



1.1 ЭВМ и вычисления. 1.2 ЭВМ как устройство обработки информации. 1.3 ЭВМ в физическом эксперименте. 1.4 ЭВМ и управление. 1.5 ЭВМ и автоматизация производства. 1.6 ЭВМ в технике. Испытание конструкций и моделирование. 1.7 САПР. 1.8 Автоматизацию работы служб.

ДЛЯ ЧЕГО НУЖНЫ ЭВМ?

Любая ЭВМ состоит из трех основных узлов: процессора, оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) и системы ввода-вывода.

Процессор управляет работой всех остальных узлов, производит обработку данных, например выполняет арифметические операции, определяет большее из двух чисел, направляет данные во вполне определенное место ОЗУ и т. п.

ОЗУ — это своего рода склад с возможностью очень быстрого доступа ко всем хранящимся в нем данным, промежуточным и конечным результатам вычислений. В ОЗУ хранится и программа работы, которая воспринимается процессором и определяет характер всех производимых ЭВМ действий.

Система ввода-вывода предназначена для обмена данными между ЭВМ и внешним миром. В зависимости от решаемых задач к ЭВМ могут подключаться различные внешние устройства: печатающие (*принтеры*), рисующие (*графопостроители*, или «плоттеры»), запоминающие (*внешняя память*), для диалога с человеком (*терминалы, дисплеи*), различного рода датчики и исполнительные механизмы. Система ввода-вывода определяет порядок взаимодействия всех внешних устройств с процессором и ОЗУ.

Микропроцессор — это процессор, выполненный в виде одной или нескольких соединенных между собой интегральных схем. ЭВМ, изготовленная на основе микропроцессора, называется микро-ЭВМ. Она выгодно отличается от своих немикропроцес-

сорных родственников габаритами, стоимостью, надежностью и энергопотреблением.

Многие из применений ЭВМ являются следствием того, что машины умеют считать намного быстрее, чем человек.

1.1. ЭВМ и вычисления

Задумывались ли вы когда-нибудь над тем, как получены таблицы элементарных функций типа тригонометрических, логарифмов и т. п.? Принципиальных трудностей на пути вычисления их значений, конечно же, нет. В любом справочнике по математике можно найти, например, формулы для вычисления синуса острого угла

$$\sin x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \dots$$

где x — величина угла в радианах.

Чем больше взято членов этого ряда, тем выше точность результата. А теперь попробуйте оценить время, необходимое для составления одной страницы таблицы типа известных всем таблиц Брадиса с помощью электронного калькулятора, способного выполнять сложение, вычитание, умножение и деление.

Даже в том случае, когда калькулятор считает практически мгновенно, на выполнение одной арифметической операции с учетом ввода чисел и считывания результата потребуется 5, а то и 10 секунд. Так что вряд ли следует удивляться, что составление таблиц некоторых функций занимало у людей большую часть жизни!

— Пойдите,—скажете вы,—эта работа давным-давно кем-то проделана и хватит ворошить прошлое.

Увы, нет! Современная наука и техника повседневно сталкивается с задачами как можно более точного вычисления все новых и новых, зачастую весьма сложных функций, решение которых в приемлемые сроки не под силу даже большим коллективам людей, если они не вооружены ЭВМ.

А вот другой пример: в 60-х годах экономисты оценили ежегодный объем вычислений, необходимых для эффективного управления народным хозяйством страны. Он составил 10^{17} операций! Здесь уже не обойтись без самых быстродействующих ЭВМ.

Приведя подобного рода пример, уместно поставить вопрос, а как осмыслить итоги таких вычислений. Ведь даже если одна тысячная часть результатов будет напечатана, то это составит почти по полмиллиона чисел на каждого жителя нашей страны. Оказывается, и в этом случае выручает ЭВМ, так как ЭВМ занимается не только вычислениями, но и *обработкой информации* вообще, а вычисления—лишь составная часть этого более широкого понятия.

1.2. ЭВМ как устройство обработки информации

Рассмотрим типичную для ЭВМ задачу расчета заработной платы. На первый взгляд работа сводится к умножению суточной зарплаты каждого служащего на число проработанных дней. Но будет ли ЭВМ заниматься только вычислениями? Конечно, нет. Машина должна будет найти фамилию служащего, разыскать величину его заработной платы, выяснить, не находится ли он в командировке или же отсутствовал по болезни, сверить полученные данные с проработанным этим служащим числом дней и лишь затем произвести операцию умножения. Наконец, полученный результат необходимо отпечатать в нужных позициях ведомости. Даже при решении этой простой задачи основные «усилия» ЭВМ связаны не с вычислениями, а с обработкой информации, под которой можно понимать получение результата из некоторого набора исходных данных.

В такой роли ЭВМ правильнее было бы назвать электронным устройством обработки информации. Однако нетрудно предложить и более точное название — *универсальное устройство обработки информации*, так как ЭВМ способна осуществить произвольную обработку информации, только бы было известно, как ее совершить.

Чтобы заставить машину сыграть новую роль, нужно написать новую *программу* ее работы, т. е. понятную для ЭВМ последовательность приказов (команд), выполнение которых приведет к решению поставленной задачи. Примечательно, что для решения бесконечного множества различных задач обработки информации машина должна уметь выполнять не очень большое количество команд.

Закономерно поставить вопрос, в какой форме должна быть представлена информация, чтобы ЭВМ могла заниматься ее обработкой?

Ответ на этот вопрос изменяется с течением времени. Первые ЭВМ были способны обрабатывать лишь данные, представленные в виде цифр, а сегодня имеются ЭВМ, которые воспринимают и обрабатывают даже человеческую речь. Однако для ЭВМ всех поколений справедливо утверждение о том, что процессор и *запоминающее устройство* (ЗУ) воспринимают информацию только в виде чисел, а все эти числа в свою очередь представлены наборами только из двух символов — *нуля* и *единицы*. Не следует думать, что это ограничивает область применения ЭВМ. Ведь хорошо известно, что по телеграфу можно передать сообщение произвольного содержания и что для этих целей уже в первой половине прошлого века любые послания научились переводить на язык точек и тире, т. е. передавать при помощи только двух символов.

1.3. ЭВМ в физическом эксперименте

Есть немало поучительных историй об изобретательности физиков-экспериментаторов. В числе их находок — очистка труб оптических приборов от паутины с помощью кошки, получение высокоточного параболического зеркала из вращающегося цилиндра, наполненного ртутью, создание бассейна, в котором могут плавать каменные глыбы, и т. п.

Для решения конкретных задач физического эксперимента были созданы электронные приборы и устройства, которые, как выяснилось впоследствии, оказались весьма совершенными *специализированными* (не универсальными) ЭВМ.

Рассмотрим один такой пример. Предположим, что необходимо измерить энергию гамма-квантов, испускаемых радиоактивным источником.

Существует ряд способов преобразования такой энергии в величину электрического импульса. Для этого гамма-квант должен отдать всю свою энергию устройству для его регистрации — детектору. В действительности же только часть квантов взаимодействует с детектором таким образом, а остальные отдают ему лишь некоторую долю своей полной энергии. Только по этой причине попытка измерить энергию гамма-квантов путем определения величины отдельных электрических импульсов на выходе детектора может оказаться безуспешной.

Ситуация осложняется и побочными явлениями, например тем, что гамма-кванты испускаются веществом в непредсказуемые случайные моменты времени и не исключено одновременное попадание в детектор двух и даже нескольких квантов, что, в свою очередь, приведет к появлению на его выходе «дефектных» импульсов. Они могут быть ошибочно восприняты как результат регистрации высокоэнергетического гамма-кванта.

Разобраться в действительном положении дел помогает анализ очень большого числа событий или так называемый *амплитудный анализ*. Для этого необходимо рассортировать все импульсы по величине независимо от времени их регистрации.

Сначала — в 40-х годах нашего столетия — для этой цели применялись своего рода электромеханические пушки, стрелявшие небольшими стальными шариками тем дальше, чем больше величина поданного на пушку электрического импульса. Если в течение эксперимента шарика собрать в кассету типа показанной на рисунке 1.1, то нетрудно построить график (точнее — гистограмму) распределения импульсов по величине, которую логично назвать *амплитудным распределением*, или спектром амплитуд.

Чтобы из подобного рода гистограммы можно было сделать правильные выводы, нужно получить ее с достаточно большой точностью.

Что это означает?

Если параметры тракта регистрации (детектора, усилителя и самой пушки) стабильны, то точность определения высоты каждой

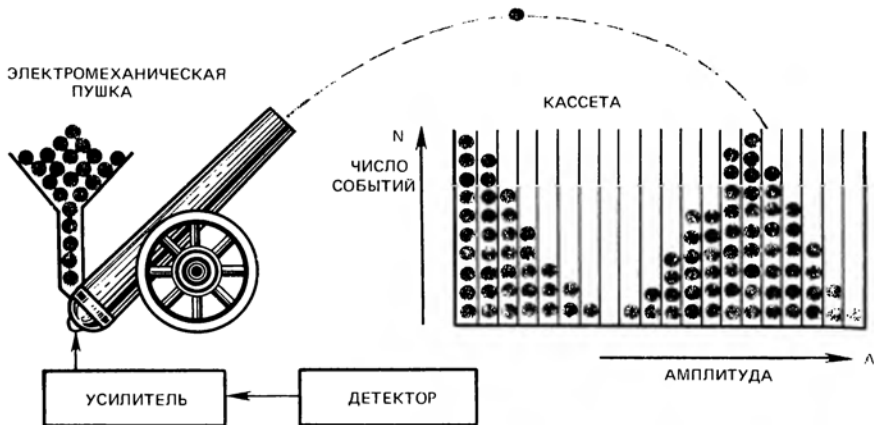


Рис. 1.1. Электромеханическая пушка сортирует импульсы детектора по амплитудам. Каждая ячейка соответствует некоторому интервалу амплитуд, а весь диапазон амплитуд разбит на конечное число таких интервалов (каналов). Дискретные ординаты «графика», они равны числу шариков в канале. Распределения такого типа принято называть гистограммами.

ступени гистограммы зависит лишь от числа событий, зарегистрированных в канале. На рисунке это соответствует числу шариков в одной ячейке кассеты. При числе шариков N ошибка (ее называют статистической) составляет $\pm\sqrt{N}$. В результате для определения высоты ступеньки с точностью до 1% число отсчетов в канале должно быть не менее 10 000!

В такой ситуации с электромеханической пушкой далеко не уедешь. Нужна ЭВМ, так как она может сортировать не десятки, как пушка, а сотни тысяч и даже миллионы импульсов в секунду.

На ЭВМ можно возложить и многие другие функции: периодическую проверку исправности тракта регистрации, поиск наиболее эффективных условий измерения, изменение хода эксперимента по полученным результатам и т. д. Это заслуживает отдельного рассмотрения.

1.1. ЭВМ и управление

Управление — способ достижения в некотором объекте определенных целей. Объекты управления имеют различную природу. Ими могут быть и процесс решения математической задачи, и здоровье человека, и двигательный механизм любой степени сложности, и промышленное предприятие или экономика страны.

Обратимся к примеру. Пусть цель — поддержание постоянного уровня в резервуаре на пути потока жидкости (рис. 1.2). К такой цели часто сводится задача поддержания постоянной скорости вытекания.

Поведение указанного объекта с течением времени t можно описать соотношением

$$\Delta y = \frac{1}{S} (u - x) \Delta t, \quad (1.1)$$

где y — высота уровня, с помощью которой логично описывать состояние объекта;

u — входной поток, т. е. объем втекающей в единицу времени жидкости; изменяя его, можно управлять состоянием;

x — выходной поток, препятствующий достижению цели;

S — сечение резервуара.

Требуемая цель могла быть легко достигнута при точно известной величине x . Тогда из (1.1) с учетом цели ($\Delta y = 0$) непосредственно находится нужное управление: $u = x$, т. е. входной поток должен повторять все изменения выходного.

На практике не всегда можно предусмотреть все величины, препятствующие достижению цели, но о них можно судить косвенно, по состоянию объекта. Вместо измерения x проще следить за изменением уровня жидкости, а принцип управления может быть очень простым: при понижении уровня приток жидкости нужно увеличить, и наоборот. Такая «противодействующая» зависимость управляющего воздействия от состояния объекта — один из примеров *отрицательной обратной связи*.

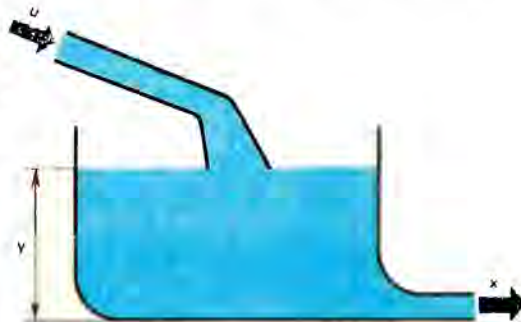
Формально такую связь можно описать как,

$$u = -kx, \quad (1.2)$$

где k — фактор обратной связи, определяющий степень влияния состояния объекта на управляющее воздействие. Соотношение (1.2) означает, что понижение уровня жидкости должно сопровождаться пропорциональным увеличением ее притока. Если выходной поток скачкообразно изменяется от значения x_1 до x_2 (рис. 1.3), то без обратной связи уровень жидкости будет равномерно понижаться, а при ее наличии понижение уровня стремится к некоторой постоянной величине Δu_{∞} , называемой статической ошибкой регулирования. Эта ошибка обратно пропорциональна фактору обратной связи. При достаточно больших его значениях она может оказаться пренебрежимо малой, что и позволяет говорить о достижении цели.

Еще в 1765 году выдающимся русским изобретателем

Рис. 1.2.
Для простейшего описания состояния проточного резервуара достаточно учесть потоки втекающей (u) и вытекающей (x) жидкости, которые определяют положение уровня (y).



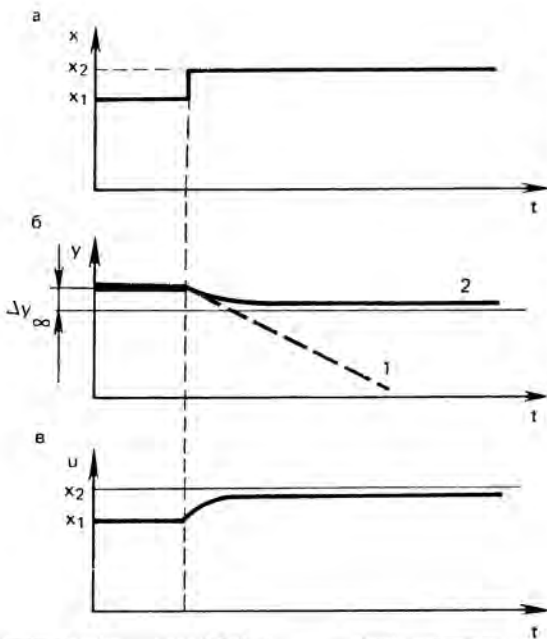


Рис. 1.3. Скачкообразное увеличение выходного потока (а) принципиально различным образом отражается на характере изменения уровня жидкости (б) в системах без отрицательной обратной связи (1) и при ее наличии (2). Благодаря действию обратной связи входной поток стремится компенсировать изменение выходного, но это происходит с запаздыванием (в).

И. И. Ползуновым была предложена поплавковая система управления уровнем, которая с успехом применяется по сей день (рис. 1.4). Хорошо известны и другие регуляторы, основанные на отрицательной обратной связи, например центробежный регулятор скорости вращения Дж. Уатта. Управляющее воздействие формируется в них за счет энергии самой управляемой системы.

Однако источником энергии для управления не обязательно должен быть сам объект. Для управления уровнем в больших промышленных резервуарах более эффективна система с мощным



Рис. 1.4. В регуляторе Ползунова изменения уровня жидкости передаются поплавку, который увеличивает или уменьшает сечение клапана. Такая обратная связь приводит к стабилизации уровня.

насосом, включаемым электромагнитным реле. Сигналы для реле вырабатывает датчик уровня. И хотя они передают определенную энергию, правильная работа системы определяется, скорее, не энергией сигналов, а их «содержанием», т. е. информацией об объекте.

Основная функция любого устройства управления—передача и обработка информации.

Системами управления на основе понятия информации занимается *кибернетика* (от греч. *kybernetike* — рулевой) — наука об управлении.

Все величины, посредством которых может осуществляться взаимодействие объекта управления с окружающей средой, носят название связей. Обозначив информацию о совокупности связей, оказывающих воздействие среды на объект, через X , а объекта на среду — через Y , можно считать, что Y описывает текущее состояние объекта и

$$Y = F(X), \quad (1.3)$$

где F — преобразование объектом информации о воздействиях среды (рис. 1.5).

Чтобы управлять, нужно сформулировать цель управления, т. е. определить, к какому состоянию объекта следует стремиться, а из всех связей X выделить те, которые могут эффективно способствовать достижению цели. Информацию о них обозначим через U . Теперь поведение объекта удобнее описывается соотношением

$$Y = F(X, U), \quad (1.4)$$

а задача управления сводится к поиску воздействия, приводящего к заданному целью состоянию, т. е. к решению «уравнения»

$$Y^* = F(X, U), \quad (1.5)$$

где Y^* — требуемое состояние объекта, U — неизвестная величина.

В общей схеме управления (рис. 1.6) синтез управляющего воздействия осуществляет *управляющее устройство* ($УУ$), реагирующее на изменения как в среде, так и в объекте.

Такой подход имеет существенные достоинства.

Во-первых, при наличии информации об изменениях, происходящих в окружающей среде, управление может быть эффективнее, чем в системе с отрицательной обратной связью.

Во-вторых, независимо от природы объектов управление ими может быть основано на решении чисто математических задач. Специфика объектов при этом отражается на устройствах, воспринимающих информацию — датчиках и оказывающих непосредственное воздействие на объект — исполнительных механизмах.

Функцию обработки информации в системах управления выполняют ЭВМ, а нередко и микро-ЭВМ. Диапазон применения таких систем — от бытовых устройств до промышленных станков, агрегатов, машин.

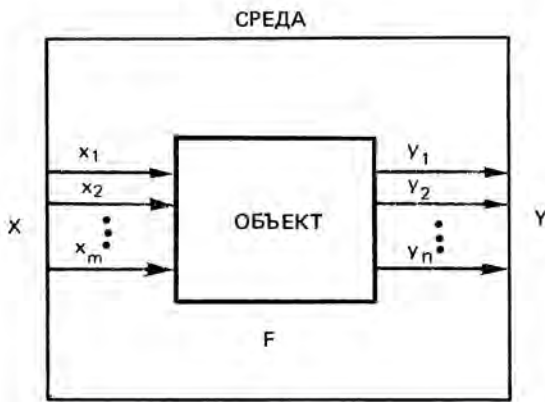


Рис. 1.5.

С целью анализа объекта управления обособляют от окружающей среды и изучают вскрытые в результате такого разделения связи. Во многих случаях они могут быть описаны конкретными, например физическими, величинами. Для простых объектов число связей может быть небольшим.

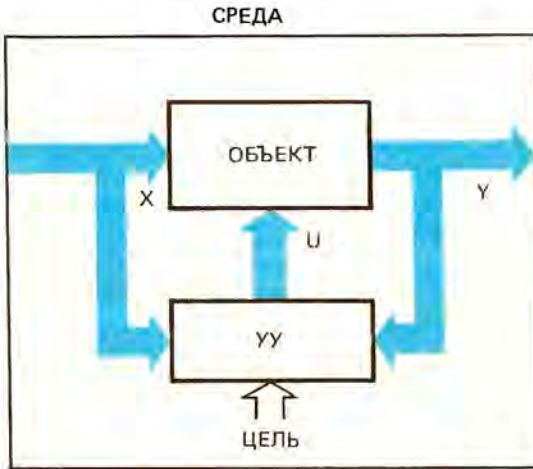


Рис. 1.6.

В общей схеме управления, помимо объекта и окружающей среды, выделяется устройство управления (УУ), осуществляющее целенаправленное воздействие на объект.

Работа ЭВМ в системах управления формально сводится к решению уравнения (1.5), на основе которого формируются управляющие воздействия. Однако нередко число связей реального объекта настолько велико, что об уравнении и даже системе уравнений (1.5) можно говорить только условно. По этой причине более эффективным оказывается управление, осуществляемое человеком, который хотя и не решает никаких уравнений, но определенным образом увязывает решения со связями объекта. Этот процесс в значительной мере является искусством и опирается на интуицию и опыт.

Если же найдены способы формального описания преобразователя F объекта и из очень большого числа связей объекта со средой выделены важнейшие, имеет смысл говорить о модели объекта, представляющей несколько упрощенное его описание.

Опыт показывает, что всегда можно выбрать такое конечное число связей, при котором модель будет соответствовать объекту с необходимой точностью.

При очень сложных объектах построить подходящую модель помогают опять же ЭВМ.

Основой для машинного моделирования систем управления служат экспериментальные данные $\{X, U, Y\}$ о поведении объекта во всех исследованных к текущему моменту ситуациях. Эти данные обычно хранятся в памяти ЭВМ в виде т. н. *базы данных* (БД). Специальные программы — *системы управления базами данных* (СУБД) — обеспечивают быстрый доступ к любой хранящейся информации, ее пополнение и последующую обработку.

С помощью СУБД не составляет труда оперативно проверить, соответствует ли некоторая модель F_m данному объекту или нет, а значит, выбрать из всевозможных моделей наилучшую.

По ряду причин модель всегда бывает приближенной и нуждается в постоянном уточнении. Процесс подстройки модели к объекту называется адаптацией. Создание самоадаптирующихся систем управления — одно из перспективных применений ЭВМ.

1.5. ЭВМ и автоматизация производства

Рассмотрим этот вопрос на примере робота типа «механической руки», который осуществляет некоторые манипуляции с предметами на движущемся конвейере. Информация на электропривод робота поступает из устройства управления. При четком ритме работы конвейера оно должно всего лишь в строго определенные моменты времени включать или выключать нужные моторы и реле.

Работа таких роботов подкупает своей педантичностью и аккуратностью, они не устают, а развиваемые ими усилия и скорость работы могут во много раз превышать человеческие возможности.

Но вот в работе конвейера произошел маленький сбой: деталь оказалась не в нужном месте или на пути «руки» оказался некоторый предмет. Ситуация резко меняется: механизм, восхищавший нас своей эффективностью, выглядит теперь неуклюжим, смешным, а подчас и опасным, — ведь препятствием для его работы мог оказаться человек. Совершенно очевидно, что описанная ситуация — следствие несовершенства простейших устройств управления. Кроме того, будучи рассчитанными на выполнение определенной последовательности операций, они нуждаются в полной переделке при любых изменениях в технологическом процессе.

Создание более совершенных роботов неизбежно связано с использованием ЭВМ. Можно, например, предусмотреть возможность ручного управления работой робота и снабдить его датчиками, позволяющими ввести в ЭВМ информацию о всех произведенных манипуляциях. Запомнив выполненную человеком последовательность действий, ЭВМ в состоянии воспроизвести ее и повторить нужное количество раз. Даже если «обучение» робота поручить самому квалифицированному и опытному рабочему, то ЭВМ в состоянии «поискать» и найти более рациональные действия: например, из соображений минимальных затрат энергии приводов.

Более того, введенную последовательность действий робот может воспроизвести в несколько раз быстрее, чем в процессе «урока».

Дальнейшие пути совершенствования роботов — снабжение их фотоэлектрическими и иными датчиками «зрения», «слуха», «осязания», делающими их чувствительными к соприкосновению с предметом и т. п.

Последние поколения роботов служат основой создания *гибких производственных систем* (ГПС). ГПС работают с минимальным участием человека. Их перестройка на выпуск новой продукции фактически сводится к перекомпоновке оборудования и созданию новых программ для управляющих ЭВМ. Перспективы внедрения роботов со встроенными микропроцессорами в самые различные отрасли промышленности исключительно велики и предполагают колоссальный экономический эффект.

В чем же суть этой так называемой «микропроцессорной революции»?

Напомним, что важнейший фактор прогресса — повышение производительности труда, что в свою очередь подразумевает создание все более производительных машин и механизмов. В процессе взаимодействия человека с орудиями труда нетрудно выделить две важнейшие функции человека: приведение орудий труда в движение и управление ими. Возможности человека и как субъекта, осуществляющего управление, и как источника энергии для орудий труда ограничены. По этой причине совершенствование орудий труда неизбежно привело к созданию и использованию *автоматов* (слово «автомат» в переводе с греческого означает «самодельствующий»). Появление автоматов в производстве высвободило человека от необходимости приводить в движение орудия труда, так как они черпали энергию от других источников (энергия ветра, падающей воды, пара и т. д.). Однако самодельствующими такие устройства можно назвать лишь условно, поскольку в большинстве случаев управление ими осуществлялось человеком. Создание автоматов, самодельствующих в буквальном смысле слова, стало возможным благодаря успехам кибернетики, вскрывшей информационную природу управления и предложившей методы создания самоуправляемых систем. Именно поэтому слово «автомат» в современной трактовке означает устройство преобразования и передачи информации. Сказанное объясняет, почему можно рассматривать ЭВМ (или, как вы помните, универсальные устройства обработки информации) в качестве важнейшего средства повышения производительности труда в народном хозяйстве.

Автоматизация коренным образом изменяет характер труда, являясь одной из предпосылок для стирания грани между трудом физическим и умственным.

1.6. ЭВМ в технике. Испытания конструкций и моделирование

Предположим, что нужно испытать на прочность корпус самолета. Для этого на него наклеиваются тензодатчики — резисторы, сопротивление которых зависит от величины деформации. Их число достигает тысяч, и подсоединять к каждому отдельный измерительный прибор нерационально, поэтому группы тензорезисторов обслуживаются одним измерительным прибором. Поочередное их подключение осуществляет коммутатор. У каждого коммутатора помещается оператор. Он снимает показания группы датчиков, т. е. производит измерения их сопротивлений в отсутствие механической нагрузки. После этого устанавливается определенная нагрузка, составляющая, например, 10 % от расчетной, и снова снимаются показания датчиков. Аналогичные измерения продолжают далее для все возрастающих нагрузок.

Слабый узел конструкции выйдет из строя первым. Допустим, что он сломался при нагрузке, составляющей 80 % от расчетной. Испытания прекращаются. Вычисляют напряжение в дефектном узле, который затем переделывается с целью усиления. После восстановления разрушенной части испытания продолжают до тех пор, пока конструкция не окажется равнопрочной, т. е. разрушающейся сразу во многих узлах. Если при этом нагрузка ниже 100 % от расчетной, то требуется усиление конструкции. В случае, когда нагрузка оказалась выше 100 % от расчетной, конструкция слишком прочна, и, следовательно, массу ее можно уменьшить. Снова требуется пересчет, переработка и связанная с ними обработка многих тысяч показаний датчиков при новых испытаниях.

Эксперимент усложняется еще более, если принять во внимание, что сопротивление тензорезисторов зависит не только от деформации, но и от температуры. Это приводит к необходимости учета внешних условий опыта, что особенно важно при разработке сверхзвуковых самолетов и космических систем, для работы различных узлов которых характерен неодинаковый аэродинамический нагрев.

Эффективность подобного рода экспериментов может быть существенно повышена путем автоматизации измерений и обработки данных с помощью ЭВМ.

Считывание и обработка показаний датчиков, сравнение экспериментальных данных с расчетными, незамедлительное информирование об отклонениях, превышающих допустимые, — все это может быть поручено вычислительной машине. Она немедленно выявит нелинейность деформации, являющуюся признаком скорого разрушения, и эксперимент будет прерван до разрушения слабого узла. Его замена ускорится, так как не придется восстанавливать смежные узлы.

Но, пожалуй, самая заманчивая возможность — моделирование поведения конструкций.

Уточним термин «модель» применительно к этой ситуации.

Для любого реального явления характерно участие множества

взаимосвязанных процессов. Некоторые черты явления представляются важными, другие — несущественными. При изучении таких явлений неизбежен процесс упрощения, схематизации, заключающийся в выделении существенных факторов и пренебрежении остальными. В итоге получается *математическая модель явления*, изучать которую проще. Так, в физике возникли модели математического маятника, блоков без трения, невязких жидкостей и т. д. Прогнозировать их поведение в тех или иных условиях можно, решая соответствующие уравнения. Но несущественные на первый взгляд факторы оказываются важными в каких-то иных ситуациях. Набравшись терпения, мы заметим, что регулярные колебания маятника в конце концов прекращаются вопреки модельным представлениям о математическом маятнике и впечатлению, которое могло сложиться в результате краткосрочного наблюдения за обычным маятником. Подобным образом любая модель может оказаться неадекватной реальному поведению конструкции в какой-либо непредвиденной ситуации. Конечно, решающее слово всегда остается за экспериментом. Но ведь многие данные могут быть получены и при «чисто машинном» моделировании. Такие данные помогают адаптировать модель, т. е. сделать ее более точной и без проведения трудоемких и дорогостоящих экспериментов.

1.7. САПР

Моделирование — одна из характерных черт современных систем автоматизированного проектирования (САПР).

На базе наиболее совершенных ЭВМ создается САПР для проектирования даже самих ЭВМ. Сообщения об этом журналисты снабжают сенсационными заголовками типа: «Суперкомпьютер превосходит самого себя, проектируя своего преемника», «Микросхемная реализация процессора — триумф автоматического проектирования» и т. п.

В действительности же дело заключается в том, что создание совершенной вычислительной техники сопряжено с большими объемами обрабатываемой информации, и без помощи САПР оно малоэффективно или же вообще невозможно.

Рассмотрим, например, не самый творческий, но очень ответственный и трудоемкий этап поиска оптимального расположения элементов интегральной микросхемы (о том, что это за элементы, читатель узнает в главе 5). Элементы должны быть размещены на небольшом кристалле (подложке) и соединены друг с другом тонкими металлическими полосками. Число плоскостей, в которых можно формировать межсоединения, невелико — в противном случае резко возрастает сложность производства микросхем. Рисунок межсоединений в каждой плоскости не должен содержать пересечений, иначе в схеме будут короткие замыкания. Поиск подходящего рисунка, называемый трассировкой соединений, напоминает разработку печатных плат для электронных приборов (такие платы есть, например, в телевизорах, приемниках, их широко

используют и радиолюбители в своих конструкциях). И в том, и в другом случае задача решается обычным методом проб и ошибок: если для выбранного расположения не удалось найти рисунка без пересечений, то берется новое расположение и т. д. В итоге на разработку даже не очень сложной печатной платы может понадобиться много часов работы.

А теперь представьте себе задачу трассировки межсоединений для современного микропроцессора, содержащего сотни тысяч элементов на подложке площадью меньше 1 см². Эта задача неосозмеримо сложнее, так как быстродействие современных электронных устройств нередко определяется рациональностью выбора путей передачи электрических сигналов. Несмотря на то что сигналы распространяются со скоростью, близкой к скорости света, их неуловимые по обычным представлениям задержки могут свести на нет быстродействие самих электронных элементов, поэтому процесс трассировки обязательно сопровождается моделированием задержки распространения сигналов. Если задержка в каком-то узле превышает допустимую, трассировка осуществляется заново. Наконец, когда модель оказывается пригодной, начинается изготовление самого электронного устройства.

И в этом, и в других случаях говорить об интеллектуальных возможностях ЭВМ, по крайней мере, преждевременно. Умственная деятельность конструктора в большинстве случаев не поддается переводу на язык программ, особенно в области выработки решений в сложных ситуациях. Машина просто перебирает все возможные варианты и может затратить на это занятие уйму времени, а квалифицированный специалист, если и не сразу примет верное решение, то, по крайней мере, укажет направление, существенно сужающее область поиска.

ЭВМ просчитает указанные варианты, а человек выберет из них оптимальный! Сочетание таланта и интуиции человека с точностью и быстродействием ЭВМ позволяет видеть в ней надежного помощника даже в процессе творчества.

Хотя ЭВМ берет на себя лишь нетворческую часть труда, ее можно рассматривать как усилитель умственных возможностей человека, подобно тому как, например, велосипед усиливает его физические возможности к передвижению.

Одна из особенностей взаимоотношений человека и ЭВМ в САПР — их *диалоговый*, или *интерактивный* (основанный на взаимодействии) характер. Посредником между человеком и машиной выступает терминал (в простейшем случае — электрическая пишущая машинка).

Современные *терминалы* — дисплеи сохранили от пишущей машинки лишь клавиатуру и обеспечивают отображение информации не на бумаге, а на экране *электронно-лучевой трубки* (ЭЛТ). В ходе диалога ЭВМ может информировать человека о заложенных в программу возможностях, предлагать свои варианты решения конкретных задач. Человек же, «печатая» на терминале специальные команды, заставляет ЭВМ выполнить ту или

иную функцию ее программы. Некоторые современные дисплеи позволяют осуществлять обмен и графической информацией. Так, конструктор может выбрать из БД интересующий его чертеж, схему или «нарисовать» их на экране дисплея с помощью «светового карандаша». Машина воспринимает эту информацию и в состоянии произвести ее обработку, например выровнять линии, нарисованные «от руки», внести в изображение изменения, придать ему более компактную форму, произвести процесс моделирования в заданных человеком условиях и т. п. Полученное на дисплее изображение может быть передано из памяти дисплея в память ЭВМ с целью обработки или размещения в БД. С последним обстоятельством связана другая важная особенность современных систем «человек — машина» — возможность *безбумажного хранения и обработки информации*. Еще недавно значительную часть рабочего времени конструкторов занимало оформление и переработка всевозможных чертежей, схем, таблиц и прочей документации. Малейшее изменение в ходе разработки зачастую приводило к необходимости полной переделки всей документации. САПР и СУБД позволяют осуществлять все изменения в памяти машины. При этом окончательный вывод исправленной или модифицированной документации производится с помощью управляемых от ЭВМ печатающих устройств, или графопостроителей. Сам вывод осуществляется намного быстрее и с более высоким качеством, чем у самого опытного чертежника.

1.8. Автоматизация работы служащих

По образному выражению социологов, основная задача служащих — предоставить в нужное время нужную информацию.

Кто же относится к категории тех, чей труд связан с поиском и обработкой информации? Прежде всего, это работники сферы управления, научных исследований, образования, проектирования, распределения информации, торговли, в какой-то степени деятели искусства и здравоохранения. Труд их преимущественно умственный, но далеко не во всех отношениях творческий. Он, как и любая умственная деятельность человека, содержит рутинную часть, т. е. работу, представляющую собой, в принципе, повторение одних и тех же действий, которые можно формально описать, а это значит поручить их выполнению ЭВМ. В таком смысле ЭВМ становится мощным средством интенсификации, т. е. повышения производительности умственного труда человека.

Средоточием информации в работе служащих традиционно является документ, а сама работа обычно складывается из поиска исходных документов, их анализа, переработки, представления результатов и общения с другими людьми. Рассмотрим, какими путями может повышаться эффективность такой работы.

Ускорению поиска данных из больших массивов призваны служить *информационно-поисковые системы* (ИПС). При условии, что вся представляющая интерес документация организована в

виде базы данных в памяти ЭВМ, специальные программы способны по запросу с терминала найти нужную информацию и представить ее в удобной форме несоизмеримо быстрее, чем человек. В этом убеждают примеры действующих ИПС: сравните, например, процесс получения авиабилета в кассах обычного типа и автоматизированной системы «Сирена». Не менее эффективно применение ИПС и во многих других сферах: архивных, справочных, диспетчерских, регистрационных и т. п. службах — там, где качество работы оценивается, прежде всего, умением быстро отыскать необходимую информацию.

Распространение ИПС сдерживается трудоемкостью переноса информации с бумажных носителей на машинные (магнитные диски и ленты внешних ЗУ ЭВМ). Это обычно делается «вручную», с клавиатуры терминала. Не случайно одна из целей разработки ЭВМ нового (пятого) поколения — наделение машин способностью воспринимать информацию в естественной для человека форме, т. е. в виде речи, документов, изображений.

Экспертные системы (ЭС), которые можно считать развитием ИПС, характеризуются большими «интеллектуальными» способностями. Хранимая в памяти таких систем информация значительно полнее отражает совокупность знаний в конкретной области, чем база данных в ИПС. Это не просто совокупность фактических, предметных данных об интересующем классе объектов, но и элементы понятийного (концептуального) знания, включая связи, отношения и зависимости между объектами, реализованные в виде программ методы и приемы специалистов в данной области, а также алгоритмы решения типичных задач. Перечисленное образует так называемую *базу знаний* ЭС. Получив конкретный запрос, ЭС «включает» в работу все имеющиеся в базе знаний ресурсы и, если не дает окончательный ответ, то формулирует «интеллектуальный» совет, поясняя при необходимости, каким путем она пришла к тому или иному заключению.

Как и в случае ИПС, создание ЭС начинается с ввода данных в ЭВМ. Но это еще сложнее: одно дело — быть хорошим специалистом-экспертом, а другое — изложить свои знания в формализованном виде, приемлемом для ЭВМ. Передача ЭВМ человеческих знаний — одна из центральных проблем вычислительной техники, имеющих огромное практическое значение. Свидетельство тому — успешное применение ЭС в медицине, геологии, химии и других областях деятельности. Работы в области создания ЭС способствуют развитию наших представлений о характере мышления человека.

Еще одна распространенная форма работы, которую с успехом берут на себя ЭВМ, — *обработка текстов*. Между моментом, когда та или иная задача решена по существу, и представлением решения в виде, удобном для восприятия, как правило, скрывается обилие черновой работы. Сюда входит составление и, зачастую, многократная правка всевозможных документов: отчетов, таблиц, бланков, анкет, в т. ч. и тех, форма и содержание которых почти

не изменяются с течением времени. Эту работу значительно облегчают специальные программы-редакторы текстов. С их помощью процесс создания и редактирования текста происходит не на бумаге, а посредством терминала, в памяти ЭВМ.

Развитие функций таких программ — автоматическая нумерация страниц, разделов и параграфов, составление оглавления и списка литературы, расположение текста и заголовков в удобном для восприятия виде, соблюдение существующих стандартов на форму документов. На печать можно вывести только окончательную, выверенную и исправленную версию. Но в ряде случаев можно вообще обойтись без бумаги.

Небольшие приставки к телефонам, называемые модемами, с помощью специальных программ «электронной почты» позволяют практически мгновенно переслать документ в нужное место. Он автоматически появится на дисплее принимающей ЭВМ, а если в данный момент адресат отсутствует, то сообщение запишется в память, а машина напомнит о нем при первом же включении дисплея.

Только перечисленные возможности делают экономически оправданной установку ЭВМ для индивидуального пользования, или персональных компьютеров (ПК) на каждом рабочем месте. Работающие с ними «непрограммирующие профессионалы» специалисты в конкретных областях деятельности — не обязаны иметь глубокой подготовки в области вычислительной техники. Особенностью ПК является «дружественный» характер реакции машины, точнее, заложенных в ней программ, на любые действия человека.

Со времени появления ПК прошло около десяти лет, но уже сейчас их влияние на общественный прогресс соизмеряют с последствиями развития книгопечатания, с той разницей, что ПК — не просто хранитель знаний, но и средство их активного использования в повседневной жизни.

* * *

Итак, практически в любой области на первый план выходят проблемы получения, хранения и обработки все возрастающих потоков информации, а ЭВМ нужны как инструмент усиления возможностей человека при обработке информации, как важнейшее средство повышения производительности труда в самых различных сферах.

Небезынтересно заметить, что название ранних этапов развития человечества было связано с названием материалов для орудий труда: каменный век, железный век и т. д. Далее отразились виды энергии, приводящей в движение орудия труда: век мускульной энергии, энергии ветра, пара, электричества и т. д. Сейчас нередко употребляют термин компьютерный век, подчеркивая тем самым то обстоятельство, что в наше время определяющее значение имеют способы обработки информации.