил протестантский изувер Кальвин, отправляя на костер Мигеля Сервета, впервые давшего правильное представление о круге кровообращения в человеческом теле.

Короче, со всеми запретами и возражениями против вмешательства науки в человеческую природу нужно быть более осмотрительными. Ведь даже принимая таблетку пирамидона при головной боли, мы уже каким-то образом вмешиваемся в работу головного мозга. Причем длительные последствия такого вмешательства могут быть отнюдь не однозначно предсказуемыми.

В общем же киборгизация людей, замена их органов искусственными, наверное, будет и дальше развиваться в современной медицине. Уже на начальном этапе огромному количеству людей это принесет облегчение от всевозможных страданий, а иногда и сохранит им самое дорогое — жизнь. Запрет этого направления был бы равносильно смертному приговору многим и многим.

Что же касается вопроса, существует ли какая-то принципиальная грань допустимого вмешательства человека в свою собственную природу и где именно она проходит, то этот вопрос, несомненно, требует очень серьезного научного рассмотрения всем комплексом наук о человеке, в том числе медициной, физиологией, психологией, нейрофизиологией и, конечно же, социологией и философией.

## МИФЫ НАУКИ

*Писатель*

СТАНИСЛАВ ЛЕМ

(ПОЛЬША)

Кибернетика насчитывает два десятилетия жизни, следовательно, она еще молодая наука, но она развивается с поразительной быстротой. В ней есть свои школы и направления, свои энтузиасты и скептики; первые верят в ее универсальность, другие ищут границ ее применимости... Специализация развивается в ней, как и в других науках. А поскольку каждая наука создает собственную мифологию, то и кибернетика имеет ее. Мифология науки — это звучит как противоречие, как эмпирический иррационализм. Тем не менее каждая, даже самая точная наука развивается не только благодаря новым теориям и фактам, но также благодаря догадкам и надеждам ученых. Развитие оправдывает их лишь частично. Остальное оказывается иллюзией и потому подобным мифу. Свой миф имела классическая механика в виде демона Лапласа, который, зная мгновенные скорости и положения всех атомов Вселенной, мог якобы предвидеть всю ее будущность... В кибернетике блуждает ныне средневековый миф о гомункулусе — искусственно созданном разумном существе. Спор о возможности создания искусственного мозга, проявляющего черты человеческой психики, не раз втягивал в свою орбиту философов и кибернетиков. Это бесплодный спор, потому что дело не в том, чтобы повторить человеческий мозг, а в том, чтобы его понять.

Возможно ли превращение ртути в золото? — спрашиваем мы атомщика. Да, отвечает он, но мы этим совсем не занимаемся. Такое превращение для нас несущественно и не влияет на направление наших работ.

Можно ли будет когда-нибудь построить электронный мозг — неразличимую копию живого мозга? Наверняка, только этого никто не будет делать.

Это значит, что следует отличать возможности от реальных целей. Возможности всегда имели в науке своих «отрицательных пророков». Меня всегда удивляло их количество, а также та запальчивость, с которой они доказывали невозможность построить летающую машину, атомную или мыслящую... Люди, втянутые в бесплодные дискуссии, могут легко потерять из виду реальные про-

блемы. «Антигомункулисты» убеждены, что, отрицая возможность синтетической психики, они защищают превосходство человека над его созданиями, которые в их понимании никогда не должны превышать человеческого гения. Такая защита лишь постольку имела бы смысл, если бы кто-нибудь действительно хотел бы заменить человека машиной — не в конкретном виде робота, а в рамках всей цивилизации. Но этого никто не замышляет. Не о том идет речь, чтобы сконструировать синтетическое человечество, а только лишь о том, чтобы открыть новую главу технологии — систем произвольно большой степени сложности. Поскольку сам человек, его тело и мозг принадлежат к классу именно таких систем, новая технология будет означать полную власть человека над самим собой, над собственным организмом, что в свою очередь сделает возможной реализацию такой извечной мечты человека, как жажда бессмертия, а может быть, даже обращения процессов, считающихся ныне необратимыми (как процессы биологические, в особенности — старение). Иное дело, что эти цели могут оказаться фиктивными, как цели алхимиков. Если даже человек может все, то, наверное, не любым образом. Если он этого пожелает, он достигнет в конце концов любой цели — но, может быть, еще раньше поймет, что цена, которую пришлось бы за это заплатить, делает достижение цели абсурдом.

Ибо мы намечаем себе конечный пункт, но путь к нему определяет природа. Мы можем летать, но не с помощью раскинутых рук. Можем ходить по воде, но не так, как это изображает Библия. Может быть, мы приобретем долговечность, практически равную бессмертию, но для этого нужно будет отказаться от той телесной оболочки, которую дала нам природа. Может быть, мы сможем благодаря анабиозу свободно путешествовать миллионы лет — но пробужденные от ледяного сна окажутся в чуждом им мире, ибо за время их обратимой смерти исчезли тот мир и та культура, которая их сформировала. Вот так, исполняя желания, материальный мир требует от нас поведения, которое может сделать исполнение одинаково похожим на победу и на поражение.

Системы столь сложные, как мозг, как общество, не поддаются описанию языком... простых законов. В этом смысле проста еще теория относительности и ее механика, но уже не проста механика мыслительных про-

цессов. Кибернетика концентрирует свое внимание на этих процессах потому, что стремится к пониманию и подчинению сложного, а мозг есть наиболее сложное из известных нам материальных устройств. Наверное, а точнее — наверняка — возможны еще более сложные системы. Мы познаём их, когда научимся их конструировать. Таким образом, кибернетика — это прежде всего наука о достижении целей, которых простым путем достичь нельзя...

Кибернетика занимается такими «схемами» не из-за «гомункулистичных» амбиций, а потому что готовится к решению конструктивных задач подобного ранга. Она еще очень и очень далека от шансов создать такую конструкцию. Но она существует всего два десятилетия. Эволюция потребовала для своих решений свыше двух миллиардов лет. Допустим, что кибернетике потребуется еще 100 или 1000 лет, чтобы этого достигнуть, все равно разница во времени говорит в нашу пользу.

Что же касается «гомункулистов» и «антигомункулистов», то споры их... знаменуют детский или даже младенческий возраст новой науки и от них в ее дальнейшем развитии не останется и следа. Не будет искусственных людей, потому что это не нужно. Не будет и «бунта» мыслящих машин против человека. В основе этой выдумки лежит иной древний миф — сатанинский, но ни один Усилитель Интеллекта не будет Электронным Антихристом. Все эти мифы имеют общий, антропоморфический знаменатель, к которому должны якобы сводиться мыслительные действия машин. Истинная сокровищница недомыслия! Действительно: мы не знаем, не станут ли автоматы, перейдя определенный «порог сложности», проявлять признаки своеобразной «индивидуальности»? Если так произойдет, индивидуальность их будет чем-то столь же непохожим на человеческую, как человеческое тело — на атомной реактор. Мы должны быть готовы к неожиданностям, хлопотам и беспокойствам, которых не умеем себе сегодня представить, но не к возвращению под техническими масками демонов и нечисти родом из средневековья.

# СОДЕРЖАНИЕ

Перед началом дискуссии (Вместо предисловия) . . . . .	5
<b>1. СПОР ВОКРУГ ПРОБЛЕМЫ</b>	
<b>Только автомат? Нет, мыслящее существо!</b> . . . . .	12
<i>А. Колмогоров.</i> Автоматы и жизнь . . . . .	12
<i>А. Иващенко.</i> В природе запрета нет . . . . .	31
<i>У. Эшби.</i> Что такое разумная машина . . . . .	34
<i>Н. Винер.</i> Об обучающихся и самовоспроизводящихся машинах . . . . .	47
<b>Машина не может жить, плесень не способна мыслить!</b>	61
<i>Э. Кольман.</i> Еще раз о чувстве меры . . . . .	61
<i>К. Тринчер.</i> Термодинамические загадки живой материи . . . . .	76
<i>И. Аргоболевский, А. Кобринский.</i> Живое существо и техническое устройство . . . . .	87
<i>Д. Крутч.</i> Мозг — не машина . . . . .	93
<i>С. Гансовский.</i> Машина как личность . . . . .	101
<b>2. КИБЕРНЕТИКА. ЧТО О НЕЙ ДУМАЮТ</b>	
<b>Из спектра кибернетики</b> . . . . .	106
<i>Альберт Дюрок.</i> Физика кибернетики . . . . .	106
<i>Луи Куффиньяль.</i> Кибернетика — искусство управления	122
<b>Там, где нужны предсказания и предвидения</b> . . . . .	143
<i>В. Глушков.</i> Кибернетика и управление экономикой	143
<i>Э. Араб-Оглы.</i> Кибернетика и моделирование социальных процессов . . . . .	152
<i>Н. Амосов.</i> Моделирование — орудие прогноза и управления . . . . .	167

### 3. КИБЕРНЕТИКА ОЖИДАЕМАЯ

Некоторые возможности интеллектуального автомата . . . . .	183
<i>С. Лебедев.</i> Машины, рожденные машиной . . . . .	183
<i>В. Пушкин.</i> Эвристика и современные науки . . . . .	192
<i>Р. Добрушин.</i> Лингвистика и практика . . . . .	210
<i>В. Пекелис.</i> Морально-этические аспекты и кибер- нетика . . . . .	212
<i>М. Ботвинник.</i> Люди и машины за шахматной доской	226
Умные машины завтра . . . . .	234
<i>Артур Л. Самуэль.</i> Запретить бумажную работу . . . . .	234
<i>М. В. Уилкс.</i> Мир во власти вычислительных машин?	240

### 4. КИБЕРНЕТИКА НЕОЖИДААННАЯ

Вторжение в terra incognita . . . . .	244
<i>Ю. Филипьев.</i> Информационные сигналы и проблема художественности . . . . .	244
<i>М. Кемписты.</i> Автор, потребитель и другие . . . . .	258
<i>Г. Хильми.</i> Логика поэзии . . . . .	269
Почти фантастика . . . . .	284
<i>А. Мицкевич.</i> Термодинамика, информация, мышление	284
<i>А. Дородницын.</i> Машины будущего . . . . .	292
<i>К. Фиалковский.</i> В симбиозе с роботом . . . . .	297
<i>И. Акчурин.</i> Киборг — человек космической эры . . . . .	303
<i>Станислав Лем.</i> Мифы науки . . . . .	307

**Кибернетика ожидаемая и кибернетика неожиданная**  
**Сборник**

*Утверждено к печати редколлегией серии  
научно-популярных изданий Академии наук СССР*

Редактор *Н. Б. Прокофьева*  
Художник *Н. Б. Старцев*  
Технический редактор *Ф. М. Хенов*

Сдано в набор 27/VI 1968 г. Подписано к печати 13/XI 68 г. Формат  
84 × 108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бумага № 2. Усл. печ. л. 16,39 Уч.-изд л. 15,9.  
Т-13685. Тип. зак. 1193. Цена 1 р. 07 к Допечатка тиража 42.000

Издательство «Наука». Москва, К-62, Подосенная пер., 21

---

1-я типография издательства «Наука». Ленинград, В-34, 9 лин., д. 12

1 р. 07 к.



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»