

ПРОФЕССОР
ДОКТОР ФИЛОСОФСКИХ НАУК

Э. Кольман

Кибернетика



Серия II
№ 23

Издательство
«ЗНАНИЕ»

МОСКВА-1956

ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

Доктор философских наук
профессор

Э. КОЛЬМАН

КИБЕРНЕТИКА

(О машинах, выполняющих некоторые
психические функции человека)

Стенограмма публичной лекции,
прочитанной в Центральном
лектории Общества в Москве

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

Москва



1956

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
Что такое кибернетика?	3
Применение кибернетической техники	16
Мировоззренческие выводы	29

★ К ЧИТАТЕЛЯМ ★

Издательство «Знание» Всесоюзного общества
по распространению политических и научных
знаний просит присылать отзывы об этой брошюре
по адресу: Москва, Новая площадь, д. 3/4



Автор
Эрнест Кольман

Редактор Ю. Е. Ковтун
Техн. редактор П. Г. Ислентьева

А 09368. Подп. к печ 25. VII, 1956 г. Тираж 180 500 экз. Изд. № 165
Бумага 60×92¹/₁₆—1,25 бум. л.=2,5 п. л. Учетно-изд. 2,45 л. Заказ № 1570.

Ордена Ленина типография газеты «Правда» имени И. В. Сталина.
Москва, ул. «Правды», 24.

ЧТО ТАКОЕ КИБЕРНЕТИКА?

Мы живем в век небывало мощной техники, при помощи которой люди все решительнее и успешнее наступают на природу. Современная техника — это техника внутриатомной энергии, реактивных двигателей, химического производства, создающего искусственные материалы, техника радио и электроники, это техника и управляющих устройств.

Само развитие техники — все большее количество применяемых машин, увеличивающаяся скорость их, использование высоких давлений и температур, новейших достижений физики — неизбежно привело к необходимости заменить машиной непосредственное действие человека при управлении движением этих машин. Диапазон наших органов чувств, обладающих порогами раздражения и ощущения, ограничивает возможность непосредственного управления быстродействующими машинами. Даже глаз, самый мощный из органов чувств, восприимчив лишь к незначительной доле из всего спектра электромагнитных волн. Уже пять сменяющихся в секунду предметов он не в состоянии отличить друг от друга. Две точки он распознает лишь тогда, когда они видны под углом не меньше одной минуты. Как бы ни были проворны пальцы умелой руки, все же быстрота и точность их движений не может превзойти некоторые пределы. Кроме всего этого, требуется время на прохождение импульсов в нервной системе от глаза к мозгу и от мозга к мускулу пальца. Правда, упражнение сокращает это время, однако не настолько, насколько это необходимо, например, для управления реактивным самолетом.

Уже на предыдущих этапах развития техники — в век пара и даже ранее, в век водяных двигателей, зародились первые зачатки управляющих механизмов, заменяющих не мускульную силу человека, как это делает двигатель, а также не являющихся рабочим инструментом, заменяющим пальцы рук человека, а механизмов, заменяющих внимание человека, его память, некоторые его логические функции.

Попытки создания автоматов, заменяющих человека при контроле и управлении техническими процессами, делались еще древними греками. Выдающийся инженер и математик Герон Александрийский, живший в I веке, описывает многочисленные

андроиды-автоматы, подражающие движениям человека. Однако при рабском, а позднее при крепостническом труде автоматические устройства не внедрялись в производство, а служили целям развлечения знати. В своем письме к Энгельсу Маркс писал в 1863 году, что «в XVIII веке часы впервые подали мысль применить автоматы (и, в частности, пружинные) к производству»¹. Но, как выяснилось теперь, автоматические устройства стали применяться в производстве уже в XVI веке.

В книге итальянского инженера Рамелли «Различные замысловатые машины», вышедшей в 1588 году, описана самовейка, регулирующая скорость вращения жерновов водяной мельницы в зависимости от твердости зерна и количества по-

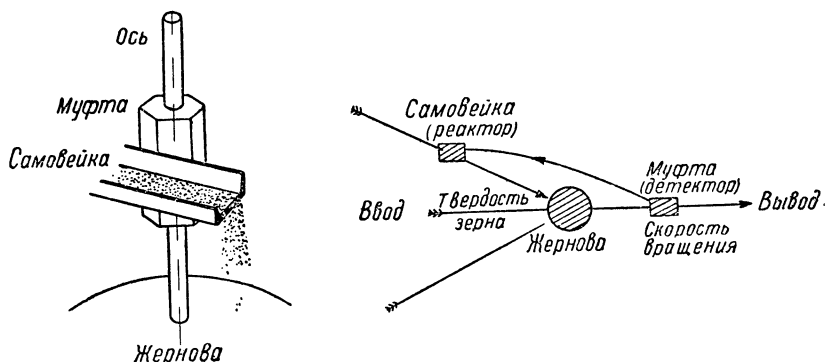


Рис 1.

ступающей воды. Зерно падает на жернова благодаря сотрясениям наклонного желоба, трущегося о граненую муфту, насаженную на вертикальную ось жерновов. Если твердость зерна большая, то оно замедляет вращение жерновов. Вследствие этого сотрясение желоба уменьшится, зерно станет падать реже, а следовательно, жернова будут вращаться быстрее. Если же, наоборот, зерно слишком мягкое, то жернова будут вращаться быстрее, а поэтому и сотрясение желоба увеличится. Зерно станет падать чаще, а это замедлит вращение жерновов. Таким образом, между падением зерна и вращением жерновов существует не только прямая, но и обратная связь, не только падение зерна действует на вращение жерновов, но и, наоборот, вращение жерновов действует на падение зерна. Так достигается устойчивая средняя скорость вращения жернова и устойчивое среднее качество помола. Это первое известное нам автоматическое управляющее устройство, следящий механизм, обладающий обратной связью.

В паровой машине имеется, как известно, регулятор Уатта,

¹ К. Маркс, Ф. Энгельс. Избранные письма, стр. 137—138. Госполитиздат. 1953.

который управляет доступом пара к поршню в зависимости от скорости вращения вала паровой машины. Этот регулятор, построенный на принципе центробежной силы, сохраняет неизменной скорость вращения вала. На более высоком уровне развития техники, в авиации, автопилот сохраняет положение и курс самолета, следит за тем, чтобы самолет не отклонялся ни вправо, ни влево, чтобы он не зарывался ни вверх, ни вниз. В этих и им подобных случаях (например, в прядильных и ткацких машинах, в электрическом термостате, регулирующем отопление, в автомате прокатного и других станков, в устройстве помех радиоприему и др.) управляющее устройство получает сведения (информацию) из других частей машины или из внешней среды и на ее основании производит регулирование.

Управляющие устройства, автоматы являются одним из источников возникновения новой научной отрасли, которая называется кибернетикой. Сам этот термин происходит от древнегреческого «кибернѣтес», что означает «рулевой» или «кормчий». Кибернетика — это математическая теория управляющих устройств, автоматики, теория информации и контроля. Она оформилась в 40-х годах нашего века, но была подготовлена на протяжении ряда столетий трудами многочисленных математиков, физиков, инженеров разных стран, в том числе дореволюционной России и Советского Союза. Ее оформлению способствовало изучение помех при передаче сигналов по проводам и радиовещании, задач прицельной стрельбы по самолетам, управления реактивными снарядами, автоматики, телемеханики и особенно быстродействующих вычислительных машин.

Еще в далекой древности у греков и римлян имелась абак-счетная доска, на которой числа заменялись камешками или счетными марками, а арифметические действия над числами — передвижением этих заменителей. Подобный метод применялся и индийцами. Уже в Китае и в древней Руси для арифметических вычислений применялись счеты с нанизанными на нитях или проволоках костяшками. Во всех этих устройствах абстрактное, логическое понятие числа и действия над ним моделируется при помощи однородных предметов и механических действий с ними.

Первые идея о замене мыслительных действий (процесса силлогизма или логического вывода) каким-то механизмом возникла у греков после создания аристотелевской логики, однако неизвестно, была ли эта идея осуществлена. Простейший прибор для сочетания понятий, состоявший из восьми вращающихся концентрических кругов, был построен в XIII веке испанским монахом Луллием для богословских целей. Первый колесный арифмометр был изобретен известным французским математиком, физиком и философом-идеалистом 19-летним Паскалем в 1642 году для облегчения работы отца, сборщика податей в Нормандии. Спустя 30 лет этот прибор был усовершенствован

Лейбницем и стал прообразом колесных арифмометров. В них счет производится поворотом зубчатых колесиков. Повороту одного из десяти зубцов соответствует прибавление или убавление единицы. Вращению колесика в одну сторону соответствует сложение, в обратную — вычитание. Здесь же имеется простой механизм, передающий поворот от колесика к соседнему с ним, когда мы при счете переходим к следующему высшему разряду. Умножение сводится к повторному сложению, деление — к повторному вычитанию. Вращение колесиков производили вручную, а теперь производят и при помощи электрического двигателя.

От колесных арифмометров современные электронные вычислительные машины отличаются коренным образом. Для расчета полета реактивных снарядов требовались быстродействующие машины. Первая такая машина была построена в 1943 году, а первая обобщающая книга, излагающая теорию управляющих и контролирующих устройств, счетно-аналитических машин, теорию информации, передаваемой как от одной части машины к другой, так и от машины к человеку, и, наконец, в самом организме животного и человека, «Кибернетика», была написана крупным американским математиком, Норбертом Винером, и вышла в свет в 1948 году.

Современные быстродействующие вычислительные и подобные им машины работают при помощи электрических импульсов. Благодаря тому, что количество таких импульсов достигает многих сотен тысяч и даже миллионов в секунду, они работают чрезвычайно быстро.

Такая машина состоит из пяти основных частей. Это, во-первых, **ввод**, через который машина получает определенное задание. Задания даются в виде команд, которые при помощи заготовленного кода переписываются с обыкновенного языка математических формул на тот «язык», который машина может «понимать». Подобно этому и машина, осуществляющая перевод с одного языка на другой, получает задание при помощи кода.

Для того чтобы в дальнейшем не повторяться, здесь необходимо сказать, что, применяя подобную антропоморфную (уподобляющую машину человеку) терминологию, мы делаем это только ради краткости. О машине, конечно, нельзя сказать, что она «понимает» в том смысле, как понимают люди и даже животные; у нее, разумеется, нет и языка.

Исходные данные и команды обыкновенно передаются в машину не при помощи десятичной, а при помощи двоичной системы счисления. Двоичная система счисления использует лишь два знака: ноль и единицу. Все остальные числа записываются при помощи этих двух знаков, подобно тому как в азбуке Морзе все буквы алфавита, знаки препинания и цифры записываются при помощи двух знаков: точки и тире.

В двоичной системе все действия чрезвычайно просты; в то время как в десятичной системе таблицы сложения и вычитания состоят из 10 строк и 10 столбцов, здесь они имеют крайне простой вид:

Таблица I

+	0	1
0	0	1
1	1	10

Таблица II

×	0	1
0	0	0
1	0	1

Каждое число в каждой из таблиц получается в результате сложения (в первой таблице) или умножения (во второй таблице) чисел, стоящих сверху и слева, в том же столбце и в той же строке как оно. Таким образом, в таблицах записано: $0 + 0 = 0$, $0 + 1 = 1$, $1 + 0 = 1$, $1 + 1 = 10$ и $0 \times 0 = 0$, $0 \times 1 = 0$, $1 \times 0 = 0$, $1 \times 1 = 1$, т. е. все, к чему сводятся сложение и умножение в двоичной системе счета.

Понятно, что для больших чисел требуется большое число знаков. Например, для того, чтобы записать число 1956, нужно одиннадцать знаков, а именно 11110100100. Не трудно подсчитать, что число знаков, необходимых для записи какого-нибудь числа, в двоичной системе примерно в 3 раза больше, чем в десятичной. Но это с лихвой окупается тем, что машина может записать в одну секунду сотни тысяч и даже миллионы знаков. Собственно говоря, машина вовсе не записывает ни нолей, ни единиц, а ноллю соответствует отсутствие импульса, единице — наличие импульса. Последовательность наличия импульсов и отсутствия импульсов соответствует записи числа, подобно тому как в азбуке Морзе этой записи соответствует последовательность тире и точек. Любые команды также переводятся при помощи кода на цифры и, таким образом, на последовательности импульсов.

Конечно, задания машине дает человек, он должен выработать для нее программу. Для этого нужны математики, умеющие программировать, специально обученные этому делу.

Вторая часть машины — **счетчик**, работающий по принципу триггера. Триггер (по-английски «защелка») состоит из двух электронных ламп, причем ток может идти только через одну из них: либо через первую, либо через вторую. Каждая из ламп имеет два контакта. Через один она может получить извне электрический импульс, через другой — сама испустить ответный импульс. Когда импульс поступает извне, лампа, через которую шел ток, выключается, и ток идет через другую лампу. Триггер подает ответный импульс в тот момент, когда выключается

чается первая лампа и включается вторая. Если к триггеру, находящемуся в «положении 0» (ток идет через вторую лампу), подведем импульс, то триггер перейдет в «положение 1» (ток идет через первую лампу), но при этом ответного импульса не получится. Подведя второй импульс, мы вернем триггер к исходному «положению 0», причем он подаст ответный импульс. Этот цикл будет затем повторяться. Если соединить триггеры

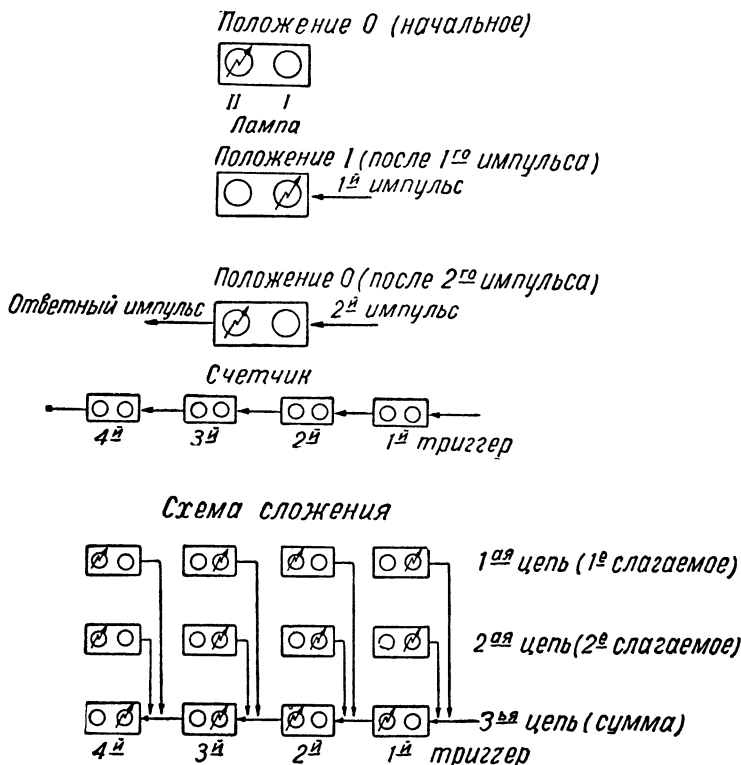


Рис. 2.

в цепь, то они образуют счетчик. Например, четыре триггера будут, получая последовательные импульсы, отмечать состояния 0000, 0010, 0011, 0100 и т. д. до 1111, т. е. в двоичной системе числа от 0 до 15. Если же особым способом соединить три цепи триггеров параллельно, то они могут воспроизводить арифметические действия над числами. Это видно на схеме, где в первых двух цепях записаны слагаемые 5 (в двоичной системе 101) и 7 (111). Здесь на первый триггер третьей цепи приходят два импульса (особым устройством предусмотрено, что они приходят не одновременно, не сливаются), благодаря чему

он остается в «положении 0», но дает ответный импульс на второй триггер. Но туда приходит также импульс от второго триггера второй цепи, а поэтому он, оставаясь в «положении 0», дает импульс на третий триггер, куда приходят еще два импульса (один от третьего триггера первой цепи, другой от второй цепи), благодаря чему третий триггер третьей цепи перейдет в «положение 1» и даст импульс четвертому триггеру и т. д. Так получим $101 + 111 = 1100$ (т. е. $5 + 7 = 12$). Аналогично триггерный счетчик может осуществлять и другие арифметические действия.

Сами по себе такие быстроедействующие счетчики также имеют большое значение. Они считают «элементарные» частицы — частицы атомного мира, с большими скоростями вылетающие из вещества или поглощающиеся им.

Третья часть машины — это так называемая «память». Дело в том, что если бы машина только быстро считала, то она не давала бы почти никакой экономии времени для вычислений и тем более для более сложных логических действий. Ведь если нам нужно произвести даже самое простое вычисление, например, разделить сумму чисел $a + b$ на разность чисел $c - d$, то ясно, что сначала мы должны сложить $a + b$ и этот результат где-то отметить, потом найти разность $c - d$ и опять этот результат записать и, наконец, первый результат разделить на второй. В таком же порядке должна действовать и машина. Но если бы каждый раз пришлось останавливать машину после получения первого промежуточного результата, отмечать его, потом также отмечать второй результат и, наконец, давать приказ машине, чтобы она сделала третье действие, то машина работала бы чрезвычайно медленно, быстрота счета свелась бы на нет. Поэтому машина должна иметь устройство, хранящее начальные данные, промежуточные результаты и команды, которые на нужном этапе вводятся в действие. Эта «память» может быть построена на различных физических принципах. Она может быть акустической, диэлектрической, электромеханической, электронной, ферроэлектрической, феррорезонансной, магнитной, оптической, механической. Не вдаваясь в чисто технические детали, отметим лишь две особенности «памяти».

Во-первых, ясно, что возможности машины будут зависеть от того, какова емкость ее «памяти». Чем больше машина может «запомнить», тем она будет полезнее. И, во-вторых, многое зависит от того, как быстро можно из «памяти» получать информацию. Однако эти два момента находятся в некотором противоречии друг с другом: чем больше емкость «памяти», тем медленнее можно получить с ее помощью необходимую информацию, и наоборот. Конструкторы нашли выход в том, что машине придали две «памяти»: одну называют внешней, а другую — внутренней.

Внешняя «память» подобна нашей записной книжке. Она имеет большую емкость, насчитывает сотни тысяч ячеек, но зато работает сравнительно медленно. Внутренняя «память», наоборот, имеет сравнительно малую емкость, насчитывает тысячи ячеек, но зато работает быстро. При этом физическая природа «памяти» такая, что внешняя запоминает как бы навечно, у нее нет забывания, нет потери информации, а внутренняя, наоборот,— в ней со временем запись может стереться, вследствие чего машина перестанет точно работать. Чтобы избежать этого, элементы этой «памяти» сдваивают или утраивают.

Внешняя «память» часто устроена в виде движущейся ленты, в которой машина пробивает дырочки, образующие некоторую последовательность. Наличию импульса соответствует дырочка, отсутствию импульса — отсутствие дырочки. Принцип пробивки дырочек (перфорирования) на лентах или карточках применялся и раньше в счетно-аналитических машинах, возникших в связи с задачами статистики и учета. Он давал возможность решать задачи классификации явлений, отбора из них по заданной группе признаков и т. п., что, например, чрезвычайно облегчило обработку результатов статистических переписей. Иногда вместо перфорированной ленты берут стальную ленту, на которой импульсы записываются намагничиванием, подобно тому, как это делается в магнитофоне. Внутренняя «память» чаще всего устроена так, что записи соответствует известный волновой контур, например, в ртутной лампе — сверхзвуковой.

Четвертая составная часть машины — это **управляющая часть**, следящий механизм, обладающий обратной связью, сохраняющий режим машины неизменным.

Наконец, последняя часть машины — это **вывод**. В нем результаты, полученные в машине, переводятся на обыкновенный язык. Если это вычислительная машина, то она печатает результаты в десятичной системе счисления, или если это машина-переводчик, то она печатает перевод, и т. п.

Таким образом, вычислительные и подобные им управляющие машины являются машинами, которые моделируют память человека, внимание человека, а также довольно сложные логические действия: процессы счета, силлогизма, классификации, отбора, сравнения и т. д. Это машины прерывного действия, они построены на принципе арифметики, на принципе натурального ряда чисел 1, 2, 3, 4 и т. д., где от любого числа к его соседу переход осуществляется «скачком».

Есть и другие моделирующие машины, построенные на другом принципе, они являются машинами непрерывного действия. Они моделируют не мыслительные действия человека, не некоторые функции его нервной системы, а различные процессы внешнего мира.

Давно известно, что разные материальные процессы, имеющие различную природу, качественно совершенно отличающие-

ся друг от друга, тем не менее в количественном, в формальном отношении настолько сходны между собой, что они могут быть изучены при помощи одного и того же математического аппарата. Поэтому их можно моделировать. Так, например, в течение почти двух веков физики полагали, будто теплота вызвана особым рода материей — теплородом, который подобно жидкости распространяется в телах. Наука давно отказалась от несуществующего теплорода, доказав, что теплота есть особый вид движения, что она вызвана беспорядочным движением молекул вещества. Тем не менее количественные законы распространения тепла, установленные теорией теплорода, оказались истинными: явления теплопроводности и движения жидкости описываются при помощи одних и тех же математических уравнений.

Некоторые гидродинамические, тепловые или акустические процессы можно моделировать при помощи электрических процессов, что представляет большое удобство для исследований.

На этом принципе аналогии основаны моделирующие устройства. Они действуют со скоростями, не уступающими скорости самого моделируемого процесса. Поэтому их можно использовать для решения математических задач, но они дают не цифровые результаты, а сразу вычерчивают график функции в виде кривой — зависимость одной переменной величины от другой или нескольких переменных величин.

Но эти устройства можно использовать также для регулирования самих моделируемых процессов. Например, просачивание воды под плотину гидроэлектростанции — это сложный процесс, который трудно решать математически. Но этот процесс можно моделировать, причем либо получать на электрической модели график зависимости количества просачивающейся воды от времени, либо, вмонтировав моделирующее устройство в гидроустановку, использовать его как регулятор, как следящий механизм, который будет удерживать приток воды к турбине в желаемой норме. Хотя моделирующие устройства непрерывного действия значительно проще, чем вычислительные машины прерывного действия, они работают со значительно меньшей точностью и не приспособлены для решения широкого класса задач — каждая моделирующая машина создается для решения своей специальной задачи или для управления одним определенным процессом.

Счетно-решающие и управляющие машины прежде всего чрезвычайно ускоряют и берегут труд. Машина БЭСМ, построенная в Институте вычислительной математики АН СССР под руководством академика С. А. Лебедева, производит в среднем 8 тысяч арифметических действий в секунду над 10-значными числами. Она заменяет труд многих тысяч вычислителей и принадлежит к самым быстродействующим машинам в Европе. Однако в США имеются машины, действующие более

быстро, дающие 18 тысяч арифметических действий в секунду. У нас сейчас строится машина, которая будет производить 25 тысяч, а в США создается машина, которая будет производить 40 тысяч действий в секунду.

Естественно возникает вопрос: зачем нужны такие большие скорости? Не все ли равно, делает ли машина, например, 10 тысяч умножений в секунду или 20 тысяч, зачем стремятся к тому, чтобы все больше и больше увеличивать ее скорость? Но

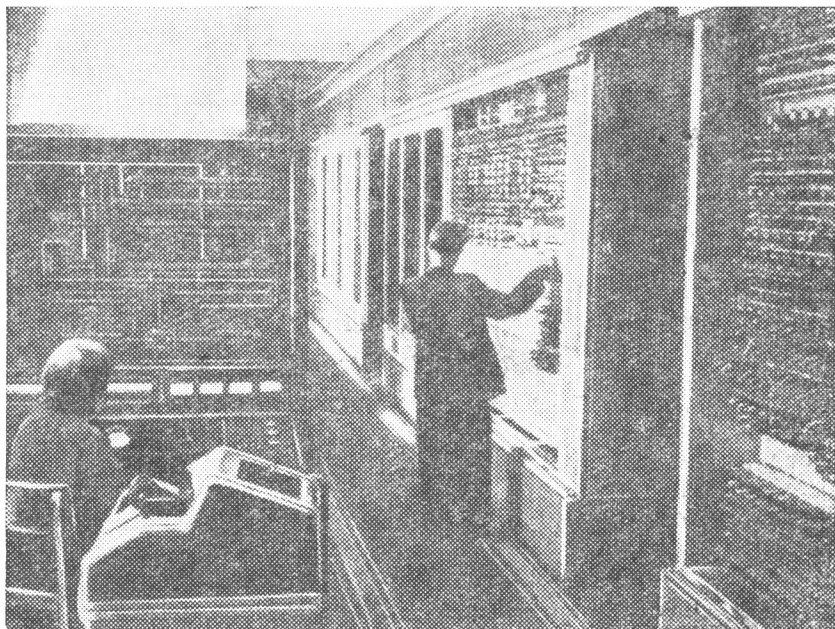


Рис 3. Общий вид БЭСМ.

дело в том, что машина должна не только вычислять, не только решать сложные математические задачи, для которых требуется произвести огромное множество арифметических действий, но и «раздумывать», на что уходит довольно много времени. В некоторых задачах встречается громадное число возможностей, вариантов, комбинаций, из которых требуется выбрать наиболее благоприятный (оптимальный) вариант. Машина должна перебрать все эти возможности. Значит, от скорости действия машины будет зависеть возможность выполнить эту работу в практически приемлемый срок.

Вычислительные и управляющие машины не только ускоряют и сберегают труд. Они решают задачи, которые один человек без них не мог бы решить. Во-первых, потому, что неко-

торые задачи требуют для решения столько действий, что без машины не хватило бы человеческой жизни и даже жизни целого поколения людей для их выполнения. Во-вторых, имеются такие задачи, которые без машины будут решаться так долго, что полученный результат окажется бесполезным.

Кроме того, польза от счетно-решающих машин заключается в том, что они открывают новые перспективы развития естествознания и техники. Известно, что даже в механике, для того чтобы решить, например, задачу о колебании маятника, мы вынуждены отвлекаться от многих данных (сопротивления воздуха, прогибания нити и т. п.). В этом случае уравнение, которое мы получим, будет настолько просто, что мы сможем решить его. Если же мы станем рассматривать колебания с большой амплитудой, то это приведет к эллиптическим функциям, а если мы примем еще во внимание сопротивление воздуха, вращение и растяжение самой нити и т. д., тогда получим настолько сложное дифференциальное уравнение, что решить его практически не сможем. А для машины дать в несколько секунд приближенное решение такой задачи не представляет никаких трудностей.

Следовательно, мы сможем теперь получить гораздо более точные представления о физических законах, чем до сих пор. В технике это значит, что коэффициенты запаса, которые мы были вынуждены вводить ради страховки, можно будет теперь значительно уменьшить, а это приведет к большой экономии материалов, энергии, средств.

Наконец, возникновение новой техники — быстросействующих вычислительных и управляющих машин уже привело к тому, что в самой математике родилась новая ветвь — «машинная математика», вызванная необходимостью обслуживать эту новую технику.

Сама кибернетическая теория пока, конечно, очень молода, и поэтому нельзя требовать, чтобы она уже окончательно оформилась; в ней есть еще немало спорного, ее границы еще не ясно очерчены. Она объединяет различные отрасли математики, которые до этого сравнительно мало были связаны между собой, например, теория вероятности и математическая логика.

Если кибернетика и не является самостоятельной наукой, то она во всяком случае является особой научной теорией, изучающей вопросы теории связи и управления. Ее достоинство в том, что она объединяет математиков, физиков, биологов и техников, изучающих с разных точек зрения один и тот же круг явлений, благодаря чему методы одних наук могут легче проникнуть в другие науки и оплодотворить их.

Кибернетика — это чисто количественная теория, основным понятием которой является понятие информации. В кибернетике под информацией не понимают ни содержание информации, ни способ, каким эта информация передается. Скажем, вы по-

лучили известие: «Тетя приезжает». На содержание этой информации вы можете реагировать по-разному: или радоваться, или расстраиваться, но это кибернетику не интересует. Ее не интересует также, передана ли эта информация на словах, устно, телеграммой или по радио, по телефону, а может быть, оптическими сигналами. Это безразлично. Кибернетику интересует только имеющаяся какая-то последовательность каких-то сигналов, символов, которая передана и дошла до нас в каком-то виде, какова вероятность искажений, т. е. она имеет очень скудное, чисто количественное содержание, так же, как и вся математика.

И тем не менее, несмотря на эту скудность содержания, кибернетика оказалась весьма богатой своими возможностями. Она установила замечательно интересную аналогию между передачей информации и некоторыми процессами термодинамики. Количество информации, которое может быть передано сигналами в каком-либо процессе, подчиняется известному логарифмическому закону Людвиг Больцмана. Оно пропорционально логарифму вероятности того, что сигналы при передаче и приеме не будут искажены. В самом деле, если мы желаем, например, получить информацию из алфавитного словаря, насчитывающего 1024 страницы, снабженных сверху указателем в виде начального слога, нам не нужно внимательно просматривать каждую страницу. Чтобы найти нужное слово, достаточно раскрыть словарь на середине и убедиться, что оно не может, например, находиться в первой половине словаря. Затем, раскрыв словарь на половине второй половины, мы убеждаемся, что это слово находится, например, в третьей четверти и т. д. В результате достаточно будет 10 поисков, чтобы отыскать наше слово. Здесь $10 = -\log_2 \frac{1}{1024}$, а в общем случае, если обозначим Y — количество информации, P — вероятность ее получения, R — постоянную пропорциональности, мы имеем

$$Y = -R \ln P.$$

Но в термодинамике Больцман вывел формулу, относящуюся к важной характеристике всякой системы тел, в которой происходит тепловой обмен, а именно к энтропии. Энтропией, образно прозванной «тенью энергии», немецкий физик Клаузиус назвал в 1865 году неспособность системы превращать свою тепловую энергию в механическую работу. Благодаря тому, что во всякой конечной изолированной системе макротел теплота переходит сама собой лишь от более нагретого тела к более холодному, а не наоборот, энергия системы, не теряясь, все же постепенно рассеивается, энтропия системы неизменно возрастает. Клаузиус неправомерно распространил открытый им закон на всю Вселенную и пришел к ложному учению о «тепловой смерти» Вселенной. Однако Больцман показал, что

рассеяние энергии имеет статистический характер, увеличение энтропии характеризует переход системы к более вероятному состоянию, но отклонения от последнего возможны в других условиях. Открытое позже явление броуновского движения — никогда не прекращающегося мерцания мельчайших частиц коллоидов — подтвердило, что в микромире не происходит рассеяния энергии — выводы Клаузиуса не имеют универсального значения. Выведенная Больцманом формула связывает энтропию S системы с вероятностью P состояния системы, $S = R \ln P$.

Сравнивая оба выражения, получаем, что величина информации пропорциональна энтропии, взятой с обратным знаком, названной негеэнтропией. Подобно тому, как в изолированной конечной макросистеме энтропия может лишь возрастать, так и количество информации при передаче может лишь уменьшаться. По меткому сравнению виднейшего французского физика Луи де Бройля, вполне возможно, что при передаче телеграммой решения математической задачи в нее вкрадется ошибка. Но совершенно невероятно, чтобы первоначально передаваемый ошибочный текст был исправлен в результате искажений при передаче. Как и всякая другая, аналогия между энтропией и информацией ограничена: передавая информацию, передатчик сам не теряет ее, чего нет в случае энергетического обмена. Установлена также замечательная аналогия между передачей информации в счетно-решающих и управляющих устройствах и некоторыми процессами в нервной системе человека.

В управляющих автоматических устройствах и вычислительных машинах обязательно применяются релейно-контактные электрические сети. Такая сеть может быть либо замкнута, либо разомкнута, третьего возможности нет. Это аналогично известному закону формальной логики, закону исключенного третьего, согласно которому высказывание может и должно быть либо истинным, либо ложным, третьего не дано.

Аналогия между работой релейно-контактных схем и логическими действиями весьма широкая. Она охватывает три основные логические связи «не» (\sim), «и» ($\&$), «или» (\vee), из которых могут быть выведены все другие. В самом деле, связке \sim соответствует переход от замкнутой сети к разомкнутой и обратно. Связке $\&$ соответствует то обстоятельство, что сеть, составленная из двух последовательно включенных цепей, будет замкнута тогда и только тогда, когда замкнута первая и вторая цепь. А связке \vee соответствует то, что сеть, образованная из двух параллельно включенных цепей, будет замкнута тогда и только тогда, когда замкнута первая или вторая цепь.

Если обозначим $X_{a \cdot b}$ состояние реле $a-b$, то если реле замкнуто $X_{a \cdot b} = 0$ (сопротивление равно 0), если оно разомкнуто, то (условно) $X_{a \cdot b} = 1$. Не трудно убедиться, что величины X и действия над ними $\sim, \&$ и \vee подчиняются законам дву-

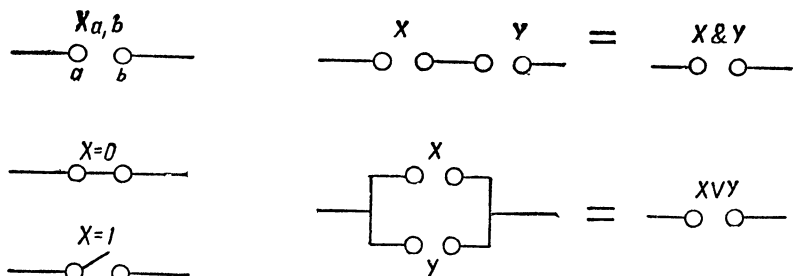


Рис. 4.

значной логической алгебры, созданной в 1847 году ирландским математиком Дж. Булем. Так, например, здесь имеют место оба ассоциативных закона:

$$Z(X \& Y) = (Z \vee X) \& (Z \vee Y)$$

$$Z(X \vee Y) = (Z \& X) \vee (Z \& Y)$$

Таким образом, релейно-контактные схемы моделируют логические процессы, а поэтому математическая логика, начиная с 30-х годов, когда эта аналогия была открыта у нас В. И. Шестаковым, а за границей К. И. Шенноном, применялась для расчетов релейно-контактных систем, а затем стала важной составной частью кибернетики.

ПРИМЕНЕНИЕ КИБЕРНЕТИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Приведем теперь конкретные факты применения кибернетической техники, причем лишь то, что уже внедрено на практике, что не является беспочвенной фантазией. Отдельные случаи, когда речь будет идти лишь о проектах или об опытных, еще не внедренных моделях, мы оговорим особо.

Директивами XX съезда по шестому пятилетнему плану народного хозяйства СССР запроектировано по радиотехнической и приборостроительной промышленности увеличение изготовления приборов и средств автоматизации примерно в 3,5 раза, усиление работы по конструированию и производству автоматических быстродействующих вычислительных машин для решения сложных математических задач и счетно-решающих машин для автоматизации управления производственными процессами, увеличение их производства в 4,5 раза при использовании последних достижений физики, электроники и радиотехники с широким применением полупроводников.

Весь второй раздел Директив посвящен вопросам механизации и автоматизации производственных процессов, внедрение которых в промышленность предусмотрено в широких масштабах. Запланирован переход от автоматизации отдельных агре-

готов и операций к автоматизации целых цехов, технологических процессов и созданию полностью автоматизированных предприятий. В частности предусмотрено: дальнейшее внедрение дистанционного управления оборудованием и телемеханизации контроля и управления в энергосистемах, на нефтепромыслах и других производствах, автоматизация управления мартеновскими печами, прокатным, коксохимическим, огнеупорным и метизным производством, т. е. производством изделий из лент холодного проката, проволоки и прутков. Будет приступлено к комплексной автоматизации управления доменными печами, осуществлена автоматизация 40 прокатных и трубопрокатных станов, автоматическое управление будет внедрено на крупных железорудных и марганцевых шахтах и на обогатительных фабриках черной металлургии, в медной, свинцовоцинковой, никелевой промышленности, а также в угольной и нефтяной промышленности.

Работа по телемеханическому управлению гидроэлектростанциями будет закончена в течение 2—3 лет. Автоматизация вводится в машиностроении, прежде всего в литейном и кузнечно-прессовом производстве, в электротехнической и радиотехнической промышленности, в химической промышленности по производству серной и азотной кислот и кальцинированной соды, в цементной, бумажной и деревообрабатывающей промышленности, расширяется автоматизация в текстильной и кожевенной промышленности. В пищевой промышленности будут автоматизированы рыбозаводы, хлебозаводы и кондитерские фабрики, мясокомбинаты.

Известно также, что у нас создано специальное министерство, которое будет заниматься вопросами приборостроения и автоматики.

Мы имеем некоторые, пока еще сравнительно небольшие, успехи в этом деле. Июльский (1955 г.) Пленум ЦК нашей партии констатировал, что мы сильно отстаем в гражданском применении автоматической техники. Что же касается ее применения в деле обороны, то американская печать пишет, что советское вооружение в этом отношении не отстает от американского.

В антагонистическом обществе, как правило, к сожалению, новые открытия и изобретения науки и техники находили и находят себе применение чаще всего сначала для разрушительных целей, а уже после — для созидательных. Так и кибернетика. Она родилась во вторую мировую войну, родилась из нужд войны и сейчас находит себе применение главным образом для военных целей.

Вот некоторые примеры использования кибернетики в военном деле. Построена гигантская вычислительная машина для воздушной обороны Нью-Йорка. Она получает от локационных станций информацию о приближающихся «вражеских» самолетах, их местоположении, о направлении и скорости их

движения и т. д. На основании этих данных она дает повсеместно сигнал воздушной тревоги. Затем, в кратчайшее время, она разрабатывает тактический план обороны, самостоятельно выбирая из всех возможных вариантов оптимальный вариант. Далее, она направляет самолеты, находящиеся на разных аэродромах, а также ракеты навстречу противнику, управляет их движением, управляет стрельбой своих самолетов. Когда «опасность» миновала, машина дает отбой воздушной тревоги, возвращает самолеты на аэродром, регулирует их посадку. Такие маневры в США производились, но вследствие несовершенства радарных установок результаты, как отмечала американская печать, были не вполне удовлетворительными.

Кибернетические устройства на самих самолетах, совершенно самостоятельно, учитывая состояние атмосферы, управляют движением самолета до места назначения, бомбометанием, определяют время выброса парашюта так, чтобы он опустился в заданном месте.

Кроме того, в авиации используются кибернетические устройства, которые полностью моделируют полет самолета, особенно реактивного, со всеми возможными аварийными случаями,— это авиационные тренажеры. Наконец, счетно-аналитическая машина испытывает модели новых видов самолетов. Благодаря этому отпадает необходимость в постройке аэродинамической трубы, на которую нужны огромные средства, особенно для испытания реактивных самолетов.

Не останавливаясь на применении кибернетических устройств в военно-морском флоте или в артиллерии, отметим лишь, что они применяются также для зашифровки и расшифровки секретных сообщений. Они могут принципиально зашифровать и расшифровать любое сообщение. Это основано на том, что кибернетическое устройство может в принципе решить любую задачу, которая сводится к конечному числу, хотя и очень большому,— соединений: перестановок, сочетаний, размещений.

В области промышленности, как известно, у нас имеются полностью автоматизированные электростанции, автоматизированные цехи в черной металлургии, в горном деле, отдельные автоматические предприятия легкой промышленности. Недавно в одной из передач московского телевидения показывали предприятие нашей табачной промышленности, полностью автоматизированное.

Форд в Кливленде построил экспериментальный завод, на котором побывали наши журналисты, когда они ездили в Америку. Там имеется автоматическая линия по производству блоков цилиндров автомобилей. Длина ее 515 метров, на ней поставлены 42 автоматических станка, которые выполняют 530 операций. В один день этот завод дает 4600 шестицилиндровых блоков. На нем работает лишь один инженер-наладчик и

один уборщик. Имеются заводы, где по печатной схеме автоматически собирается электронная аппаратура, например, радиоприемники и телевизоры; их автоматически же проверяют и упаковывают.

В химической промышленности построены заводы, полностью автоматизированные, например, нефтеперерабатывающие заводы, заводы для обработки бензина и др.

В легкой промышленности полностью автоматизированы хлебозаводы, где по готовым заданным рецептам устройство само выбирает нужные составные части, регулирует устойку теста в зависимости от ассортимента и выпускает готовые изделия, начиная от хлеба и кончая тортами.

Уже несколько лет в деловой части Нью-Йорка работает автомат, регулирующий уличное движение. Он построен на принципе непрерывного действия. Этот «робот-полисмен», как его прозвали американцы, действует так: он меняет зеленый сигнал на желтый, а затем на красный и обратно в зависимости от трех факторов: во-первых, от числа автомобилей, ожидающих у красного сигнала, во-вторых, от продолжительности времени ожидания первого автомобиля, подошедшего к красному сигналу, и, в-третьих, от числа автомобилей, пересекающих перекресток за время зеленого сигнала. Благодаря этому автомату, который регулирует движение на 120 перекрестках, было сокращено число полицейских на 360 человек, а время разъезда автомобилей в часы «пик» сократилось на полчаса. Кибернетические устройства применяются также для составления графиков следования поездов на железной дороге. Это приводит к большому увеличению скорости оборотов составов. Они могут служить и для автоматического вождения поездов и кораблей.

Разработано еще одно кибернетическое устройство. Пока оно еще не внедрено, а существует только его модель. Одна Принстонская фирма демонстрировала недавно модель автострады, под которой находится электронный кондуктор, благодаря чему автомобили могут ездить без шоферов, причем столкновения исключены. Если впереди идет автомобиль с меньшей скоростью, то задний автомобиль его автоматически обгоняет. Предусмотрен въезд на автостраду и выезд с нее.

Автоматические устройства используются и для управления отделными станками, например фрезерными, обрабатывающими лопатки ротора компрессора и турбины реактивного двигателя. Они применяются для определения крутильных и поперечных колебаний валов, для проектирования и конструирования кулачков, жестких стальных конструкций, для автоматизации монтажных работ, контролируют динамику паровых котлов, плавку стали, производят кристаллоструктурный анализ материалов. Ими пользуются для анализа проектируемых и работающих систем электропередачи, водоснабжения, газопроводов, канализации, для регулирования их режима.

В торговле автоматические устройства используются для расфасовки товаров, проверки веса и качества.

Совершенно необходимыми станут автоматические управляющие устройства в космонавтике. Ракеты, направляемые в будущее на Луну или в межпланетное пространство, движущиеся со скоростями, превышающими 11,2 километра в секунду, должны будут, понятно, иметь полностью автоматизированное управление.

В условиях капитализма кибернетическая техника применяется не столько в производстве, сколько в области научных исследований.

Общезвестна машина для предсказания погоды. Ее работа основывается на том, что метеорология создала хорошую математическую модель атмосферы. Если получать своевременно информацию от достаточно густой сети метеорологических станций: о барометрическом давлении, силе и направлении ветра, температуре и влажности воздуха, облачности, то теоретически не представляет особой трудности предсказать, какова будет погода на завтрашний день. Для этого требуется решить некоторую систему дифференциальных уравнений гидродинамики с начальными условиями, задаваемыми по нескольким слоям атмосферы, причем метод ее приближенного решения, так называемый метод сеток, хорошо разработан, в том числе советскими математиками.

Но всякое математическое вычисление сводится в конце концов к арифметике. Оказывается, здесь необходимо произвести десятки миллиардов арифметических действий, причем большинство из них приходится вести последовательно. Вследствие этого решение можно получить не раньше, чем через десять суток, даже при большом штате вычислителей, снабженных арифмометрами, и понятно, что тогда предсказание погоды пригодится только для проверки теории, полноты и точности метеослужбы, но оно будет бесполезно для практики. Однако машина, работающая в США, продлевает эту работу в два с половиной часа с точностью до 90 процентов. Вполне понятно большое народнохозяйственное значение такого точного прогноза, который заменит собой нынешний, получаемый путем прикидки.

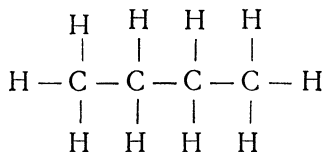
Разумеется, что применение кибернетических устройств для научного исследования не ограничивается прогнозом погоды. Они широко применяются в атомной физике, где встречаются особо сложные математические задачи. В астрономии кибернетические устройства следят за светилами, регистрируя все интересующие ученого параметры. Ими пользуются для исследования космических лучей; без применения этих машин такие вычисления потребовали бы более двух тысяч лет, между тем машина производит их в несколько недель. Счетно-решающие устройства применяются и в геологии для расчета залежей по-

лезных ископаемых, в геофизике, в геодезии для решения топографических задач, в спектрометрии.

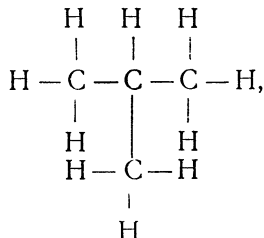
Применяются эти устройства для моделирования работы атомного реактора в учебных целях, а также для определения степени радиоактивности воздуха вблизи атомных реакторов или на больших расстояниях от места взрыва атомной или водородной бомбы. В то время как обыкновенные приборы могут дать результат лишь через 15 минут, эти устройства дают его в долю секунды.

В химии их используют для анализа сложных органических соединений, молекулы которых насчитывают многие сотни и тысячи атомов. Автоматически разлагая пятна на фильтровальной бумаге, устройство проектирует серию кривых на катодный осциллятор, разлагает кривые на их гармонические составляющие и показывает, из каких групп радикалов состоит данное химическое соединение, и даже дает указание о их пространственной конфигурации. Имеется возможность использовать счетно-аналитические машины для «проектирования» новых химических соединений. Как известно, молекулы некоторых органических соединений, так называемых изомеров, имея одинаковый атомный состав, отличаются пространственным расположением атомов в молекуле, благодаря чему свойства этих молекул весьма различны. Так, например, для бутана возможны два изомера:

нормальный



и изобутан



отличающиеся своей температурой кипения. Число изомеров быстро возрастает с увеличением числа атомов, составляющих молекулу предельного углеводорода. Так, для $\text{C}_{20}\text{H}_{42}$ имеется 366319 изомеров, а для $\text{C}_{40}\text{H}_{82}$ — свыше $62 \cdot 10^{12}$. Разумеется, даже если бы все химики занимались лишь исследованием изомеров, они не смогли бы испытать всех их, установить свойства каждого из них. Но машина сможет отобрать по заданной ей программе из всех возможных изомеров те, которые обладают

определенными свойствами, и тем самым значительно облегчить их получение. Некоторые важные соединения — сульфамиды — были сначала получены в виде пространственных моделей, собранных из набора шариков, изображающих атомы, из которых каждый снабжен штифтиками в количестве, соответствующем его валентности. Лишь после того, как на этой пространственной модели были определены свойства предполагаемого соединения, оно было получено в лаборатории.

В биологии такое устройство подсчитывает количество микробов или вирусов, находящихся в поле зрения микроскопа или электронного микроскопа, а при анализе крови — в доли секунды количество красных кровяных шариков.

Важно отметить также, что создано устройство, моделирующее работу человеческого сердца и кровеносной системы. Оно может быть использовано для диагностики. Устройство вычерчивает кардиограмму нормального сердца, но врач может внести в устройство изменения, моделирующие предполагаемые, согласно поставленному им диагнозу, дефекты. Если вычерченная прибором кривая совпадает с кардиограммой больного, то это подтверждает поставленный диагноз. Это же устройство может быть использовано в качестве саморегулирующего инжектора крови.

Аналогичный метод можно применить и для диагностики нервных и психических заболеваний. Доказано, что процесс забывания происходит иначе у человека со здоровой нервной системой, чем у больного, что забывание имеет характерные особенности у отдельных типов и в различных стадиях заболеваний. Кибернетическое устройство может моделировать забывание у нормального человека, но в устройство опять-таки можно внести отклонения, исходя из поставленного диагноза, и, сравнив полученную кривую с кривой забывания пациента, проверить верность диагноза.

Кибернетические устройства находят разностороннее применение и в самой математике. Понятно, что составление математических таблиц, которые так нужны как в самой математике, так и в прикладных науках, машиной производится чрезвычайно быстро. Далее, в математике, в особенности в теории чисел, имеется ряд гипотез, которые не доказаны и не опровергнуты. Кибернетические устройства, по крайней мере на данной стадии своего развития, не могут быть поставщиками отсутствующих доказательств, но они могут сделать ту или другую гипотезу более или менее вероятной.

Кроме того, возникла, как мы уже отметили, новая ветвь математики, так называемая «машинная математика». Счетно-решающая машина строится так, что она решает не одну задачу, а целую группу сходных задач, поэтому математиками вырабатывается программа для целой группы задач. Но возникает вопрос: можно ли для любой группы сходных матема-

тических задач составить алгоритм, т. е. предписание, дающее возможность при помощи конечного числа шагов решить эти задачи? Ясно, что, например, для квадратных уравнений такой алгоритм существует. Это известная формула, при помощи которой решается любое квадратное уравнение, независимо от того, каковы его коэффициенты.

Однако оказалось, что в математике имеются случаи, когда сходные задачи не могут быть решены алгоритмически, хотя каждую задачу в отдельности можно решить индивидуальным приемом. Таковы некоторые задачи в теории чисел или в теории групп и др. Таким образом, доказано, что не всякую математическую и вообще логическую задачу, которую может решить человек, способна решить машина. Задачи, для которых нет алгоритма, для которых нельзя создать программу, машина автоматически решить не может.

Вопросы о том, для каких групп задач может быть составлен алгоритм и для каких это сделать невозможно, как составить наиболее короткий и удобный для вычислений алгоритм, стали важной частью математики. Созданная теория алгоритмов быстро развивается, и на этом участке советская математика занимает первое место в мире. А. А. Марков (сын известного русского математика А. А. Маркова), П. С. Новиков, Н. А. Шанин дали здесь замечательные исследования.

Но кибернетические устройства могут брать на себя не только математические вычисления и управление процессами, но и замену некоторых других видов умственного труда человека. Широко известна машина-переводчик, о ней много писалось в нашей печати. На выставке Академии наук СССР демонстрируется макет универсальной машины БЭСМ, использованной, в частности, для перевода.

Первый раз модель машины-переводчика, переводившая с русского на английский язык, демонстрировалась в январе 1954 года в Нью-Йорке. Она имела словник в 250 слов, только шесть синтаксических и несколько основных грамматических правил и неплохо переводила ограниченный технический текст. Но уже в октябре 1955 года в Лондоне показывали машину, которая имеет словник в тысячу слов из области ядерной физики и переводит с 20 языков.

У нас строится машина, которая будет переводить с шести языков на русский, причем она будет иметь большой словник. Эти машины дают перевод очень быстро, конечно, не отредактированный литературно, но все-таки достаточно грамотный, в готовом напечатанном виде.

Кроме машин-переводчиков, имеются читающие устройства. Они предназначены для слепых и построены на разных принципах. Они либо читают текст вслух, либо передают его путем сигналов азбуки Морзе, причем слепой надевает на голову приспособление, передающее слабые импульсы прямо в лобную

кость. Есть, наконец, машины, которые с обыкновенного шрифта переводят в брайловский выпуклый шрифт и печатают сразу текст. У нас занимаются проектированием таких машин. Это большое гуманное дело, дающее возможность еще шире приобщить слепых к культурной жизни.

Имеются кибернетические устройства для скорого набора и печатания. В то время как лучший наборщик набирает на линолите два знака в одну секунду, это устройство набирает и печатает 400 знаков в секунду. Имеются пишущие машинки, которые печатают 15 строк по 40 знаков в одну секунду. Запроектирована такая машина, которая будет печатать одновременно на двух страницах 108 тысяч знаков в одну минуту. Имеются устройства, сортирующие письма по адресам, — 130 тысяч писем в час. Автоматы можно также использовать для сличения текстов.

Очень важны кибернетические устройства для разных конторских, бухгалтерских работ. Американская телефонная компания «Бэлл» в 1949 году установила у себя машину, которая подсчитывает оплату телефонных переговоров в зависимости от продолжительности разговора и тарифа. На это у нее уходит одна десятая секунды; она печатает сразу готовые платёжные ведомости для абонентов.

Составление платёжных ведомостей для рабочих — это кропотливая работа. Чтобы вычислить на 4 тысячи рабочих недельную заработную плату, трудится больше недели 35 счетных работников. А машина составляет недельную ведомость на одного рабочего, учитывая все операции, переход на разные изделия, премии, вычеты, налоги и т. п., за 27 секунд. При этом эти же машины могут вести всю бухгалтерию завода, следить за прохождением документации по цехам, решать задачи планирования, рациональной расстановки агрегатов и кадров с целью повышения производительности труда и т. п., делая это, понятно, объективно, исключая всякие нежелательные субъективные моменты. Сейчас у нас конструируются такие большие бухгалтерские машины для крупнейших заводов.

Большое значение имеет также автоматизация справочно-библиографической работы, создание полуавтоматических институтов научно-технической информации, где машина в несколько секунд из миллионов карточек, на которые библиографы нанесли различные данные, выбирает те карточки, которые нужны для справки.

Мы остановились столь подробно на применении кибернетической техники для того, чтобы ее практическое жизненное значение стало вполне ясным. Но мы вынуждены отметить еще одно, весьма своеобразное применение кибернетических устройств. Кибернетическая техника родилась на Западе, в условиях империализма. Электронные быстродействующие вычислительные и управляющие машины производит там не-

большое число монополистов. Эти машины очень дороги — очень крупные стоят миллионы долларов, небольшие — около 50 тысяч долларов. Поэтому их, как правило, не покупают, а только арендуют. Существует бешеная конкуренция, борьба за потребителя, поднята невероятная шумиха вокруг этого дела. Одним из средств рекламы кибернетических устройств служат кибернетические игры и игрушки.

Игры и игрушки имеются трех видов. Во-первых, такие, где машина заменяет игрока, как, например, машина, играющая в шахматы. Для этой цели может быть приспособлена и универсальная вычислительная машина. Играя в шахматы, машина работает на следующем принципе. Известно, что шахматная игра имеет определенную схему, определенные правила. В среднем шахматная игра состоит из 40 ходов. Количество всех возможных партий при этом очень большое. Начал партий с первого хода возможно 400, но затем число возможных партий очень быстро растет и для игры в 40 ходов количество всех возможных партий будет примерно $2 \cdot 10^{16}$, — это головокружительное число. Ведь даже если бы все два с половиной миллиарда живущих на Земле людей ежесекундно делали один ход, играя без отдыха все 24 часа, то требовалось бы больше чем 10^{100} веков для того, чтобы сыграть все партии! Поэтому машина не может начинать игру, она начинает играть с середины шахматной партии, так как тогда число возможных партий будет значительно меньше.

В машину вложена определенная программа: например, пешка расценивается в одно очко, конь и слон по 3 очка, ладья в 5, ферзь в 9 очков, король в 200 очков, отставшая, изолированная или сдвоенная пешка в минус пол-очка и т. д. Учитываются также позиционные качества фигур. Машина может предвидеть три своих хода и три хода противника. Если противник может предвидеть больше ходов, то он выиграет, а в противном случае выиграет машина. Она производит для себя всевозможные варианты и выбирает из них оптимальный, который и печатает. Если противник нарушит правила игры, машина дает об этом знать сигналом. Так устроены все кибернетические машины: если математик дает машине программу, которая приводит к противоречиям, например, систему несовместимых уравнений, то машина предупреждает об этом сигналом.

Другим видом кибернетических игр являются приборы, которые решают разные комбинаторные и логические задачи, вроде задачи о переправе волка, козы и капусты через речку, или задачи с разливанием вина по разным сосудам, китайских колец, Ханойской башни, игры «ним» и т. п.

Наконец, имеются настоящие кибернетические игрушки. Во-первых, две небольшие металлические черепахи. Внутри у черепахи моторчик и конденсатор, который заряжается включе-

нием провода в розетку. После этого черепахи отключаются, начинают бегать по комнате, гоняются друг за дружкой, перелезают через препятствия, прячут голову, ножки, хвостик. Но через некоторое время источник энергии начинает иссякать. Тогда черепаха сама приходит к месту, где она первоначально получила заряд, и снова заряжается. Демонстрирующий эту игрушку служащий фирмы говорит: «Вот видите, черепахе захотелось кушать, она запомнила место и прибежала сюда».

Шеннон построил игрушку, получившую название «мышка Шеннона». Это квадратная алюминиевая коробочка, обращенная открытой стороной к зрителям. Ее разгораживают алюминиевыми перегородками так, что получается лабиринт: из любой

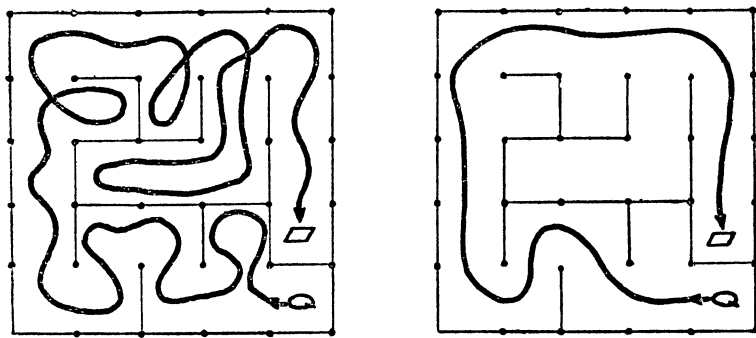


Рис. 5.

клетки можно попасть в любую клетку. В одну из клеток кладут стальную «мышку», а в другую клетку, до которой труднее всего добраться, отделенную от первой перегородкой, кладут стальной «кусочек сала». Позади коробки находится кибернетическое устройство. Устройство включают, и тогда мышка начинает двигаться, тычется во все стороны и, проходя по сложной, зигзагообразной линии, скажем, через 60 секунд добирается до кусочка сала. После этого устройство выключают, мышку ставят в первоначальное место, и устройство снова включают. Теперь мышка движется по кратчайшему пути, не заходит в закоулки и добирается до сала за 15 секунд. И тот, кто демонстрирует эту игрушку, говорит: «Вот, мышка приобрела условный рефлекс, запомнила дорогу, научилась на своих ошибках. Нет никакой разницы между поведением живой мышки и даже между поведением человека и поведением стальной мышки или прибора. Здесь перед нами настоящий электронный мозг».

Конечно, школьники, перед которыми демонстрируют «мышку Шеннона», может быть, и в самом деле верят, что кибернетическое устройство приобрело условный рефлекс или что условные рефлексы живого организма можно объяснить принципами работы машины.

Каковы же действительные причины, определяющие подобные действия? Чтобы ответить на этот вопрос, нужно объяснить, во-первых, почему «мышка», попав в первый из закоулков, не остановилась там или же не вернулась в исходное положение и не стала циркулировать туда и обратно, а обязательно добралась до сала. Меняя расположение перегородок, можно убедиться, что как бы ни был устроен лабиринт, это произойдет всегда. Во-вторых, нужно объяснить, почему свое второе путешествие мышка осуществляет, не заходя в закоулки, не петляя, и в кратчайшее время. Все это объясняется просто, чисто физико-математическими свойствами устройства.

Представим себе, что 1) все клетки коробки, где мышка не побывала, освещены зеленым светом, 2) что мышка, двигаясь, оставляет за собой желтый след в тех местах, куда она попадает в первый раз, и 3) красный в тех, куда она попадает во второй раз, и что 4) в места, освещенные красным светом, она больше не может попасть. Не трудно убедиться, что при этих четырех условиях мышка в первый раз обязательно доберется до сала, а во второй раз дойдет до него кратчайшим путем. Правда, устройство не работает при помощи световых сигналов — этот прием приведен нами лишь для наглядности. Однако оно построено сходно, а именно на принципе сохранения устойчивых связей и отбрасывания ненужных.

Мы привели пример с этой игрушкой прежде всего для того, чтобы показать, что здесь действительно имеется некоторое формальное сходство с действиями животного или человека. И это вовсе не единственная аналогия. Так, обратная связь в живом организме играет чрезвычайно важную роль: в частности, мозжечек с ее помощью регулирует устойчивое положение животного и человека. Нарушение обратной связи приводит к характерным дрожаниям как в машине, так и в организме. Не будь этой аналогии, нас бы ничего здесь не поражало, нельзя было бы проводить никаких сравнений. Но «мышка Шеннона» не просто игрушка и вовсе не оружие «холодной войны против учения Павлова», как некоторые утверждали, а устройство, которое моделирует условные рефлексy и может служить для изучения физиологических закономерностей (что не значит, будто последние сводились к закономерностям машины). Кроме того, принцип «мышки Шеннона» может быть применен на практике для усовершенствования автоматических устройств.

Если построить на этом принципе автоматическую телефонную станцию, то эта АТС будет «считаться» с тем, что разговоры любого абонента со всеми другими абонентами не равно вероятны, а у каждого абонента имеется свой индивидуальный список абонентов, с которыми он чаще всего связывается. Мы, к счастью, редко звоним в пожарную охрану, но зато имеем друзей, с которыми разговариваем по телефону чаще всего.

Если АТС «привыкнет» к этим устойчивым связям, то она будет работать быстрее и изнашиваться будет меньше.

Итак, машина как бы натренировалась, обучилась: вначале она работала медленно, «мышка» добиралась до сала за 60 секунд, а потом она «научилась» и добиралась до него за 15 секунд. В последнее время этот принцип применили в вычислительных и вообще кибернетических устройствах, которые сначала работают одними темпами, а потом «научаются» работать быстрее. Кроме того, моделирование условных рефлексов кибернетическим устройством используется для физиологических и психологических исследований.

Вся эта новая отрасль знания и техники чрезвычайно быстро развивается. В 1955 году в № 4 журнала «Вопросы философии» были напечатаны статьи о кибернетике. Частично эти статьи уже устарели, потому что за это время кибернетика и теоретически и практически шагнула значительно вперед. Уменьшились габариты и вес кибернетических машин. Машина, которая весила раньше 2 тонны, сейчас весит 65 килограммов, потому что вместо электронных ламп стали применять полупроводники и ферриты. До недавнего времени большие электронные счетные и управляющие машины требовали для своего конструирования очень долгих сроков. Сейчас созданы стандартные блоки, узлы, из которых быстро собирают эти машины. Управление машиной, передача ей заданий может производиться на значительном расстоянии — по телеграфу, телефону или радио.

В кибернетических машинах начали применять бесконтактные устройства, что приводит не только к значительно меньшему износу частей, но и открывает новые возможности общего конструирования этих машин, в частности, позволяет начать работу над осуществлением проекта Тьюринга (на его проекте мы остановимся позже). Раньше много времени и труда занимало программирование, которое было делом квалифицированного математика и занимало иногда недели и даже месяцы. Сейчас значительную часть этой программной работы берет на себя машина, а математик высокой квалификации занимается программированием программирования.

Как мы уже отметили, машина может сама «обучаться». Принцип «мышки Шеннона» может быть применен и к «памяти» машины — она также может сама «перестраиваться» так, чтобы получение из нее данных максимально ускорялось.

Наконец, имеется проект машины Дж. Неймана, известного математика, занимавшегося логико-математическим обоснованием квантовой механики. Сооружаемая по его проекту машина сможет производить себе подобные, причем не только «детей», но и «внуков», «правнуков» и т. д., потому что она будет вкладывать в построенные ею машины план строительства для таких же машин. Хотя пока такая машина не построена

(по проекту она должна насчитывать около 200 тысяч ячеек), но раз имеются машины, которые могут, например, собирать радиоприемники, возможно создание машины, которая будет собирать машины, подобные ей самой.

МИРОВОЗЗРЕНЧЕСКИЕ ВЫВОДЫ

После всего сказанного следует поставить вопрос: в чем сходство и различие между действием кибернетического устройства и работой человеческого мозга, человеческой нервной системы? Для философского осмысливания кибернетики этот вопрос является основным.

Прежде всего нужно сказать, что на Западе вокруг кибернетики поднят не только невероятный шум, но на ней паразитируют метафизика и идеализм, как, впрочем, на любом крупном научном открытии. Многие ученые, естествоиспытатели и философы, а еще больше падкие на сенсации журналисты печатают в этой связи самые невероятные вещи. Утверждают, что нет никакого отличия между работой кибернетической машины и человеческим мозгом или что, в крайнем случае, это отличие лишь количественное, что машина может полностью заменить умственный труд человека или, наоборот, что человек — это, собственно говоря, машина, что кибернетика может решить все социальные проблемы, так как законы общественного развития якобы сводятся к физическим законам, и т. д.

На кибернетике паразитирует также буржуазная пропаганда, запугивающая рабочий класс и интеллигенцию безработицей. Так, когда крупнейшая английская компания по страхованию поставила у себя быстродействующую счетную машину и уволила 2 тысячи средних служащих, то в журнале «Нейшн» появилась статья с такой моралью: «Вы должны это учесть, английские служащие. Мы, предприниматели, держим вас из милости. Если вы будете выдвигать экономические, а тем более политические требования, можем обойтись без вас». Кроме того, шумиха вокруг кибернетики, особенно в США, служит для подстегивания гонки вооружений. Американских налогоплательщиков уверяют, что кибернетические машины смогут полностью заменить солдат в будущей войне, что нужно только побольше отпускать средств на эти машины.

Ознакомившись с подобными реакционными высказываниями, некоторые наши философы смешали идеологические выводы, которые иногда делаются из кибернетики на Западе, с самим существом этой новой отрасли знания. Они называли кибернетику лженаукой, сплошной мистификацией, а тех, кто ею занимается, называли реакционерами.

Проявленное некоторыми нашими философами нигилистическое отношение к кибернетике столь же вредно, как и нигилистическое отношение к теории относительности, к примене-

нию квантовой механики в химии, к изучению наследственности с помощью физики и химии, или к математической логике. Нигилизм, отбрасывание научных достижений на том основании, что обволакивающая их идеология антинаучна, задерживает рост нашей науки и техники. Такой нигилизм столь же вреден, как и преклонение перед буржуазной идеологией, как отказ от идеологической борьбы с паразитирующими на кибернетике и вообще на достижениях естествознания и техники идеализмом и метафизикой. А смешивание философских взглядов естествоиспытателей капиталистических стран с их политическими установками, зачисление их в лагерь реакции лишь на том основании, что они идеалисты, способно лишь оттолкнуть от нас многих искренних друзей.

Подчеркиваем, что это не значит, будто мы должны прекратить идеологическую борьбу против антинаучных выводов, которые идеалисты и метафизики делают из кибернетики. Прежде всего ясно, что нельзя понимать буквально такие выражения, как «машина запоминает», «память машины», «язык машины», «машина раздумывает» и т. п. Однако эта терминология общепринята, лучшей у нас пока нет. Дело не в терминологии, нужно только ее правильно объяснить. Само название «кибернетика» ничего плохого не означает — это означает «наука управления». Некоторые предлагают называть ее теорией автоматике. Но это слишком узкое название, потому что кибернетика охватывает не только автоматике, но и весь процесс управления, контроля, передачи информации не только в машине, но и в организме, в частности и в нервной системе.

Борьбу против антинаучных выводов, делающихся из кибернетики, как вообще против идеалистической философии, следует вести со знанием дела, а не с барабанным боем, не с бранью, а доказывая, по существу разбивая доводы противника и по-деловому опровергая их. Это, с другой стороны, не означает, что мы должны ради вежливости делать какую-то скидку нашим идеологическим противникам, стыдливо не называть вещи своими именами. В этом вопросе, как и во всех других, нам следует брать пример с Ленина. Он давал терпеливый, детальный разбор аргументации философских противников, точно определяя единственно верную, марксистскую точку зрения на данный вопрос.

Разумеется, что борьба против так называемой «кибернетической философии», то есть против позитивистов и прагматистов, пытающихся опереться на кибернетику, не сводится к вопросам терминологии.

Не эти терминологические вопросы являются главными. Важнее всего дать правильный ответ на основной вопрос: в чем сходство и различие между действием кибернетического устройства и действием нервной системы человека, между функциями, выполняемыми этим устройством, и психическими

функциями нашего мозга. Этот вопрос имеет громадное теоретическое и практическое значение.

Очевидно, что кибернетическое устройство, как и любая другая машина,— это часть техники, т. е. часть природы, которую человек вырвал из природы и использует в своих интересах. А человеческая психика — это продукт общественного развития, она возникла в процессе целенаправленного труда. Лишь человек обладает сознанием; животное, а тем более машина, сознанием не обладают. Для того, кто усвоил хотя бы азы диалектического материализма, это ясно. Ведь существует глубокая разница даже между психикой человека и психикой животного. У человека имеется разум, а у животного только рассудок. Об этом писал Энгельс в «Диалектике природы»; в качестве примера он приводил свою собаку Дидо. У собаки и вообще у некоторых высших животных имеются зародыши индукции, дедукции, анализа, синтеза, но понятия у них нет. Абстрактное мышление, мышление в понятиях имеется только у человека.

Все учение Павлова о второй сигнальной системе подтверждает глубокую разницу между рассудком и разумом.

Итак, между психикой человека и животного, а тем более между функцией машины и психикой человека, имеется глубокая принципиальная разница. Они не могут быть сведены друг к другу.

Однако это не полный ответ. Хотя ясно, что машина не может ненавидеть и любить, что она не имеет чувств, воли, не имеет характера, что ее «память» не похожа на человеческую память, потому что наша память окрашена всякими переживаниями, между тем как у машины имеется лишь формальная, количественная модель памяти, тем не менее это не полный ответ.

Ведь возражать против того, что между работой кибернетического устройства и некоторыми мыслительными функциями человека существует формальная аналогия, значило бы оспаривать факты. В чем же основа этой аналогии? В том, что психика человека, как бы она ни была отлична от психики животных, в конце концов основывается на ощущении.

В ясно выраженной форме ощущение связано только с высшими формами материи, с органической материей и, как указывает Ленин, в фундаменте самого здания материи можно лишь предполагать существование способности, сходной с ощущением.

Ленин учил, что «назвать мысль материальной — значит сделать ошибочный шаг к смешению материализма с идеализмом», но вместе с тем он подчеркивал, что гносеологическое противопоставление материи духу «не должно быть «чрезмерным», преувеличенным, метафизическим».

Именно благодаря тому, что наша нервная система является

частью природы, что в ней господствуют те же физические законы, как и во всей природе, имеется возможность моделировать деятельность нервной системы кибернетическим устройством. Разумеется, что подобная модель дает лишь упрощенную картину, а также, что эта картина не может служить основанием для сведения психической деятельности к физическому движению. Но, отрицая сведение, мы не должны стоять на столь же ошибочной, хотя с виду противоположной точке зрения отрыва психологии (а также и биологии) от физики (и химии).

Следует отметить, что на Западе церковники ведут кампанию против кибернетики. Они уверяют, что будто между работой кибернетической машины и психической деятельностью человека вообще недопустимо проводить какую-либо даже количественную аналогию, будто кибернетика — это порождение «развратного материализма», будто она «лишает человека духа, которым одарил его бог».

Между тем оказывается, что нервная клетка (нейрон) испускает энергетический импульс, который либо действует возбуждающе, либо тормозит соседний нейрон. Нейроны работают циклично, после испускания они некоторое время остаются неактивными. При этом различные нейроны синхронизированы, т. е. все активные нейроны действуют одновременно. Нейрон испускает энергию, если он был в предыдущем цикле возбужден и не был подавлен. Если, например, нейрон имеет двух соседей, из которых один возбуждает, а другой подавляет, то лишь в том случае, если в предыдущем цикле первый нейрон испускал энергию, а второй нет, наш нейрон будет теперь активным. Но так же точно действует и триггер, моделирующий этот простой принцип. Самая сложная логическая машина строится на том же принципе.

Ионная теория возбуждения, созданная работами Ю. П. Чаговцева, американского ученого Ж. Леба, немца В. Нернста и завершенная в 1916 году одним из основателей биофизики П. П. Лазаревым, доказала, что возбуждение нейронов наступает лишь при определенном изменении концентрации свободных ионов или изменении в соотношении их концентрации. Она показала, что нейрон не отвечает на раздражение, если оно ниже порога раздражения, а на раздражение, равное и большее пороговой величины, он отвечает с максимальной силой. Этот закон «все или ничего» использовался идеалистами для мнимого «обоснования» антинаучных выводов о независимости реакций организма и его эволюции от влияний среды, и с этой целью неправоммерно обобщался на весь организм как целое. Однако критика этого закона дошла до полного его отрицания, даже в применении к отдельным нейронам, что находится в явном противоречии с экспериментальными фактами.

При всем формальном сходстве между работой кибернетического устройства и некоторыми сторонами нашей мыслитель-

ной деятельности, сходстве, коренящемся в том, что нервные процессы, подобно процессам в релейно-контактных системах, имеют электрическую природу, в самой материальной основе обеих этих групп явлений имеется тем не менее громадная разница. В то время как кибернетические устройства состоят из жестких элементов, наш мозг и нервная система построены из коллоидальных клеток, способных к взаимозамене, регенерации, несравненно более сложных и несравненно более взаимосвязанных, чем части кибернетического устройства.

Но даже в чисто количественном отношении машина не может сравниться с мозгом. Число клеток мозга в 10 тысяч раз больше, чем число ячеек машины. И хотя, тем не менее, машина работает в 10 тысяч раз быстрее, чем человек, ее «память» имеет объем в тысячу раз меньший, чем объем человеческой памяти, причем последнее обстоятельство не может быть устранено за счет дальнейшего усложнения современных машин.

Правда, английский математик А. М. Тьюринг еще в 1936 году предложил проект логической машины, имеющей принципиально неограниченную «память». Эта машина несравненно более простая по идее, чем современные быстродействующие вычислительные машины, однако она работает весьма медленно, так как числа записываются в ней не в двоичной системе, а просто последовательностью единиц на движущуюся бесконечную ленту. Например, число 9 записывается не как 1001, а как 111111111. Кроме ленты, разбитой на квадраты (в каждый квадрат записывается не более одной единицы или разделительного знака), пера и стиральной резинки, машина состоит из фотоэлемента — «глаза», просматривающего запись мотора, движущего ленту, циферблата со стрелкой, воплощающего «запоминание» непосредственно предшествовавшего действия, и из логического контроля, осуществляемого электронными лампами. Машина выполняет следующие шесть действий: 1) пишет 1, 2) пишет разделительный знак X, 3) стирает написанное, 4) сдвигает ленту на один квадрат влево, 5) сдвигает ленту на один квадрат вправо, 6) останавливает ленту. Состояние машины определятся, во-первых, тем, что видит ее «глаз», во-вторых, тем, что показывает ее «память». Для нее готовится программа — таблица команд, по которым она действует. Так, например, в таблице указано (конечно, цифровым кодом): «Если «глаз» видит в квадрате X и стрелка «памяти» указывает на число 1, то надо стереть X и сдвинуть стрелку на число 2».

Это машина универсальная, могущая подражать любому логическому процессу, причем программирование для нее весьма просто. Теория работы машины Тьюринга основана на теории рекурсивных функций. В настоящее время ведутся работы по созданию этой машины, причем имеется в виду заменить медленно действующее ленточное устройство электронными

лампами или полупроводниками, использовать бесконтактные схемы.

Какой же ответ мы должны дать на вопрос, что из мыслительных функций человека может взять на себя машина? Может быть, следует сказать, что машина делает только то, что ей приказал человек, что она не может действовать творчески? Это, конечно, верно, в том смысле, что в конечном счете машина всегда является орудием в руках человека, но вместе с тем машина может делать больше того, что ей непосредственно приказал человек. Возьмем такой пример. Существуют так называемые совершенные числа. Это такие целые положительные числа n , которые равны сумме всех своих правильных делите-

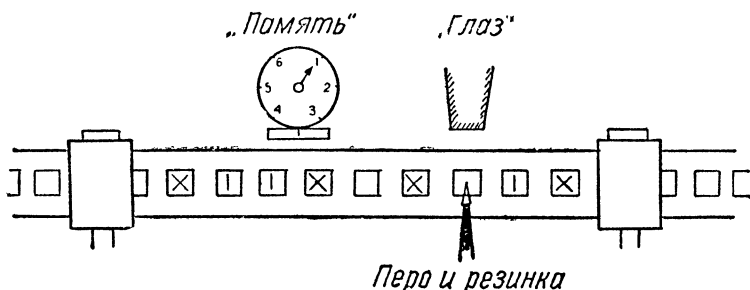


Рис. 6.

лей (то есть делителей меньших n), как, например, число $6 = 1 + 2 + 3$, или $28 = 1 + 2 + 4 + 7 + 14$.

Еще за 300 лет до нашей эры Эвклид доказал, что все четные совершенные числа имеют вид $2^{p-1} \cdot (2^p - 1)$, где 2^{p-1} простое число, то есть число, делящееся лишь на 1 и на самое себя. Для того, чтобы 2^{p-1} было простым числом, необходимо, чтобы показатель p был простым, но этого условия недостаточно. Так, для $p = 11$ число $2^{11} - 1 = 2047$ разлагается на множители $2047 = 23 \cdot 89$. Еще Эйлер знал восемь четных совершенных чисел, соответствующих значениям $p = 2, 3, 5, 7, 13, 17, 19, 31$. До последнего времени были найдены еще четыре совершенных числа для $p = 61, 89, 107, 127$. Недавно при помощи быстродействующей вычислительной машины в течение нескольких часов было установлено, что число 2^{p-1} является простым для $p = 2281$, а следовательно, число $2^{2280} (2^{2281} - 1)$ — совершенным. А ведь число $2^{2281} - 1$ имеет 686 знаков и для того, чтобы проверить, что оно не разлагается на множители, его нужно испытать на делители, достигающие 343 знаков!

Правда, согласно малой теореме Ферма, если число $2^p - 1$ имеет делителей, то они должны иметь вид $2^{pt} + 1$, значит, в данном случае достаточно установить, не делится ли число $2^{2281} - 1$ на числа вида $4562t + 1$, где t может принимать

значения от 1 до 339-значного числа. Осуществить такую проверку без электронной машины — задача непосильная для человека.

Значит, можно лишь сказать, что машина **в конечном счете** делает только то, что ей приказал человек. Но что значит «в конечном счете», где начало и где конец этого счета?

Может быть, следует ответить, что машина не может, подобно человеку, действовать осмысленно? Но что значит «осмысленно?». Диалектический материализм учит, что какое-нибудь понятие имеет смысл тогда, когда оно отражает действительность. Если оно не отражает действительности — оно бессмысленно. Понятие «кафедра», например, имеет смысл, так как кафедре можно сделать, на ней можно работать, ее можно сломать, а понятие «черт» не имеет смысла, чертей нет, или, точнее говоря, понятие «черт» имеет смысл лишь постольку, поскольку оно в искаженном религиозными представлениями виде олицетворяет злое начало, угнетающее человека. Конечно у машины нет понятий, но у машины есть сигналы, отражающие понятия, подобно тому, как слова отражают их в языке. Могут ли эти сигналы «осмысленно» реагировать на внешний мир, могут ли их действия меняться целесообразно, в зависимости от изменения этого внешнего мира или нет? Оказывается, могут.

Представим себе подводную лодку, на которой нет людей, но имеется кибернетическое устройство. Ее радарная установка обнаруживает на большом расстоянии военное судно на море. Тогда лодка дает (заранее предусмотренный) сигнал по условному коду.

Пусть судно тоже кибернетическое, на нем тоже нет людей. Если это свое судно, то оно дает условный ответный сигнал, и подводная лодка на этом «успокоится». Если же нет ответного сигнала, то лодка атакует судно. Значит, мы имеем здесь модель целесообразного поведения живого организма, его взаимодействия со средой, с другим организмом. Отсюда следует, что было бы неверно утверждать, будто кибернетическое устройство не может действовать «осмысленно».

Да и переводческая машина работает «осмысленно». Если, например, встретится в русском тексте корень «угл», то при переводе на английский язык в машине возникнут сначала две возможности «angle» и «coal», а затем, в зависимости от окончания, например, «а», или «я», машина выберет либо первый, либо второй перевод. Разумеется, что такой способ выбора предусмотрен программой.

В результате мы приходим к выводу, что машина может делать все то из мыслительных функций человека, что может быть формализовано, т. е. то, что можно записать при помощи конечного числа конечных формул. Так, машина может вычислять, потому что вычисление, как правило, можно записать

при помощи конечных формул. И переводить она может с одного языка на другой лишь потому, что правила перевода можно записать при помощи конечного числа конечных формул. Инструментовку какого-нибудь музыкального произведения она тоже может сделать, потому что для этого имеются определенные формальные правила. Может ли машина сочинять стихи? Если, например, поставить машину на берег моря в час восхода солнца, то каким бы этот восход ни был прекрасным и какой бы совершенной ни была машина, она не сочинит о нем ни одной строчки. Но если вложить в машину подстрочник, достаточный запас слов и правила стихосложения, то она может переложить прозаическое сочинение, например, на сонет.

Итак, машина может делать все то, что может быть формализовано. Но что именно может быть формализовано? Как ответить на этот вопрос?

После небольшого размышления мы приходим к выводу, что на этот вопрос принципиально ответить нельзя. Такой ответ может показаться странным. Найдутся философы, которые сочтут этот ответ за агностицизм. Ведь здесь говорится, что принципиально чего-то познать нельзя, что нельзя дать ответ на поставленный вполне разумный вопрос.

Но так ли это?

В конце прошлого и начале нашего века в логико-философском обосновании математики возникла школа, возглавляемая крупнейшим математиком нашего времени немцем Д. Гильбертом, скончавшимся в 1943 году. Это школа формализма. Сторонники Гильберта хотели вывести всю математику из раз навсегда заданной системы аксиом, которые они рассматривали как выражение символов, ничего не отражающих из действительности, а являющихся только знаками на бумаге. И в самом деле, в известном смысле им удалось свести геометрию и анализ к арифметике целых положительных чисел и для последней построить конечную систему аксиом A . Казалось, что задача, поставленная формалистами, была ими окончательно решена. Однако в 1931 году принадлежащий к этой школе видный австрийский математик К. Гедель доказал следующую теорему, состоящую из четырех частей. 1) Если дана такая система аксиом A , то всегда возможно, прибегая лишь к понятиям, входящим в нее, построить по меньшей мере одну теорему T , такую, что ее нельзя при помощи системы аксиом A ни доказать, ни опровергнуть. 2) Но тогда можно подобрать новую аксиому α так, что, присоединив ее к системе A и получив расширенную систему аксиом $A' = A + \alpha$, мы обязательно сможем с ее помощью теорему T либо доказать, либо опровергнуть. 3) Однако тогда в расширенной системе аксиом A' можно, не прибегая к посторонним понятиям, обязательно построить по меньшей мере одну теорему T' , которая не доказывает

ся и не опровергается в системе A' . Присоединяя все новые и новые аксиомы $\alpha, \alpha' \dots$ этот процесс можно продолжать беспрерывно. 4) Среди недоказуемых и неопровергаемых в системе A аксиом T имеется аксиома τ гласящая, что система A логически непротиворечива. Иначе говоря, доказано, что при помощи одной лишь системы аксиом арифметики нельзя доказать или опровергнуть ее логическую непротиворечивость, т. е. нельзя получить уверенность в том, что когда-либо, продолжая делать из этой системы аксиом все новые и новые выводы, получая все новые и новые теоремы, мы не придем, наконец, к противоречию $0 = 1$.

Таким образом, оказалось, что формалисты хотели доказать, будто вся математика может быть сведена к конечной, независимо от бесконечно богатой и вечно развивающейся действительности, наперед заданной системе застывших понятий. А получилось, что как и всякое другое знание, математика всегда неполна, что она лишь приблизительно отражает материальную действительность, но что она способна к дальнейшему развитию, ко все большему и большему охвату этой действительности. Оказалось, что проверка логической непротиворечивости математики невозможна без сличения математики с практикой, без сличения ее аксиом с предметами действительного мира. И в утверждении невозможности сведения математики к заранее данной конечной логической системе нет никакого агностицизма.

То же и здесь. Признавая, что нельзя указать жесткой верхней границы для того, что может быть формализовано, мы тем самым указываем на то, что кибернетические устройства могут быть все больше и больше усовершенствованы. На нынешнем уровне своего развития они берут на себя некоторые умственные работы человека, а завтра, послезавтра возможности использования машины для этих целей будут еще более расширяться. Как далеко пойдет это развитие, предвидеть нельзя, так же как нельзя предположить, что пещерный человек смог бы предвидеть электрификацию. Ведь человек, если он не занимается пустым фантазерством, всегда опирается в своем предвидении лишь на уже достигнутое.

В итоге можно сказать, что мы вступили в эпоху нового технического переворота. Кибернетическая техника — это часть этого величайшего переворота. Замечательно то, что кибернетическая техника нашла свою оценку еще сто лет тому назад. Еще в 1857 году Карл Маркс в своих «Очерках критики политической экономии» писал по поводу только-только появившегося электрического телеграфа и сельфактора — машины, употребляющейся в текстильной промышленности, в которой автомат подхватывает и соединяет порвавшиеся нити, — что это «созданные человеческой рукой органы человеческого мозга; овеществленная сила знания». Таким образом, Маркс не

сравнивал эти машины с человеческими руками, не считал их продолжением человеческих рук, пальцев и мускулов, а считал их органами мозга человека. Эта совершенно новая техника разгружает наши умственные, логические функции, нашу память, наше внимание и т. д. Это техника, которая станет — и, как мы видим, она уже воплощается в жизнь в шестой пятилетке — важной составной частью материальной основы культуры коммунистического общества.

Иногда, в связи с кибернетикой, ставится такой вопрос. Если при капитализме имеются полностью автоматизированные заводы, на которых рабочие не производят прибавочной стоимости, то как это совместимо с марксистской политической экономией, согласно которой прибыль образуется благодаря неоплаченному прибавочному труду рабочего в процессе производства?

Но Маркс показал, что значительную часть прибыли капиталисты могут получить за счет прибавочного труда рабочих не своего собственного предприятия, а других предприятий, из общего котла прибавочной стоимости, благодаря обмену товаров, при котором образуются цены производства.

Так и получают прибыль владельцы полностью автоматизированных заводов за счет прибыли других капиталистов, которым они сдают кибернетические машины в аренду или продают их им, т. е. они получают прибыль за счет неоплаченного труда рабочих других капиталистических предприятий.

И совершенно очевидно, что полностью автоматизированные предприятия могут существовать при капитализме лишь в единичных случаях. В массовом масштабе они могут лишь ускорить гибель капиталистического строя. Вводимая Фордом и «Дженерал электрик» автоматизация производства увеличивает количество безработных в США на 3 миллиона человек. А капиталистический строй без пролетариата немыслим, потому что продукцию нельзя продавать безработным. Конечно, отдельные, высокоразвитые капиталистические страны могут найти временный выход в том, что, вводя у себя кибернетическую технику, они пытаются навязывать свою продукцию другим, менее развитым странам. Но это лишь обострит противоречия капиталистического мира, усилит опасность новой войны. Все это способно лишь привести к активизации борьбы трудящихся масс против бесчеловечного строя.

Таким образом, совершенно очевидно, что при капитализме кибернетическая техника обращается против трудящихся, служит средством увеличения прибыли.

Некоторые спрашивают, не приведет ли широкое внедрение техники, берущей на себя значительную часть умственного труда, к вырождению мыслительных способностей человека. Нужно сказать, что, когда появились первые железные до-

роги, некоторые высказывали опасение, что люди разучатся ходить, но, как мы видим, этого не случилось даже и после появления других видов транспорта — трамвая, автомобиля, самолета. Не ослабнет, не атрофируется и человеческий мозг, а, наоборот, он будет дальше развиваться, потому что человек, избавленный от необходимости заниматься утомительными, поддающимися автоматизации видами умственного труда, сможет уделить и будет уделять свое время для дальнейшего усовершенствования этих устройств, для еще более сложных, тонких, высоко абстрактных исследований, которые дадут ему возможность все шире и глубже познавать действительный материальный мир и подчинять его себе.

Разумеется, что одно лишь внедрение кибернетической, равно как и атомной, техники, не сделает человека счастливым. Техника сама по себе одинаково может принести человечеству и величайшие бедствия и невиданное процветание — все зависит от общественного строя. Лишь когда народы добьются прочного мира, когда навсегда прекратится гонка вооружений, когда война повсюду будет признана тягчайшим преступлением, а затем, когда исчезнет всякий вид эксплуатации человека человеком, кибернетика будет служить исключительно для блага людей.

Кибернетическая техника — это техника строящегося коммунистического общества. Здесь она делает возможным превращение рабочего в инженера-наладчика, будет способствовать уничтожению существенного различия между физическим и умственным трудом, сокращению рабочего дня, созданию, вместе с атомной энергией, неисчислимых материальных благ и возможностей культурного роста народа.

Конечно, за внедрение этой новой техники нужно бороться, оно не придет само собой. Нужно преодолеть косность, с которой некоторые сопротивляются введению всего нового, широко развернуть подготовку специалистов этой области, навестать упущенное. Наш социалистический строй полностью обеспечивает возможность решения этой задачи.

Иногда можно услышать вопрос: не приведет ли массовое внедрение кибернетической и атомной техники к моральному вырождению человека, не создаст ли полученный им громадный досуг, высвобождение столь большого количества свободного времени — условия для лени, для разложения? Разумеется, высокому уровню техники должен отвечать и высокий моральный уровень человека, сознающего свой долг перед обществом, преодолевшего в себе все грубоэгоистические побуждения. Необходимо упорно работать над повышением нашей внутренней культуры, воспитывать в себе качества коммунистической морали, беспощадно бороться против лжи, стяжательства, карьеризма, угодничества, равнодушия, национализма, против всех, ввевшихся в сознание некоторых наших людей остатков и

рецидивов звериной идеологии эксплуататорского мира. Это трудная и благородная задача. Хотя создать технику легче, чем переделать человека, но мы этого добьемся, что бы там ни говорили идеологи капитализма о будто бы «вечном зверином начале человека». Лишь сравнительно небольшая прослойка людей готова ради своих сверхприбылей разжечь атомную войну. Но все возрастающий отпор, оказываемый этим каннибалам народами всего мира, доказывает, что человечество духовно выросло, что оно способно поставить новую технику, в том числе и кибернетическую, на службу народу.



60 коп.