

В.М. Глушков

ученые\*  
**дэ**  
школьники\*

# Что такое кибернетика







**ВИКТОР МИХАЙЛОВИЧ ГЛУШКОВ** — видный советский ученый, математик, академик с 1964 г., вице-президент АН УССР, Герой Социалистического Труда. Родился в 1923 г., окончил Ростовский университет в 1948 г. С 1956 г. работает в АН УССР, с 1962 г. — директор организованного им Института кибернетики АН УССР.

В. М. Глушков занимается разработкой теоретических и прикладных вопросов кибернетики. Важные результаты получены им в теории цифровых автоматов, проектирования ЭВМ, в области приложения вычислительной техники к управлению производственными процессами и экономикой.

В. М. Глушков — член ЦК КП Украины, депутат Верховного Совета УССР 7-го созыва и Верховного Совета СССР 8-го созыва.

Награжден двумя орденами Ленина, Ленинской и Государственной премиями.

**В. М. Глушков**

Библиотечка  
Детской  
энциклопедии



# Что такое кибернетика

Редакционная  
коллегия:  
*И. В. Петрянов*  
(главный редактор)  
*И. Л. Кнунянц*



«Педагогика»  
Москва, 1975

**Главная редакция Детской энциклопедии:**

Артоболевский И. И.	Кедров Б. М.
Банников А. Г.	Ким М. П.
Благой Д. Д.	Кузин Н. П.
Брусничкина Р. Д.	Кузовников А. М.
Буцкус П. Ф.	Леонтьев А. Н.
Ворожейник И. Е.	Лурия А. Р.
Воронцов-Вельяминов Б. А.	Михалков С. В.
Генкель П. А.	Нечкина М. В.
Герасимов С. А.	Панагин Ф. Г.
Гончаров А. Д.	Петрянов И. В.
Горшков Г. П.	Разумный В. А.
Данилов А. И.	Соловьев А. И.
Джибладзе Г. Н.	Тимофеев Л. И.
Долинина Н. Г.	Тихвинский С. Л.
Дубинин Н. П.	Тяжелников Е. М.
Иванович К. А.	Хачатуров Т. С.
Измайлов А. Э.	Цаголов Н. А.
Кабалевский Д. Б.	Царев М. И.
	Чепелев В. И.

**Глушков В. М.**

Г55 Что такое кибернетика. М., «Педагогика», 1975.

64 с. с ил. (Библиотека Детской энциклопедии «Ученые — школьнику»).

Виднейший ученый страны в области кибернетики, академик В. М. Глушков в популярной форме рассказывает школьникам о кибернетике. Увлекательно на простых примерах автор рассматривает некоторые теоретические вопросы.

В книге говорится об удивительных возможностях, открываемых кибернетикой для медицины, биологии, техники и различных отраслей народного хозяйства, об автоматизации творческих процессов.

Г 60700—081 48—75  
005(01)—75

6ф

Во второй половине XX в. перед человечеством встала сложная проблема — как усилить свою **интеллектуальную мощь**? Решить эту задачу можно только путем автоматизации умственного труда с помощью электронно-вычислительной техники, являющейся технической базой новой молодой науки — кибернетики.

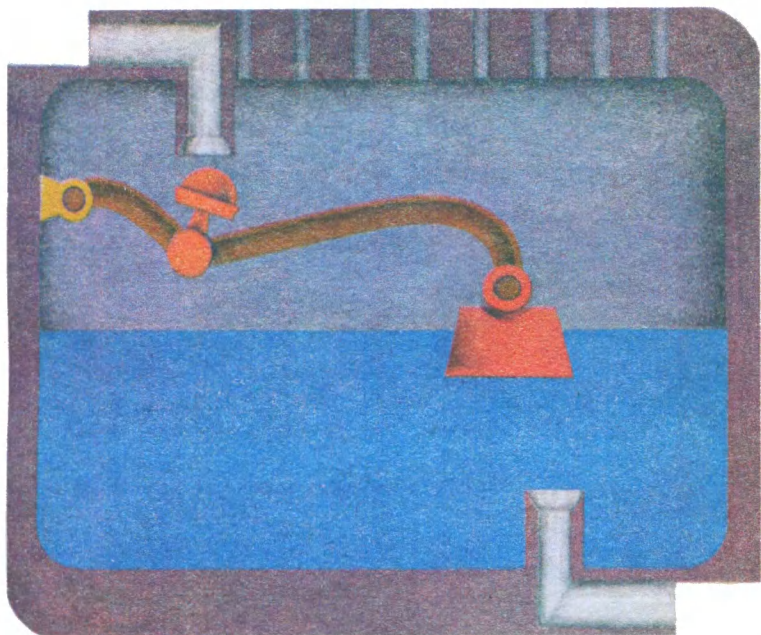
### Управляющие системы

Одно из важнейших понятий современной науки — понятие управляющей системы. С разнообразными управляющими системами мы встречаемся в технике, в растительном и животном мире, в человеческом обществе.

Пример технической управляющей системы — примитивный поплавочный регулятор уровня воды, изображенный на рисунке. Задача его — поддерживать постоянный уровень жидкости в сосуде. Регуляторы подобного типа употребляются, например, в простейших паровых котлах.

В этом примере управляющая система состоит из поплавка, рычага и пробки. Эта система включает в себе все основные черты гораздо более сложных управляющих систем. Действительно, любая из них должна иметь прежде всего **чувствительный элемент**, или **вводное устройство** (в данном случае — поплавок), с помощью которого она воспринимает сведения, или, как обычно принято говорить, **информацию**, о состоянии **объекта управления** (в данном случае — сосуда с жидкостью).

Далее, управляющая система должна содержать устройство, преобразующее информацию, полученную от объекта управления с помощью чувствительного



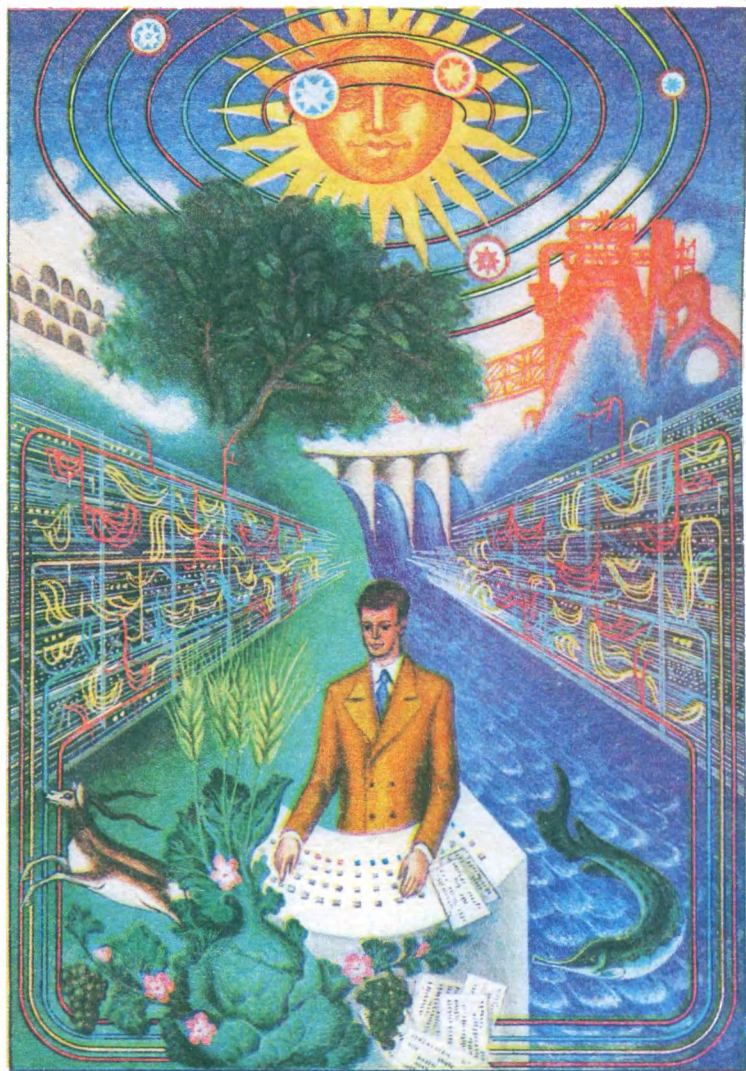
Поплавочный регулятор  
уровня воды.

элемента. Подобным **преобразователем информации** в данном случае считается рычаг.

Наконец, управляющая система должна иметь возможность воздействовать на объект управления с помощью того или иного **исполнительного механизма (выводного устройства)**. В нашем примере таким механизмом служит пробка, закрывающая конец трубы.

В современной технике мы встречаемся с автоматическими системами, несравненно более сложными, чем описанная. Еще более сложны биологические управляющие системы, и первое место среди них занимает







нервная система человека, его головной мозг. Подобно техническим управляющим системам, нервная система человека также обладает чувствительными элементами (окончания нервов в органах чувств), исполнительным механизмом (окончания нервов, управляющих мышцами) и преобразователем информации (собственно нервная система).

А как устроены управляющие системы в человеческом обществе? Возьмем управление экономикой. Чувствительный элемент системы — аппарат первичного учета, собирающий различные сведения о состоянии народного хозяйства. Преобразование собранной информации и выработка соответствующих решений осуществляются в Госплане, министерствах и т. п. Имеется и специальный исполнительный аппарат на предприятиях, проводящий в жизнь принятые решения.

Приведенные примеры показывают, что, несмотря на принципиальные различия, существующие в управляющих системах, все они имеют нечто общее. Изучение общих законов, на основе которых действуют управляющие системы, составляет предмет специальной науки — **кибернетики**. Термин «кибернетика» происходит от древнегреческого слова «кибернетес» (рулевой) и напоминает, что кибернетика — наука об управлении, или, более точно, **наука об общих законах преобразования информации и управляющих системах**.

Этот термин впервые (после ученых Древней Греции) употребил в 1834 г. французский физик А. Ампер; назвав кибернетикой не существовавшую еще в то время науку об управлении обществом. В 1948 г. словом «кибернетика» была названа общая наука об управлении, выделившаяся впоследствии в самостоятельную научную дисциплину. Возникновение кибернетики — результат предшествующего развития науки и техники. Фундамент кибернетики — современная математика, такие ее бурно развивающиеся области, как алгебра, математическая логика, теория информации, теория

алгоритмов и автоматов, теория оптимальных решений, теория массового обслуживания, исследования операций и т. д.

В настоящее время кибернетика является теоретической основой автоматизации, и главным образом автоматизации многих видов умственной деятельности человека.

Конечно, между техническими и биологическими системами, и тем более между ними обеими и управляющими системами, в человеческом обществе имеются глубокие качественные различия. Поэтому наряду с кибернетикой существуют отрасли науки, изучающие особенности различных типов управляющих систем. К ним относятся техническая автоматика, физиология высшей нервной деятельности и большая группа социальных (общественных) наук.

Прикладной характер кибернетики выражается в применении ее к самым разнообразным объектам исследований реального мира. Так, перед экономической кибернетикой стоит задача приложения общих законов управляющих систем к экономике; биокибернетика исследует живые организмы, мышление человека, занимается созданием модели интеллекта, или разума; техническая кибернетика изучает вопросы проектирования сложных систем, таких, как вычислительные машины, информационные системы и т. д.

Применение кибернетики в свою очередь вызывает к жизни новые теоретические вопросы, исследование которых составляет суть теоретической кибернетики.

## Информация и кодирование

Важная составная часть кибернетики — **теория информации**. Она изучает различные формы представления и передачи информации как в отвлеченном (абстрактном) виде, так и применительно к конкретным управляющим

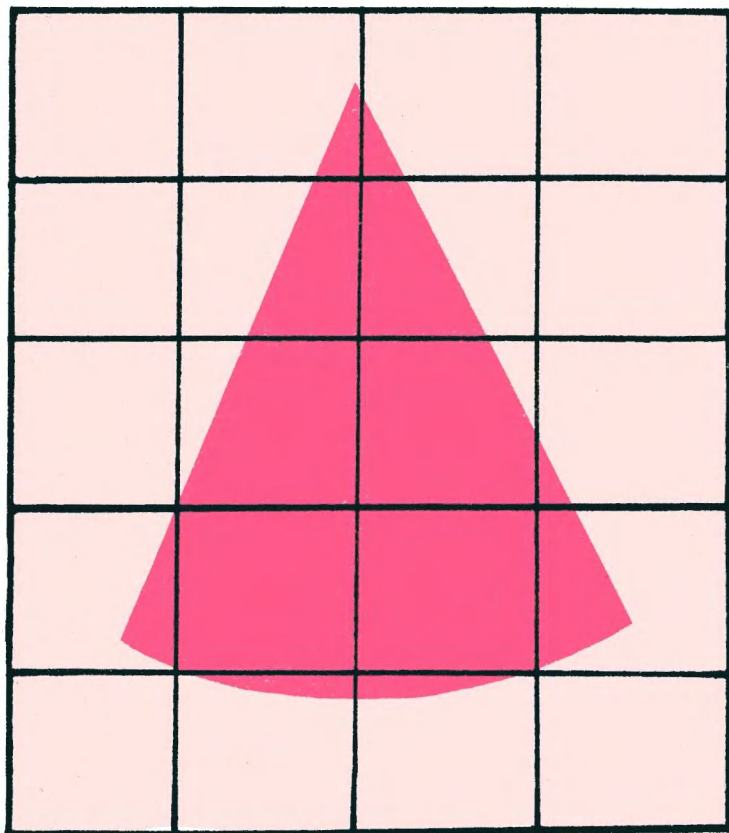
системам. Информация может представляться в двух формах — **непрерывной** и **дискретной**, т. е. прерывистой.

В первом случае информация представляется в виде плавно, непрерывно меняющихся величин. Например, при передаче речи по радио или телефону звуки представляются в виде плавно изменяющихся электрических величин — напряжения или силы тока. При передаче той же речи с помощью азбуки Морзе или при записи ее на бумаге характер представления меняется, информация разбивается на отдельные порции: точки и тире, буквы алфавита; переходы от одной порции к другой совершаются скачками. Это уже дискретная форма представления информации.

На современном уровне развития кибернетики особо важное значение приобрела дискретная форма представления информации. Оказывается, что информация, заданная в непрерывной форме, может быть с любой наперед заданной точностью представлена в дискретной форме. Более того, в качестве отдельных порций информации может быть выбрано любое нужное количество каких-либо значков (обобщенных букв), называемое обычно **абстрактным алфавитом**. Важно лишь, чтобы этот алфавит содержал более одной обобщенной буквы. Процесс представления информации в виде последовательно расположенных букв абстрактного алфавита называется **кодированием**.

Для примера рассмотрим процесс кодирования информации, содержащейся в рисунке (абстрактный алфавит можно представить двумя цифрами — 0 и 1). Разобьем рисунок на прямоугольники, размеры которых зависят от точности, с какой мы хотим представить информацию.

Условимся обозначать каждый прямоугольник нулем, если более половины его площади не зачернено, и единицей в противоположном случае. Тогда, пробегаая все прямоугольники по строкам слева направо, а стро-



Изображение для кодирования  
в абстрактном алфавите.

ки — сверху вниз, мы получим для нашего рисунка следующий дискретный код: 00000000011001100000. Разумеется, такое представление описывает рисунок с малой точностью. Однако, разбивая изображение на

Можно закодировать  
и декодировать и такой  
игрушечный домик.

достаточно большое число прямоугольников, мы можем добиться высокой точности описания.

Обратный процесс воссоздания по данному коду первоначального рисунка, т. е. восстановление исходного вида информации по ее дискретному коду, называется **декодированием**.

В теории информации разработаны не только способы кодирования различных сообщений, но и способы количественной оценки содержащейся в ней информации.

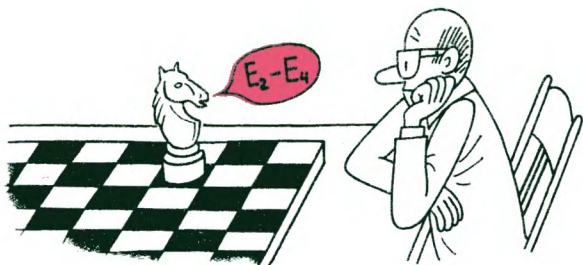
## Теория автоматов

Вопросы кодирования и декодирования, а также другие проблемы возникают в первую очередь при разработке вводных и выводных устройств управляющих систем. Теоретическую основу устройств для преобразования информации составляет раздел современной кибернетики — **теория автоматов**.

Основной объект исследований этой теории — автомат, его свойства, структура, проектирование, а также способы преобразования информации с помощью автоматов.

Теория автоматов тесно связана с теорией алгоритмов, а само понятие «автомат» основывается на математическом понятии алгоритма. Алгоритмом называется конечная система правил, по которым совершается преобразование дискретной информации. С понятием алгоритма вы фактически знакомитесь в школе. Из курса алгебры, например, хорошо известны алгоритмы (правила) решения квадратных уравнений, систем линейных уравнений, раскрытия скобок и приведения подобных членов в буквенных выражениях





и т. п. Но алгоритмы широко распространены и за пределами математики. Если сформулировать все правила, которые употребляет опытный переводчик для переводов, скажем, с английского языка на русский, мы получим не что иное, как алгоритм англо-русского перевода.

Если элементарные правила шахматной игры дополнить системой стратегических правил, позволяющих в каждой позиции находить единственный, наилучший (с точки зрения данной системы правил) ход, получится алгоритм игры в шахматы.

Теоретически чуть ли не всякий вид умственной деятельности человека может быть сведен к выполнению того или иного алгоритма. Но практически найти правила, составляющие эти алгоритмы, — очень сложная и трудоемкая задача.

Алгоритмическая система включает в себя способ задания информации, набор элементарных операций (приемов), правил построения алгоритмов из элементарных алгоритмов.

Для кибернетики особенно важны два результата, полученные в теории алгоритмов. Первый — универ-

Можно построить алгоритм для доказательства любой теоремы элементарной геометрии, но попытки

построить алгоритм для теории чисел кончатся неудачей — его не существует.





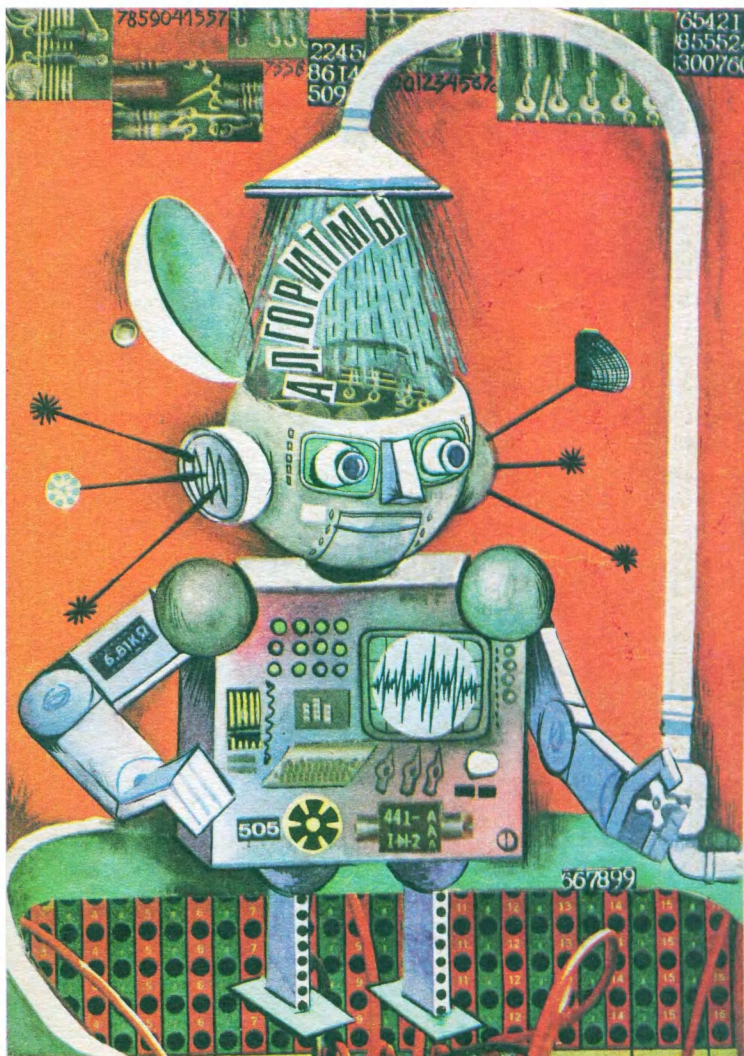
**сальность алгоритмических систем** — состоит в том, что в данной алгоритмической системе можно записать любой алгоритм, т. е. представить его в виде конечной последовательности элементарных операций (приемов). Подобно складыванию из атомов молекул различных веществ или из одних и тех же букв слов совершенно различного содержания, можно составить всякий алгоритм, комбинируя элементарные алгоритмические операции.

Второй важный результат заключается в том, что существуют так называемые **алгоритмические неразрешимые проблемы**, т. е. такие задачи, которые для своего решения требуют **бесконечного** числа различных приемов. А всякий алгоритм обязательно включает в себя лишь **конечное** число приемов, хотя, может быть, и очень большое.

Так, например, можно построить алгоритм для доказательства любой теоремы из элементарной геометрии (не использующей понятие предела). В то же время доказано, что для теории чисел (устанавливающей свойства целых чисел) подобного алгоритма построить нельзя, его не существует.

Основная задача теории автоматов — разработка методов создания преобразователей информации для осуществления тех или иных алгоритмов, например: машин для контроля и управления производственными процессами в различных отраслях промышленности, для автоматического перевода с одного языка на другой, для игры в шахматы и т. п.

Если существуют универсальные алгоритмические системы, то в принципе возможно построить **универсальные преобразователи информации**, способные реализовать любые алгоритмы. Подобные универсальные преобразователи уже построены и успешно работают. Это так называемые **универсальные электронные цифровые вычислительные машины** (ЭЦВМ). Цифровыми вычислительными эти машины называются потому, что



первым их назначением была реализация **вычислительных алгоритмов**. Информация, с которой они имели дело, была **цифровой**, т. е. набором чисел. Такие машины снабжаются так называемыми **запоминающими устройствами** (памятью), позволяющими им «запоминать» как перерабатываемую информацию, так и **программу** работы машины, т. е. записать в условных кодах, называемых приказами, алгоритм, который должна реализовать машина.

Чтобы изменить программу, не нужно переделывать машину, достаточно пропустить через вводное устройство набор бумажных карточек с пробитыми в соответствующих местах отверстиями — **перфокарты** или ленту с отверстиями — **перфоленту**. Так вводится в машину новая программа, настраивающая ее на новый вид работы.

Благодаря этому открываются широкие возможности и перспективы для автоматизации умственной деятельности человека — достаточно найти алгоритм, описывающий тот или иной вид подобной деятельности, перевести его в программу или запрограммировать и ввести в машину.

На универсальной машине можно программировать любой алгоритм, и поскольку машина работает быстрее и точнее человека, она, как правило, выполняет заданный алгоритм гораздо лучше него. Отсюда понятно, какое большое практическое значение имеет кибернетика в автоматизации таких видов умственной деятельности, где человек уже сейчас не в силах справиться с переработкой информации за разумное время, например в научных и инженерных расчетах.

Сегодня для математики и других дедуктивных наук становится актуальным создание не простой справочно-информационной системы, которая лишь указывает, где можно найти и прочитать о соответствующем разделе математики, а систем с неким машинным алгоритмом очевидности, т. е. когда на основании совокупности

фактов машина в состоянии сделать какой-то простой логический вывод. Все это позволит по-новому решить проблему построения оснований математики.

## Вычислительная техника в народном хозяйстве

Во многих разделах современной науки и техники, таких, как атомная физика или ракетная техника, решаются задачи, требующие вычислений, состоящих из многих миллиардов арифметических операций. Даже при помощи клавишных вычислительных приборов человек успевает в среднем выполнить за минуту лишь две арифметические операции над многозначными числами. А для выполнения 1 млрд. операций потребовалась бы тысяча лет непрерывной работы без сна и отдыха! В то же время современная электронная цифровая машина, например БЭСМ-6, выполняющая 1 млн. арифметических операций в секунду, справится с этой работой примерно за четверть часа! При таком росте производительности труда становится возможным решение очень сложных задач, ранее недоступных человеку.

Автоматизация расчетов нужна не только в новейших областях науки и техники. Так, в метеорологии благодаря автоматизации удастся вовремя выполнить сложные расчеты, необходимые для составления прогнозов погоды.

Автоматизируются многие процессы в области биологии и медицины. Кибернетика дает в руки биологам новые методы исследований. Универсальные электронные цифровые машины позволяют моделировать процесс эволюции и естественного отбора, автоматизировать процесс определения болезней по их признакам, моделировать механизм возникновения условных рефлексов и других видов деятельности мозга животных и даже мозга человека.

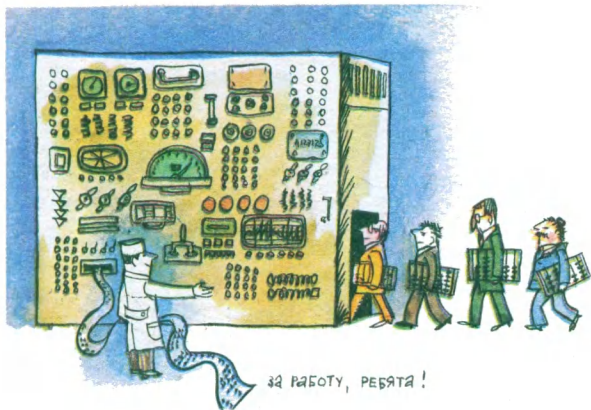


БЭСМ-6.







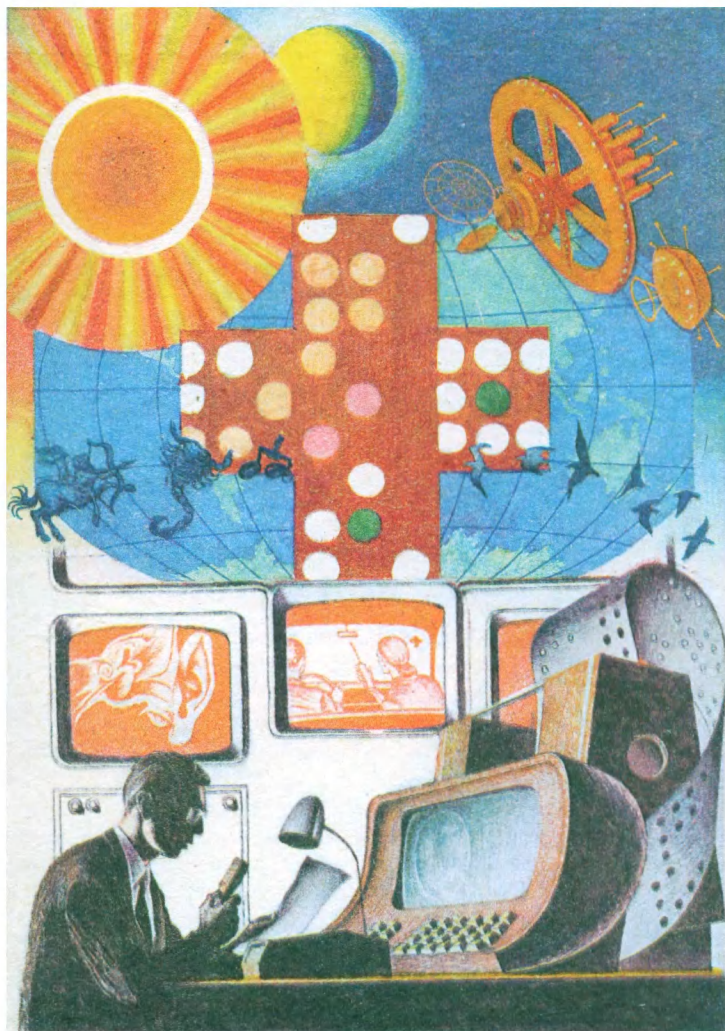


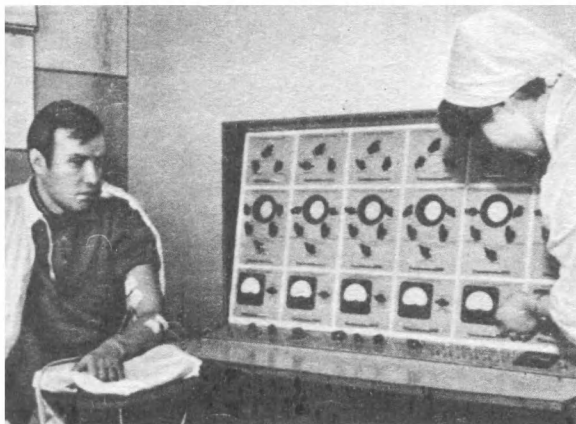
В медицине врач-исследователь или лечащий врач сможет получить информацию о состоянии больного, выборочные данные из истории болезни, справку об эффективности лечебного комплекса применительно к большой группе подобных больных из информационного медицинского центра, оснащенного ЭЦВМ. Такие центры будут созданы во многих городах нашей страны.

Биология, в свою очередь, снабжает кибернетику новыми идеями, касающимися создания машин, которые в значительно большей степени приблизятся к свойствам мозга, чем ныне существующие машины.

В техническом проектировании внедрение автоматизации позволяет перейти от выбора лучших проектов из относительно небольшого числа вариантов к выбору наилучшего из всех возможных вариантов (так называемого оптимального проекта).

Рассмотрим, например, задачу выбора наилучшего варианта проекта железной дороги по заданному маршруту (трассе). Производя мысленный вертикальный разрез местности вдоль трассы, получим некоторую кривую, изображающую неровности рельефа. Проложить дорогу непосредственно по этому рельефу, как





ЭЦВМ в роли  
диагноста.

правило, нельзя: подъемы и спуски получаются слишком крутыми, и преодолеть их при эксплуатации уже построенной дороги либо окажется вовсе невозможно, либо потребуются большие затраты (снижение скорости и веса составов, использование нескольких локомотивов и т. д.).

Необходимо поэтому выровнять рельеф. Такое выравнивание проводят по нескольким выбранным отметкам. В нашем примере таких точек всего 5 (точки А, В, С, D, Е). Каждая точка, за исключением крайних — А и Е, находящихся на определенном уровне, может занимать 100 различных положений по высоте. У нас будет  $100^3 = 1\,000\,000$  различных вариантов выравнивания рельефа.

Если просматривать их со скоростью два варианта в минуту, потребуется целый год. Если же число точек увеличивается до 100, то количество вариантов выражается единицей со 196 нулями, а количество лет, необ-

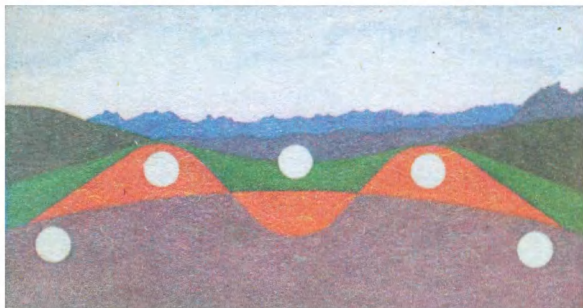


Схема  
выбора  
наилучшего

варианта  
железной  
дороги.

ходимое для их просмотра, — единицей с 190 нулями. В этом случае просмотреть все варианты практически невозможно не только для человека, но и для электронно-вычислительных машин.

Необходимо поэтому разработать методы, которые позволяют резко уменьшить количество просматриваемых вариантов, отбросить целые группы заведомо плохих.

Разработкой таких методов занимается специальный раздел кибернетики — **теория оптимизации и оптимальных решений**.

В настоящее время разработан ряд методов решения задач оптимального проектирования, планирования и управления. Для решения задач оптимального проектирования дорог, линий электропередач и т. д. удобен **метод последовательного анализа вариантов**. С помощью этого метода оптимальный вариант выравнивания рельефа для прокладки железной дороги в несколько сотен километров находится вычислительной машиной среднего быстродействия (10—12 тыс. операций в секунду) за 2—3 часа.

В ряде областей техники разрабатываются системы алгоритмов, которые позволяют осуществить полную автоматизацию проектирования многих сложных объектов.

Не менее важно также оптимальное планирование и управление народным хозяйством. Эти вопросы выделяют в специальный раздел кибернетики — **экономическую кибернетику**. Масштабы производства и темпы роста народного хозяйства в СССР так велики, что обычные неавтоматизированные методы планирования уже не могут нас удовлетворить. Выбор оптимальных (наилучших) вариантов планов без электронных цифровых машин сейчас практически невозможен.

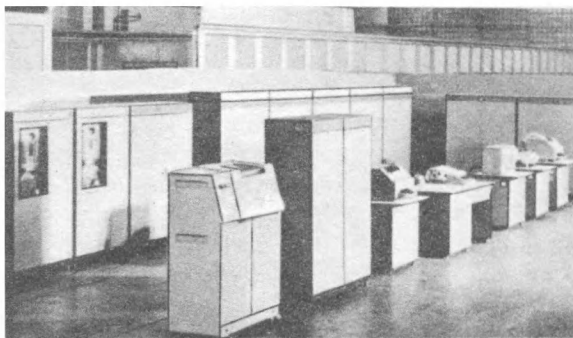
Электронные цифровые машины используются пока для решения лишь частных планово-экономических задач. Особенно успешно решаются с помощью **методов линейного программирования** так называемые транспортные задачи (нахождение планов перевозок с минимальными транспортными расходами), а также задачи о наилучшей загрузке станков и др. Экономия от такой автоматизации исчисляется обычно 10—15%, а в отдельных случаях доходит до 50—60%.

На повестке дня сейчас полная автоматизация не только самих процессов планирования и управления экономикой; но и процессов сбора и систематизации необходимой первичной информации, учета и справочно-статистической работы. С этой целью создаются специальные вычислительные центры, имеющие иерархическую структуру, снабженные мощными электронными цифровыми машинами и соединенные между собой, а также с производством современными каналами связи для быстрой передачи необходимой информации.

Информация, поступающая от низовых ЭЦВМ по каналам связи в вычислительную машину высшего уровня, будет обрабатываться и выдаваться за несколько десятков минут, на что сейчас требуются годы.

Обработанные результаты передадут в головную организацию (госпланы республик, оттуда — в Госплан СССР). Если в дальнейшем возникнет необходимость вернуться к данным материалам для решения какой-либо новой экономической задачи, вся информация (хранящаяся в ЭЦВМ на местах) может быть вызвана через систему связи и систему машин, которые ее обрабатывали.

К задаче оптимального управления экономикой тесно примыкает задача оптимального управления производственными процессами. Сейчас еще во многих случаях диспетчер или группа диспетчеров управляют тем или иным сложным процессом далеко не лучшим образом. Дело в том, что человеческий мозг не успевает своевременно перерабатывать огромный объем необходимой информации. Помочь здесь могут только автоматизированные управляющие системы, основу которых составляют специально приспособленные для управления универсальные электронные цифровые машины. Они называются обычно **универсальными управляющими машинами**. Эти машины снабжены особыми



ЭЦВМ  
«Днепр-2».

вводными и выводными устройствами, позволяющими автоматически собирать и выдавать информацию, необходимую для управления производством.

Универсальная управляющая машина «Днепр» предназначена для контроля и управления производственными процессами в различных отраслях промышленности. Машина успешно управляет выплавкой стали, газорезательными станками, производством химических и нефтепродуктов, движением поездов на железнодорожном транспорте, производством целлюлозы и бумаги и другими процессами. Машина используется и для автоматизации научных и инженерных исследований, для сбора и обработки данных о результатах научных и инженерных экспериментов.

Так, установка на научно-исследовательском судне «Михаил Ломоносов» машины «Днепр» дала возможность обрабатывать результаты гидрофизических исследований непосредственно во время рейса, на что раньше затрачивались месяцы и даже годы работы по окончании экспедиции.

Кибернетика прочно вошла во все области человеческого знания. Она вооружила человечество новыми методами управления на базе вычислительной техники.

Усложнение современного производства приводит к тому, что управление производством без электронных вычислительных машин, без кибернетики становится невозможным. Смысл управления производством на каждом уровне управления заключается прежде всего в управлении связями между отдельными ячейками. Как один цех взаимодействует на заводе с другим, как связаны между собой заводы, какие взаимодействия у них с другими отраслями промышленности — все это должно учитываться при создании автоматизированных систем управления на основе электронных вычислительных машин. Взаимоотношения между отдельными производственными объектами особенно усложнились за последние годы в связи с научно-технической



революцией. Если взять, например, Путиловский завод на заре XX столетия, то его материально-техническое снабжение не представляло собой особой сложности. Завод выпускал машины, которые практически полностью изготавливались из металла на этом заводе. Круг поставщиков был ограничен. У современного Кировского завода, выросшего на базе старого Путиловского, — сотни поставщиков, а изделия, которые он выпускает, включают в себя сложные электронные устройства и узлы. Наименования предметов материально-технического снабжения этого завода исчисляются десятками тысяч. Всякие перебои с поставками необходимых материалов должны быть исключены во избежание снижения выпуска готовых изделий. Вот такими сложными промышленными объектами приходится заниматься ученым и специалистам по созданию автоматизированных систем управления.

Киевские кибернетики создают автоматизированные системы управления, в основном в машиностроении и приборостроении. Все машиностроительные предприятия и предприятия приборостроения построены по такой схеме: сборочные цехи и различного рода вспомогательные и заготовительные цехи — механический, литейный, гальванический и т. д. На первый взгляд задача планирования и управления заводами кажется не очень сложной. Дан календарный выпуск каких-либо изделий. Если это массовое производство, то просто указывается, сколько надо соответствующих изделий выпускать за квартал, месяц, когда следует сдать заказ в механический цех, гальванический, литейный и т. д. А дальше необходимо решить, как делать изделия соответственно спецификации. Казалось бы, все просто. Однако при таком методе планирования часто возникает несогласованность календарных планов и почасовых графиков работы отдельных производственных линий. Наша промышленность в масштабе всей страны от этой несогласованности несет колоссальные потери.

Происходит это примерно так. Литейный цех получил задание отлить 200 различных типов деталей. Начальник литейного цеха проводит планирование последовательности изготовления деталей либо с учетом степени готовности производства, либо с учетом финансовых соображений — обеспечение заработка соответствующим рабочим. В механическом цехе учитываются другие соображения. В целом зачастую получается так, что деталь запланирована в литейном цехе на последнюю декаду, а в механическом цехе ее обработка намечается на первую декаду месяца. Пока есть запасы деталей еще с предыдущего квартала, механический цех работает ритмично. Но вдруг обнаруживается, что деталей нет, и начинаются выяснения у директора, главного инженера, диспетчера, почему литейщики срывают производственный план. На заводе начинают предпринимать различные меры, переналаживать производственные линии, оборудование и т. д.

Можно сделать большие запасы по каждому типу деталей на всех стадиях обработки. За счет этих запасов цехи завода могут ритмично работать, но это имеет свою отрицательную сторону. Оказывается, что такие запасы превышают в целом все разумные нормы, а это своеобразный тормоз на пути технического прогресса. В самом деле, если завод выпускает из года в год одну и ту же продукцию и меняет эту продукцию раз в десятилетие, тогда еще нет видимой опасности. Но современный машиностроительный или приборостроительный завод имеет дело с изделиями, в которые на протяжении недели вносятся десятки конструкторских изменений. В каком положении оказывается дирекция завода? Очередное конструкторское изменение позволяет делать продукцию намного лучше, но на складах завода в запасе множество старых деталей, на многие сотни тысяч рублей. Что делать в этом случае? Принять новое техническое новшество, отдать старый запас под пресс и нести финансовые потери или задержать искус-

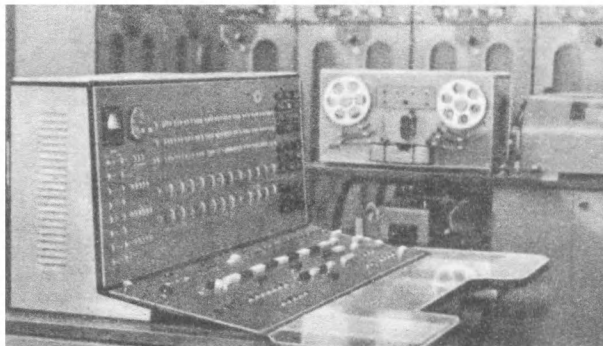
ственно внедрение достижений технического прогресса, пока не иссякнут те запасы, которые накопились? Значит, запасать детали на длительный срок не всегда является разумным путем решения задачи.

Таким образом, управление запасами готовых изделий — одна из сложных проблем, которая должна решаться автоматизированной системой управления на предприятии.

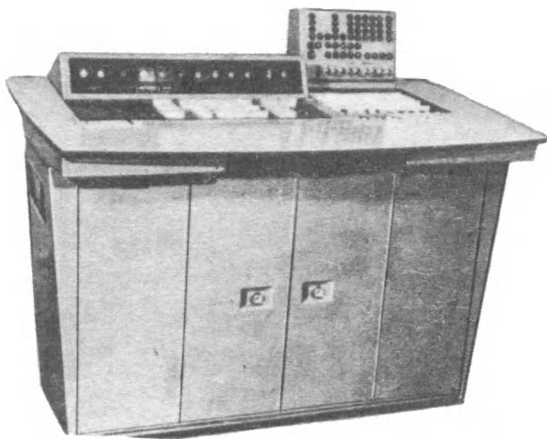
Примером системы управления предприятием может служить система управления на Львовском телевизионном заводе, разработанная научными сотрудниками Института кибернетики АН УССР совместно со специалистами завода.

Техническую базу автоматизированной системы «Львов» представляет комплекс двух электронных вычислительных машин типа «Минск-22». Машины снабжены дополнительными устройствами, за счет которых значительно повышаются их эксплуатационные характеристики и эффективность комплекса.

Машина составляет наилучшую программу работы для всех участков производства и план для каждой еди-



ЭЦВМ  
«Минск-22»



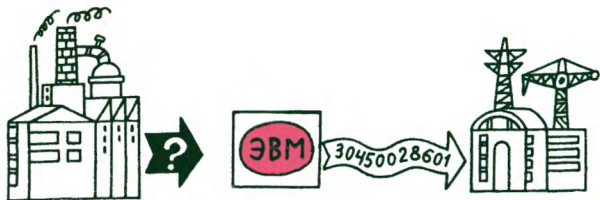
ЭЦВМ  
«Проминь-2».

ницы оборудования, где рассчитано все до минуты, следит за соблюдением технологий, выполнением графиков и при необходимости включает определенные комплексы оборудования, причем она не забудет заблаговременно заказать все необходимое для изготовления детали в механическом и литейном цехах и т. д. В любой момент можно получить всестороннюю объективную информацию о положении дел в цехах завода.

Все это ведет к высокому уровню рентабельности предприятия. Внедрение автоматизированной системы «Львов» повышает эффективность использования оборудования и производительность труда.

Для управления производственными процессами на значительных расстояниях можно использовать электронные цифровые машины, установленные в вычислительных центрах других городов.

Создание управляющих машин лишь наполовину решает проблему автоматизированного управления



производственными процессами. Не менее важно найти эффективные алгоритмы для управления производственными процессами. Построением общей теории управления техническими (производственными) объектами занимается **техническая кибернетика**.

### Разумная машина — верный помощник ученого

Алгоритмизация производственных процессов обычно чрезвычайно трудоемка, а из-за непрерывного совершенствования технологии необходимо часто изменять и совершенствовать алгоритмы управления. Поэтому стараются использовать все чаще такие системы, которые могут **самосовершенствоваться**.

Особенно велико значение самосовершенствующихся систем при решении одной из самых увлекательных задач кибернетики — задачи моделирования процессов, протекающих в мозгу человека. Человеческий мозг — очень сложная и замечательно устроенная самосовершенствующаяся система. Возможности мозга наглядно иллюстрируются таким примером.

Если показать человеку, ранее не имевшему представления об этажности домов, рисунки с одноэтажными и пятиэтажными домами, впоследствии он сможет правильно классифицировать и другие изображения многоэтажных домов. Значит, у человека сложилось достаточно правильное представление о домах в несколько этажей. Иными словами, человек внешне

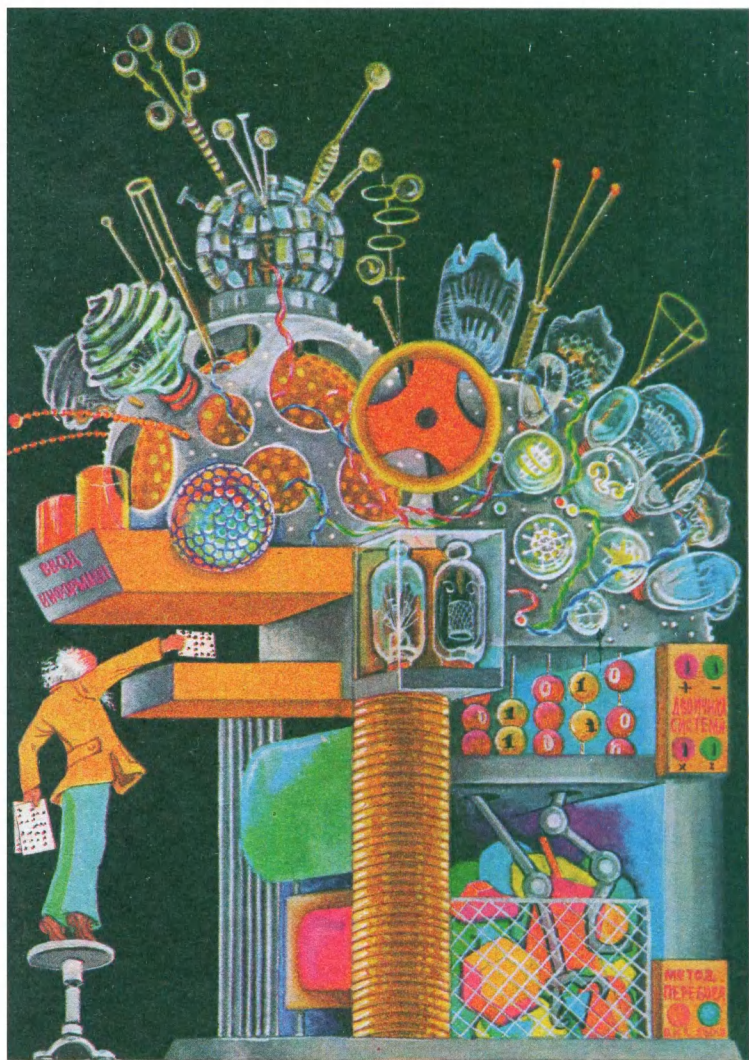
относительно просто приспособливается к распознаванию какого-либо класса изображения (в нашем случае рисунков домов с различным числом этажей).

Для моделирования такой способности мозга в кибернетике было построено много различных алгоритмов и проведены эксперименты. Они послужили в ряде случаев основой для решения практических задач автоматизации процессов распознавания зрительных образов, а также человеческой речи. Впрочем, в направлении автоматического распознавания речи сделаны пока лишь первые шаги: машина распознает всего несколько десятков слов, произносимых разными голосами в тех или иных условиях.

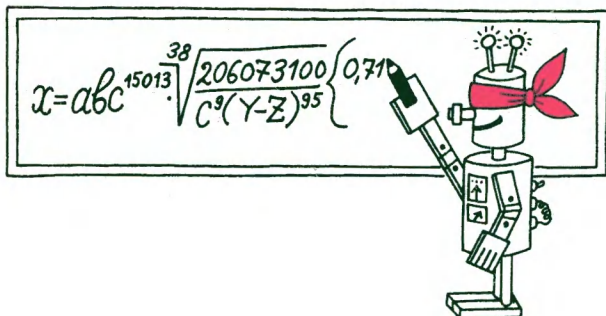
Обучение машин распознаванию зрительных и других образов — лишь самая первая, относительно несложная задача в моделировании мыслительных процессов. Более сложно моделировать логическое мышление, процесс обучения языку, моделировать процессы творчества.

В области логического мышления в первую очередь моделируются различные системы, позволяющие осуществлять автоматическое доказательство теорем в нескольких областях математики. При этом речь идет об автоматическом доказательстве не только теорем, вошедших в учебники, но и новых, еще не известных человеку. Значение такой автоматизации огромно: используя скорость и безошибочность работы даже современных, относительно еще мало совершенных, универсальных электронных цифровых машин, вероятно, можно будет уже в ближайшем будущем доказывать сложные теоремы, которые «невооруженному» человеческому уму недоступны.

Здесь возникает вопрос об использовании автоматизации для развития самой науки. В будущем кибернети-







ческие машины станут незаменимыми помощниками человека не только в доказательстве новых теорем, но и в обобщении результатов наблюдений, в построении новых физических и других теорий и т. д. Уже сейчас помимо помощи в сложных вычислениях и обработке экспериментальных данных машины начинают применяться для автоматизации справочно-информационной и библиографической работы, отнимающей много времени у ученых. В принципе возможно накапливать научную информацию не только в библиотеках, но и в электронной памяти кибернетических машин в специальных информационных центрах. Из этих центров можно будет быстро получать необходимую справку, краткое или полное содержание какой-либо научной статьи и т. д.

Важное место в научном творчестве займут также автоматический перевод с одного языка на другой, автоматическое реферирование и конспектирование статей и т. п. Для этих целей в машину должна быть вложена та или иная система знаний о человеческих языках. На первых порах в эту систему включаются обычно лишь необходимый словарный запас и грамматические правила. Однако в принципе ничто не препятствует тому, чтобы обучать машину распознаванию смысла вводимых в нее фраз.

Опыты такого рода были проведены в Академии наук УССР. Универсальная электронная цифровая машина, работая в так называемом режиме обучения, обучалась отличать осмысленные фразы, составленные из выбранных наугад 100 слов, от бессмысленных. Машина не просто «зазубривала» вводимые в нее «учителем» фразы, а создавала новые понятия, задавала «учителю» вопросы и в режиме экзамена различала смысл не только тех фраз, которые ей были сообщены, но и абсолютно новых для нее.

Возникает актуальный и острый вопрос: возможна ли автоматизация самих процессов творчества? О научном творчестве уже говорилось выше. Необходимо лишь определить, не потребуется ли программисту затратить больше усилий на составление программы, чем на непосредственное решение вопроса, заключенного в программе?

Рассмотрим простой пример. Предположим, программист не знает, как решаются квадратные уравнения, но может проверить, является ли то или иное число корнем заданного квадратного уравнения. В таком случае он без особых затруднений может составить программу, по которой машина попытается решить квадратные уравнения по различным формулам, последовательно перебирая все такие формулы — от более простых к более сложным. При этом каждая такая попытка будет проверяться с помощью подстановки определяемых по испытываемой формуле корней в заданное уравнение (или в несколько заданных уравнений). В случае неудачи машина должна автоматически строить следующую формулу и испытывать ее — и так до тех пор, пока очередная попытка не приведет к успеху. Благодаря огромной скорости работы машина довольно быстро найдет требуемую формулу.

При решении более сложных проблем применение метода перебора может не привести к успеху. Однако, как правило, благодаря огромной скорости действий

машина может решать соответствующие проблемы с помощью более простых методов, чем те, которые потребовались бы для этой цели человеку. Поэтому составление программы для решения даже единичной проблемы творческого характера может оказаться более простым делом, чем непосредственное решение самой проблемы. В действительности же положение еще облегчается и тем, что составленная программа используется для решения всех проблем одного типа.

## Человек и машина

Вопрос об автоматизации творческих процессов всегда был одним из самых интересных вопросов в области кибернетики.

В настоящее время существуют объективные данные, позволяющие перейти к практическому решению задач по автоматизации творческих процессов.

Первый фактор — это значительные успехи, которые были достигнуты в мировом масштабе за последние годы в области вычислительной техники, а именно упрощение общения человека с машиной.

Второй фактор — увеличение «интеллектуальности» выпускаемых электронных вычислительных машин (ЭВМ).

В чем же суть упрощения общения человека с машиной и увеличения «интеллекта» машины?

Здесь прежде всего следует указать на развитие систем, в которых осуществлена непосредственная связь машин с целым рядом пользователей, так называемых систем с разделением времени. Что это за системы?

Оказывается, что ЭВМ может обслуживать одновременно большое количество пользователей. Сегодня число их достигает нескольких сотен человек. Пользователи по линиям связи соединяются с помощью спе-

циальных пультов (пишущих машинок, на которых печатается программа для машин, различных экранов, где выводится цифровая и любая графическая информация, а человек с помощью светового карандаша через данное устройство ввода может вносить исправления и корректировать задание для ЭВМ) с вычислительным центром.

Люди могут находиться на расстоянии нескольких километров от вычислительного центра и тем не менее бесперебойно получать ответы от ЭВМ, находящейся в вычислительном центре.

В свою очередь, машины вычислительного центра объединены в единый комплекс по принципу иерархического соподчинения.

Если малая ЭВМ, исходя из величины своего быстрого действия и объема памяти, а также в зависимости от сложности поставленной перед ней задачи, в состоянии выполнить задание, она решает задачи самостоятельно. Если же ей не хватает ее параметров и задача для нее слишком сложна, она пересылает задание в более мощную ЭВМ.

На IV конгрессе ИФИП (Международная организация по обработке информации), состоявшемся в 1968 г. в Эдинбурге, обсуждался вопрос о перспективах развития вычислительных систем на ближайшие 15—20 лет. Был выдвинут лозунг: кибернетический пульт — в каждую семью!

В будущем возможным станет создание такой информационной сети, при которой пользователи, причем индивидуальные, получают доступ к огромным информационным богатствам, накопленным человечеством за века. Достаточно только будет каждой семье абонировать пульт, связанный с ЭВМ информационно-вычислительного центра. Любая справка информационного либо энциклопедического характера может быть получена, если запрос поступил в информационную систему.

Следовательно, повышение общего культурно-образовательного уровня самой малой ячейки государства — семьи будет находиться в прямой зависимости от использования информационной системы, в основе которой заложен принцип использования ЭВМ с удаленными раздельными пультами. Почти в каждой семье есть учащийся любого возраста. Процесс обучения может значительно упроститься, но вместе с тем и повысится коэффициент активности учащихся, имеющих возможность непосредственно с помощью пульта получать необходимые консультации на дому, в школе и т. д.

Если по стоимости абонирование такого пульта обойдется не дороже стоимости телевизора, то данная идея может осуществиться.

Отсюда можно сделать вывод, насколько далеко шагнет вперед технический процесс в области электронной вычислительной техники в деле использования ее непосредственно потребителем.

Для упрощения отношения человека с машиной широкое развитие получили различного рода устройства ввода и вывода, позволяющие человеку давать и получать информацию от ЭВМ в привычной для себя форме. В настоящее время созданы различного рода читающие автоматы, способные воспринимать печатный текст.

Вопрос ввода в машину непосредственно с листа машинописного типографского текста уже решен, хотя есть еще затруднения экономического характера: стоимость таких устройств еще слишком велика, чтобы иметь возможность применять их в массовом масштабе.

Общение человека с машиной можно упростить, ведя определенную работу в области развития языков, с помощью которых человек обращается к машине.



Сейчас, например, язык, на котором дается задание для ЭВМ (речь идет о машине «Мир-1»), максимально приближен к языку математика, научного работника, решающих различного рода задачи с применением элементарной и высшей математики.

Ученые и конструкторы стараются до максимума повысить «интеллект» ЭВМ, т. е. заложить в нее непосредственно некоторую «разумность», чтобы не объяснять ей элементарные вещи (например, как найти синус какой-либо величины и т. д. В ней должны быть заложены подобные операции).

Созданная в Институте кибернетики АН УССР машина «Мир-2» по уровню математических знаний, заложенных в нее конструкторами, не уступает хорошему студенту высшего технического учебного заведения.

Машина «помнит» свыше 200 формул из алгебры, тригонометрии и математического анализа.

Новая машина снабжена экраном. На экране можно выводить формулы до 1 тыс. знаков. С помощью светового пера вносятся правки, стираются строки формул и т. д. Здесь по-новому организована работа человека с машиной. Машина настолько «разумна», что ей не нужно объяснять многие вещи, она сама выполняет необходимые математические операции.

Наличие надежной технической базы, которая совершенствуется из года в год, дает возможность реально поставить вопрос об автоматизации творческих процессов. На первой стадии решаются такие задачи в области, скажем, поэзии, музыки, художественного творчества и т. д. Первые попытки дали хорошие результаты. Программы, составленные для ЭВМ, обнаруживали достаточную степень «интеллектуальности». Правда, машинное творчество не сравнимо с творчеством талантливого поэта, композитора, художника.

В настоящее время при автоматизации творческих процессов проблемы решаются совместно человеком и

машиной (человеко-машинные системы). В подобных системах человек занимает главенствующее положение. И речи быть не может о его отстранении и передачи всех полномочий машине. Интуиция человека, его жизненный опыт — это пока элементы, труднодоступные ЭВМ. Зато машины обладают колоссальной скоростью при вычислительных процессах. Современная ЭВМ совершает миллионы арифметических операций в секунду, но не обладает гибкостью мышления, исходящей из каких-либо интуитивных «родников». То, что просто и понятно для человека, сложно для ЭВМ, и наоборот.

Если коснуться, скажем, вопроса об автоматизации труда конструктора, то здесь сегодня очень ясно видна роль конструктора. Например, следует спроектировать какие-либо жилые здания или пассажирские теплоходы. Машина может гораздо лучше, чем человек, разместить каюты на корабле или жилые комнаты дома, используя полезную жилую площадь, но может допустить элементарную ошибку (где-то не открывается дверь в коридор), поскольку в программе не была предусмотрена эта «мелочь». Конструктор сразу видит все недостатки проекта, быстро оценивает их и устраняет.

В автоматизированных системах учтена обратная связь человека-конструктора с машиной. План квартиры отражен на экране, что дает возможность конструктору оценить размещение комнат. Предположим, если он считает, что следует какую-либо стенку передвинуть на 1 м вправо (или влево), он тут же сообщает об этом машине. С помощью светового карандаша конструктор перечеркивает «дефектную» деталь и стрелкой указывает, в каком направлении и на сколько метров следует передвинуть стенку. Перед ним сразу же возникает новый чертеж. Снова происходит оценка чертежа, и так до тех пор, пока конструктор не сделает окончательную оценку. Следовательно, человек все



время дает направление поиску. Машина предлагает конструктору ряд вариантов, но последнее слово — за человеком. Желательно было бы уже сейчас добиться такого положения в автоматизированных системах проектирования, чтобы машина могла сама отбрасывать, не тратя время на просмотр, бесперспективные варианты проекта. Для этого в нее надо заложить определенную «интуицию».

Взаимоотношения человека с машиной напоминают работу руководителя и коллектива. Руководитель дает идеи, коллектив как талантливый исполнитель воплощает их в жизнь.

### ЭЦВМ в области литературы, искусства

Очень важной задачей является автоматизация процессов в области языка, литературы.

Скажем, в лингвистике ученые занимаются изучением характерных особенностей языка произведений В. Шекспира. В машину заранее «заложены» все сочинения Шекспира, она их «помнит». Ученый запрашивает машину: сколько раз данный глагол с определенным значением встречается в произведениях Шекспира и где именно? Машина отвечает, что в сочинениях Шекспира глагол встречается 227 раз, и указывает страницы. Ученый может выдвинуть любую гипотезу относительно языка произведений В. Шекспира, а машина либо дает ее подтверждение, либо отрицает.

Безусловно, это намного ускоряет работу лингвистов, так как черновая работа, которую проделывали лингвисты для построения частотного словаря, переложена на ЭВМ, причем с большим выигрышем во времени.

В настоящее время была проведена интересная работа по установлению авторства «Илиады» и «Одиссеи». Принадлежат ли эти творения перу одного лица, или это народный эпос? С помощью ЭВМ доказать

авторство было легко. Соответствующий словарный материал был заложен в электронную вычислительную машину с целью проверки частоты встречаемости некоторых оборотов, характерных для стиля одного писателя. Был проведен анализ речевых оборотов первой части «Илиады», потом проанализированы данные художественные особенности последующих глав, а также глав из «Одиссеи». Сравнительный анализ показал, что «Илиада» и «Одиссея» принадлежат одному и тому же автору.

Система человек — машина вполне жизнеспособна в области искусства. На конгрессе в Эдинбурге ИФИП-68 выделили проблему применения машин в искусстве и рассмотрели на отдельном симпозиуме.

Машину, например, используют для создания мультфильмов (во Франции). Художник рисует несколько фигурок человека с разными поворотами головы, несколько деревьев, домов и т. д. Все это отдельные рисунки, в «россыпи».

Машине дается задание поместить два дерева в левом углу рисунка, дом — в правом углу. На экране моментально возникает экспозиция. Художник оценивает ее, меняет местоположение согласно своему вкусу. Потом задается машине начальный и конечный кадры, а промежуточные машина создает сама. Художник не устраняется из процесса создания кадров, но вся черновая работа выполняется машиной. Таким образом, повышается производительность труда в десятки раз.

Художникам, создающим картины, тоже, хотя и в меньшей степени, помогает машина. Различные комбинации и положения человеческого профиля, предлагаемые машиной, очень удобны при создании эскизов. Художник дает окончательную оценку, поскольку, контактируя с людьми, он тонко чувствует направление развития художественного вкуса.

Особенно «электронная живопись» интересна в декоративном искусстве. Машина, запрограммированная со-

Можно автоматизировать и некоторые процессы	в искусстве, оставляя человеку больше времени на творчество.
---	--

ответствующим образом, может создать массу вариантов цветовой гаммы, комбинаций линий, различной густоты и плотности штриховок для создания орнаментов, декоративных композиций. Живой мольберт — экран ЭВМ сможет отразить любые художественные замыслы человека. В создании новых художественных произведений ведущая роль остается за человеком. Он будет «корректировать» произведение живописи согласно своему таланту, вкусу, индивидуальному восприятию действительности.

Бумага, холст и гипс — слишком ненадежные оболочки для произведений искусства. Наводнение во Флоренции еще раз доказало это. Но и самые надежные хранилища не спасают шедевры от действия времени. Так, знатоки уверяют, что краски картины Куинджи «Ночь на Днепре» поблекли. Но можно ли верить столь ненадежному свидетелю, как память человека? В копии картин каждый художник привносит свое. Однако сейчас нетрудно создать информационную модель, эталон той или иной картины. Для этого нужно закодировать в памяти машины чередование красок на полотне, строчка за строчкой, как это делается при развертке телевизионных изображений. И тогда ее можно будет воспроизвести даже много тысячелетий спустя.

В области музыкального творчества вся техническая работа может выполняться ЭВМ. В настоящее время есть программы для ЭВМ в основном двух типов: сочинение мелодий с учетом всех законов музыкальной композиции и имитация мелодий, ранее созданных композиторами, с учетом всех особенностей стиля данного композитора. Например, создается музыка, которая является имитацией вальса Штрауса, хотя этого вальса в сочинениях великого композитора не найдешь.



Производились такие опыты. Для музыковедов-критиков исполнялось музыкальное произведение композиторов, а потом музыкальная имитация, созданная ЭВМ.

Специалисты не могли с уверенностью утверждать, что подобная мелодия отсутствует в музыкальных произведениях данного композитора, настолько удачно машина учла все черты его творчества. Особенно может помочь ЭВМ композитору при оркестровке. Здесь существуют жесткие правила, которые машине легко соблюдать и выполнять.

На конгрессе ИФИП-68 тема одного из докладов была связана с проблемой применения электронно-вычислительной техники в музыковедении, для искусствоведческих работ, для работы музыкальных критиков. Сейчас при совместной работе программистов-математиков и музыковедов создаются машинные архивы музыки, так; например, существует архив испанской музыки XVI в.

Музыковед, скажем, описывает историю музыки XVI в. в Испании, раскрывает ее особенности, направление. Свои обобщения он сможет считать верными лишь тогда, когда обратится к огромной архивной памяти машины и получит положительный ответ, что действительно его выводы верны и справедливы для музыкальной культуры XVI в.

В поэзии любое сочетание рифмы, подбор синонимов, варианты стихотворной композиции — все это сможет «показать» машина человеку и облегчить «творческие муки» при создании нового поэтического произведения.

Безусловно, если речь идет об автоматизации художественного творчества, то имеется в виду прежде всего талант человека, его творческие возможности, его мастерство. Случайный в искусстве или в науке человек не сможет даже с помощью ЭВМ создать что-либо ценное, настоящее.



Может возникнуть вопрос, когда же автоматизированные системы, если они так удобны и полезны, можно будет применить в «массовом масштабе» с целью облегчения и ускорения процесса творчества в искусстве, литературе?

Вопрос связан с решением первоочередных задач, т. е. необходимо исходить из практической значимости таких автоматизированных систем, поскольку стоимость их еще довольно высока, а это немаловажный экономический фактор в нашем народном хозяйстве.

Прежде всего автоматизированные системы нужны в экономике, в области конструирования и управления производственными процессами. Без их внедрения и применения в этих областях не мыслится дальнейший стремительный темп технического прогресса. Поэтому народные средства прежде всего будут вложены в эту область их применения, что несомненно даст хорошие результаты.

Кибернетика связана и с педагогикой.

На помощь педагогу приходят электронно-вычислительные машины. Их можно применять на всех уровнях учебного процесса, начиная от индивидуализированного обучения и контроля знаний отдельного учащегося и кончая планированием и управлением всей системой народного образования.

Внедрение ЭВМ в учебный процесс повышает производительность труда преподавателя и учащихся, дает возможность в полной мере развить самостоятельность в процессе обучения и творческое начало каждого учащегося в изложении им освоенного материала и быстрого получения необходимой информации. Можно перечислить множество видов обучающей техники — от простых устройств для обучения до сложных электронно-цифровых вычислительных машин, сконструированных в научных учреждениях и высших учебных заведениях страны: «Гамма», «Альфа», «Ласточка», «Гренада», «Огонек», «Днепр». В некоторых вузах созданы автоматизированные аудитории, оборудованные комплексом обучающих машин с пультами учащихся и пультом преподавателя для осуществления двусторонней связи преподавателя с каждым учащимся.

Подлежащий изучению материал выдается учащемуся в определенной последовательности в виде небольших порций («шагов»). После каждого «шага» или нескольких «шагов», в зависимости от требования педагога, проводится проверка усвоения материала. Учащемуся предлагаются небольшие упражнения по изучаемой теме. Он вводит свой опыт с помощью клавиатуры на пульте в машину. При правильном ответе ему выдается следующая порция материала. Если же ответ неверный, машина указывает на наличие ошибки и на ее причины, дает необходимую консультацию. На

пульте имеется клавиша «помощь». Ею пользуется учащийся, если не может ответить на поставленный машинной вопрос. «Помощь» оказывается ему в виде наводящего вопроса или дополнительных данных.

После изучения темы машина оценивает знания учащегося. Оценка служит сигналом обратной связи, информирующим ученика о качестве работы, и повышает его интерес к работе с машиной.

Весь процесс обучения регистрируется машиной, что дает возможность преподавателю оценивать успехи ученика.

В какой же мере должен происходить процесс автоматизации обучения? Прежде всего ЭВМ помогут организовать действенный двусторонний контакт преподавателя со многими десятками (а в дальнейшем и со многими сотнями) учащихся. Основная черта, которая присуща обучающим машинам, по сравнению с другими техническими средствами для обучения, например кино, телевидением, магнитофонной записью,— это способность поддерживать обратную связь с учащимся с учетом его действий в процессе обучения. Даже самые простейшие кибернетические устройства, обеспечивающие обратную связь, намного повышают эффективность обучения, поскольку дают возможность педагогу проводить занятия с каждым учащимся индивидуально и в то же время одновременно с целым коллективом обучающихся.

Правда, нельзя предусмотреть в машине все нюансы педагогического процесса, заключающиеся в сложной гамме отношений между педагогом и учащимся. Вот здесь и уместно упомянуть о том, что основным звеном программированного обучения является четкое распределение обязанностей между педагогом и обучающей машиной. Машина избавит педагога от технической работы, его труд будет носить в значительно большей мере, чем в настоящее время, творческий, научный характер.





Специализированный  
класс, оборудованный  
кибернетическими  
устройствами.



Широкое применение ЭВМ в учебном процессе не уменьшает роли педагога, хотя несколько изменяет характер его деятельности, поскольку центр тяжести всего комплекса педагогических работ перенесется не на само занятие, а на подготовку к нему.

ЭВМ помогут, с другой стороны, в условиях группового обучения учесть индивидуальные возможности каждого учащегося. Здесь существенным является то обстоятельство, что для подлинной индивидуализации обучения необходимо иметь данные об особенностях каждого учащегося — его мышлении, памяти, способе восприятия учебного материала, внимании и т. д. ЭВМ могут хранить в своей памяти эти данные, накапливаемые в течение учебных семестров, причем не просто хранить, но и использовать их в практике обучения при выборе того или иного варианта построения данного учебного часа. Таким образом, в процессе обучения способности каждого учащегося будут не только учитываться, но и всесторонне развиваться, интеллектуальное возмужание каждого учащегося станет максимально целенаправленным, что поможет учащемуся глубоко прочувствовать свои возможности и выбрать профессию по призванию.

При массовом применении ЭВМ исчезает первопричина второгодничества. Образование пробелов в знаниях окажется практически невозможным: только с усвоением определенного объема учебного материала учащемуся будет предъявлен следующий раздел. Опять-таки надо заметить, что машина полностью подчинена педагогическим замыслам учителя. Она сигнализирует ему об оказании помощи данному учащемуся и помощь будет оказана своевременно.

Получат широкое распространение программированные учебники. Элементы таких учебников можно найти в обычных, хорошо знакомых нам учебниках, где после каждого раздела помещены контрольные вопросы и задачи.

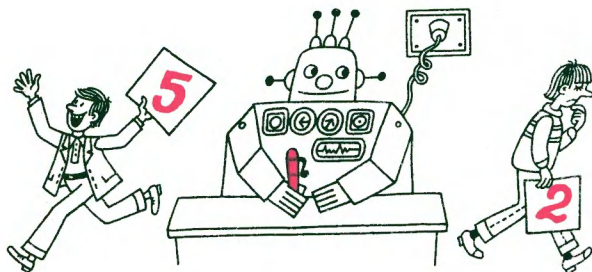




Кроме того, в традиционном учебнике сейчас начинают использовать опыт безмашинного программирования. В учебниках появляются программированные разделы. Они помогают учиться, активно работать на уроках, а это приводит к настолько прочному усвоению материала на занятии, что отпадает надобность в домашних заданиях. Программированный учебник будет дан в помощь как педагогу, так и учащемуся. Он должен быть снабжен подробными точными указаниями о порядке его применения. В программированном учебнике учтены все характерные ошибки, допускаемые учащимися при решении контрольных задач, и помещены указания, к каким разделам нужно обратиться и какие дополнительные контрольные задания следует выполнить, чтобы справиться с поставленной задачей. В таком учебнике разработана точная оценочная система, указывающая, в каком случае и насколько следует снизить оценку автоматически. Проводились опыты по сравнению ведения учебного процесса программированным методом и традиционным. Результаты показали, что группа учащихся, с которыми проводилось программированное обучение, обладала более глубокими и устойчивыми знаниями, чем группа, где занятия проходили обычным порядком.

ЭВМ изменяют характер экзаменационной процедуры. Каждый поступающий в вуз абитуриент, обладая определенным багажом знаний, чувствует, что его судьба в какой-то степени зависит и от случайностей. С другой стороны, ни один из экзаменаторов не может гарантировать, что в течение краткого собеседования он полностью выяснил, выйдет ли из абитуриента хороший специалист или нет.

Объективную оценку поступающему в вуз может дать ЭВМ, которая хранит в своей памяти данные о процессе обучения экзаменуемого в школе, характеристику его знаний, способностей с учетом индивидуальных особенностей. Таким образом, конкурс экзаме-



нующихся будет полностью свободен от субъективных оценок экзаменатора, и в вуз поступят действительно самые достойные из окончивших среднюю школу.

ЭВМ служат также для развития педагогики как науки. Они применяются для сбора и автоматической обработки данных психолого-педагогических экспериментов. Что касается программированного обучения, то в результате применения мощных вычислительных комплексов, созданных на базе ЭВМ нескольких типов, можно будет разработать обучающие программы и учебные курсы. Особенно эффективны программированные учебники по точным наукам (алгебра, физика и т. д.), а также по иностранным языкам. Программированный учебник без использования ЭВМ годен для всех видов самостоятельной работы учащихся, что является важным фактором для заочного образования.

Качество программированного учебника должно быть высоким, поскольку от него зависит и работа обучающих машин, в которые он закладывается. Поэтому от составителя программированного учебника требуются глубокие знания излагаемого материала, владение мастерством педагога, огромный опыт практической работы с учащимися. Затраты на составление таких учебников, как и на создание обучающих машин, при широком внедрении ЭВМ в учебную практику должны быстро окупиться, поскольку в дальнейшем в учебном

процессе не потребуется участия такого огромного числа людей, занятых педагогической работой, как это наблюдается в настоящее время, не говоря уже о том, что научный уровень всей учебно-методической работы значительно возрастет.

Для создания системы управления народным образованием, для автоматизации учебного процесса на базе ЭВМ потребуются еще сложные научные разработки во многих областях кибернетики.

## Возможности ЭЦВМ

Кибернетика непрерывно совершенствует свою техническую базу. На смену громоздким и малонадежным ламповым машинам пришли машины, использующие полупроводники и магнитные элементы. Успехи современной физики позволят перейти к применению чрезвычайно миниатюрных элементов, использующих тонкие пленки, твердые схемы и др. Машины четвертого поколения будут строиться на так называемых БИСах — больших интегральных схемах. В одной такой схеме, объем которой составляет доли кубического сантиметра, может разместиться блок машины, занимавший в машинах первого поколения целый шкаф. Машины станут чрезвычайно надежными, малогабаритными, относительно дешевыми и простыми в эксплуатации. Эволюция в технической основе ЭЦВМ привела к коренным изменениям в ее логической организации. Машина принимает и обрабатывает могучий поток информации, что позволяет сэкономить тысячи лет человеческого труда. При работе с машиной практикуется мультипрограммирование — одновременное решение большого количества задач, поставленных перед ЭЦВМ, а это ведет к более полной загрузке оборудования. Происходит также непрерывное совершенствование логической структуры машин, увеличивается



быстрота их действия и объем памяти. Разрабатываются методы построения новых машин, копирующих не только функции, но и некоторые детали внутреннего строения человеческого мозга.

Возникает вопрос о принципиальных и практических возможностях вычислительных машин.

Способности машин познаются при сравнении их с единственной интеллектуальной силой — мозгом человека.

Часто спрашивают, мыслит ли машина, может ли она быть «умнее» человека? Понятно, нет смысла создавать установку для автоматизации мыслительного процесса, если она ту же работу выполняет медленнее, чем человек.

Но поставим вопрос иначе: а мыслит ли студент, доказывающий теорему? Если да, то почему мы не считаем мыслящей машину, которая делает то же самое в сотни раз быстрее человека? По сообщению американского математика Хао Ванга, вычислительная машина ИБМ-704 за три минуты доказала 220 начальных теорем из фундаментальной математической монографии, а затем за 8,5 минуты выдала доказательства еще 130 более сложных теорем из той же монографии. Однако здесь не происходит открытия новых фактов. Но ведь наши знания были получены в результате многолетних трудов. Для нахождения общего метода решения квадратных уравнений, известного ныне каждому школьнику, человечеству потребовалось несколько сот лет. Современная ЭВМ может вывести его за несколько минут. Для этой цели нужно заставить ее перебрать различные последовательности своих элементарных операций, автоматически проверить правильность решений подстановкой в исходное уравнение и зафиксировать последовательность операций, которые приводят к правильным решениям.

Казалось бы, машина перебирает варианты. На самом деле она программирует себя для решения задач.

Мир, в котором живет, работает и отдыхает человек, — пестрый и звонкий, холодный и жаркий, мокрый, сладкий, колючий —	какой угодно. А машина живет в темноте и тишине, она видит и слышит только одни цифры.
--	---

Любой исследователь поступает аналогично — подбирает одно, отбрасывает другие решения. Нередко на это уходят годы. Есть проблемы, на подготовку к решению которых нужны сотни лет. Здесь не обойтись без помощи ЭВМ. В науке появляется новое качественное объединение «человек плюс вычислительная машина».

Задачу, которую ставит перед собой ученый-теоретик, можно образно сравнить с пирамидой, на вершине которой находится цель — теорема, научная теория и т. п. Основание пирамиды — это совокупность исходных представлений и понятий, лежащих в основе строящейся теории. Высота ее характеризует сложность логических построений, ведущих от исходных факторов к конечным результатам. Рано или поздно наступает момент, когда объем такой пирамиды будет столь большим, что соответствующая проблема становится практически недоступной для «невооруженного» человеческого ума. Здесь потребуются автоматические помощники.

Быстродействие ЭВМ иногда порождает иллюзии, что все задачи можно решить как в игре — перебором вариантов. Многие хозяйственные задачи относятся к теории игр. Так, ЭВМ, проанализировав возможные пути миграции рыб, может «посоветовать» рыбакам оптимальные районы и сроки лова, исходя из математической модели игры «рыба — природа — человек». В чем-то это схоже с игрой в шахматы. Однако машина не просто перебирает ходы, на такой перебор кибернетической установке потребуется  $10^{247}$  лет! Значит, нужно ввести в машину ограничения, часть правил, ко-



торыми пользуется человек. Машину можно обучить оценивать фигуры в зависимости от ситуации, т. е. нужно научить ее действовать не только формально, а эвристически находить лучший выход из создавшихся ситуаций без перебора всех вариантов.

Человек живет в мире, заполненном информацией. Ее содержат в себе страницы книг или речь человека, рельеф лунной поверхности, зеленый цвет листвы, морские приливы и отливы, сила и направление ветра. Она существует объективно, даже еще не будучи осмысленной.

Органы чувств человека — глаза, рецепторы кожи, уши — это как бы окна, открытые в океан информации. Вычислительная машина общается с миром посредством цифр и букв. Правда, уже имеются ЭВМ, воспринимающие произвольные рисунки.

Следует подчеркнуть, что каналы, по которым информация попадает в анализирующее устройство, будь то мозг человека или специальный, искусственный аппарат, имеют хотя и важное, но не принципиальное значение. Ведь даже человек, лишенный зрения или слуха, компенсирует этот недостаток с помощью других органов чувств. При использовании машин важна не столько форма, сколько содержательность и объем поступающей информации.

## Преобразование информации

Важнейшим понятием в кибернетике является преобразователь информации. Это такая система, которая в состоянии черпать информацию из окружающей среды, преобразовывать ее и выдавать в целях воздействия на эту среду.

Сейчас ведутся эксперименты по наделению машин «органами» зрения, речи и слуха. Например, созданные учеными читающие автоматы легко перестраива-

ются на чтение разных шифров, производительность их достигает 200 букв или цифр в секунду, т. е. в 20 раз выше, чем у человека, и это не предел.

Человек не может анализировать информацию беспрерывно. А ведь есть область, где это крайне необходимо, например радиосигналы, которые приходят к нам из мирового пространства.

В будущем ученые и конструкторы научат ЭВМ черпать информацию прямо из книг или из окружающей среды — собирать, анализировать и перерабатывать. Ведь вычислительную машину можно оборудовать большим количеством датчиков. Ей под силу анализировать, например, такой сложный процесс, как изменение погодных условий на всей нашей планете с учетом сотен факторов, недоступных нашему восприятию.

Разумеется, мозг человека во многом совершенней современных вычислительных машин. Очень высока его надежность, одни и те же участки коры мозга могут выполнять различные функции. Поэтому одно из генеральных направлений вычислительной техники — использование форм представлений и методов переработки информации, которые присущи нашему мозгу.

Однако не правы те, кто призывает во всем подражать природе, видя в ней недостижимый для техники предел. Природа ведь до многого не «додумалась», не было в ней, к примеру, колеса. Восхищаясь устройством мозга, нужно к нему также относиться критически, не копировать его слепо при создании вычислительных машин. Вряд ли верно предположение, что будущее только за ЭВМ биологического типа. Но не стоит и впадать в другую крайность — теоретически отвергать смелую концепцию самоорганизации. Однако на пути создания машин, подобных мозгу, стоят огромные технические трудности.

Изучая возможности ЭВМ, ученые пришли к поразительному результату. Оказывается, любые

формы человеческого мышления могут быть принципиально в информационном плане смоделированы в искусственно созданных кибернетических системах. Более того, это возможно на уже существующих универсальных цифровых машинах. Но объем их запоминающих устройств еще невелик. Можно увеличить его, снабдив машину внешней памятью на магнитных лентах, но это несколько снизит ее быстродействие. Однако это уже техническая проблема.

Можно заложить в машину сведения об основных закономерностях развития жизни — наследственности, мутации, естественном отборе, а также сведения о физических процессах, происходивших на Земле с момента возникновения на ней жизни. Машину можно заставить пройти все стадии эволюции — от первичной протоплазмы до мозга человека (разумеется, в чисто информационном плане). Это же, в принципе, можно проделать для Марса, Венеры или любой другой планеты. Но это осуществимо только тогда, когда люди лучше будут знать законы биологии, физики и других наук.

На базе новейших кибернетических устройств и систем быстрыми темпами развивается автоматизация различных видов умственной деятельности человека.

Автоматизация эта захватывает все новые и новые области, возможности ее безграничны.

\*

Кибернетика способствует расцвету материальных и духовных сил человеческого общества.



## Содержание

### Что такое кибернетика

3

### Управляющие системы

3

### Информация и кодирование

7

### Теория автоматов

10

### Вычислительная техника в народном хозяйстве

17

### Разумная машина — верный помощник учено- го

31

### Человек и машина

36

### ЭЦВМ в области литера- туры, искусства

42

### Кибернетика и педагоги- ка

48

### Возможности ЭЦВМ

56

### Преобразование инфор- мации

60



# Что такое кибернетика



Виктор Михайлович  
Глушков

Редакторы:  
Т. Лыскова,  
Н. Офиов

Художественные  
редакторы:  
А. Головченко,  
Е. Дятлова

Технические редакторы.  
Т. Прыткова,  
О. Самойлова  
И. Пономаренко  
Корректор  
Э. М. Боклаженко

Художники:

Астрцов А.  
Кошкин Н.  
Доброхотова-Майкова Н.  
Доброхотова-Майкова Т.  
Панин А.  
Урусов Е.  
Мосякин В. (слайд)

Макет  
Алешиной Н.

A05542. Сдано в набор  
27/XII 1974 г. Подписано  
в печать 17/X 1975 г.  
Формат 70 × 100/32. Бума-  
га офсетная № 2. Печ.  
л. 2 (2,58). Уч.-изд. л. 2,86.  
Тираж 180 000 экз. (Т. п.  
№ 48, 1975 г.) Заказ  
№ 317. Цена 24 коп.  
Издательство «Педагоги-  
ка» Академии педагоги-  
ческих наук СССР и Го-  
сударственного комитета  
Совета Министров СССР  
по делам издательств,  
полиграфии и книжной  
торговли.  
Москва, 107066, Лефор-  
товский пер., 8.  
Ордена Трудового Крас-  
ного Знамени Калинин-  
ский полиграфический  
комбинат Союзполиграф-  
прома при Государст-  
венном комитете Совета  
Министров СССР по  
делам издательств, по-  
лиграфии и книжной  
торговли.  
г. Калинин, пр. Ленина, 5.



Издательство  
«Педагогика»



Читайте  
следующую  
книгу  
библиотечки  
«Ученые —  
школьнику»!

●  
О Мировом океане.

●  
О том, кто такие океанологи и чем они занимаются.

●  
О научно-исследовательском флоте, который изучает мировой океан.

●  
О том, как формируются морские экспедиции и кто может в них участвовать.

●  
О том, как стать моряком.

●  
О профессии моряка.

●  
О богатствах в глубинах Мирового океана.

●  
О том, как будут использоваться богатства Мирового океана в будущем.

●  
Обо всем этом и еще о многом другом вам расскажет увлекательная книга доктора технических наук Н. В. Вершинского «Морская книга».



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
«ПЕДАГОГИКА»