

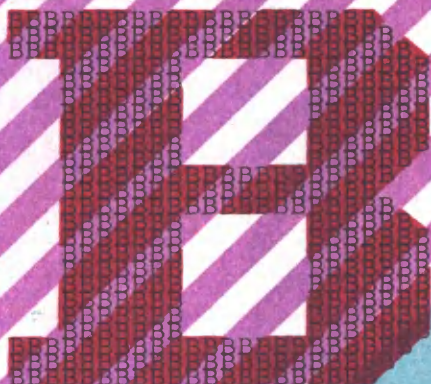
ЭЛЕКТРОННЫЕ



Введение
в ЭВМ

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ

2 6362+	27.00
63+	17.50
64+10	00.00
65+	5.00
66-	20.80
+	27.00
	20.80
	00.00
	25.00
2 4373-	20.80



МАШИНЫ



ЭЛЕКТРОННЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

В **ВОСЬМИ** книгах

Под редакцией

д-ра техн. наук, проф. А.Я.Савельева

А.Я.Савельев, Б.А.Сазонов, Э.К.Скуратович,
А.Г.Дьячко

Введение в ЭВМ

КНИГА

1

Издание второе,
переработанное
и дополненное



Москва «Высшая школа» 1991

ББК 32.973

Э45

УДК 681.3

Рецензент — кафедра вычислительной техники Ленинградского электротехнического института им. В.И. Ульянова-Ленина

Электронные вычислительные машины: В 8 кн.

Э45 Кн.1. Введение в ЭВМ: Практ. пособие для вузов / А.Я.Савельев, Б.А.Сазонов, Э.К.Скуратович, А.Г. Дьячко; Под ред. А.Я.Савельева. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1991. — 160 с.: ил.

ISBN 5-06-001766-4

В первой книге серии "ЭВМ" изложены основные сведения о структуре вычислительных устройств (начиная с микрокалькулятора и кончая вычислительными системами), режимах их работы, возможностях их использования в качестве автоматизированных рабочих мест инженеров, преподавателей, учащихся, управляющих машин в технологических процессах, научных экспериментах и т.д.

Второе издание (1-е - 1987 г.) дополнено новыми материалами.

Э 2405000000—418
001(01)—91 186—91

ББК 32.973

6Ф7

Учебное издание

Электронные вычислительные машины
В восьми книгах

Савельев Александр Яковлевич, Сазонов Борис Алексеевич
Скуратович Эдуард Константинович, Дьячко Анатолий Григорьевич

Книга 1

Введение в ЭВМ

Заведующая редакцией Н.И.Хрусталева. Редактор С.М.Овдова.
Младший редактор Г.Г. Бучина. Художник Ю.Д. Федичкин. Художественный редактор Т.М. Скворцова. Технические редакторы Л.А. Овчинникова, О.В. Дружкова. Корректор З.Г.Карабанова. Оператор Н.Ю. Иванова.

ИБ №8811

Изд.№ СТД-697. Сдано в набор 06.12.90. Подп.в печать 18.09.91. Формат 84×108/32. Бум. тип №2. Гарнитура Таймс. Печать высокая. Объем 8,40 усл.печ. л. 8,82 усл.кр.-отт. 9,33 уч.- изд. л. Тираж 150000 экз. Зак № 521. Цена 1р.50к.

Издательство "Высшая школа", 101430, Москва, ГСП-4, Неглинная ул., 29/14.

Набрано на персональном компьютере изд-ва.

Отклонения по качеству обусловлены состоянием оригиналов, представленных для съемки.

Государственная ассоциация предприятий, объединений

и организаций полиграфической промышленности «АСПОЛ».

Ярославский полиграфкомбинат, 150049, Ярославль, ул. Свободы, 97.

ISBN 5-06-001766-4

© Коллектив авторов, 1991

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемая читателю серия практических пособий «Электронные вычислительные машины» — это систематизированное изложение тех знаний и навыков, которыми сегодня должен владеть непрофессиональный пользователь электронной вычислительной техники. Острая потребность в пособиях нового типа ощущается в связи с широкой компьютеризацией в сфере образования, которая считается одной из главных задач коренного улучшения качества подготовки специалистов, выпускаемых высшими учебными заведениями. В соответствии с утвержденными Госкомитетом СССР по народному образованию рекомендациями базовая подготовка в области информатики и вычислительной техники разбивается на три уровня.

Первый уровень — знакомство с возможностями применения ЭВМ и микропроцессоров в сфере профессиональной деятельности, владение элементарными навыками расчетов на ЭВМ, умение составить на одном из алгоритмических языков программу решения задачи и подготовить ее к выполнению на ЭВМ.

Второй уровень — знание возможностей ЭВМ и микропроцессорной техники как средств исследования, автоматизации обработки данных и решения научно-технических задач, владение методами разработки алгоритмов решения задач и моделирования процессов и явлений в научно-технической деятельности, умение использовать алгоритмические языки программирования.

Третий уровень — наряду со знаниями, обусловленными вторым уровнем подготовки, также владение методами системного программирования, оптимизационными методами решения задач, знание методов организации данных в ЭВМ, умение разрабатывать пакеты прикладных

программ, готовить и отлаживать программы для микропроцессорной системы.

Содержание серии практических пособий соответствует первому уровню подготовки и дополнено рядом материалов и разделов, которые удовлетворяют требованиям второго уровня. Этот материал в тексте пособий выделен петитом. Одновременно обращено внимание на усиление практической подготовки и закрепление навыков решения конкретных задач с учетом научно-технического прогресса в отраслях профессиональной деятельности специалиста.

Методически вся необходимая информация для достижения первого уровня базовой подготовки в области информатики и вычислительной техники изложена в 8-ми книгах.

Книга 1 посвящена описанию технических средств, которые используются при вычислительных работах, а также при решении задач автоматизации различных процессов и объектов. В книге 2 даны основные сведения по представлению информации в ЭВМ, методам и алгоритмам выполнения различных операций. Книга 3 посвящена вопросам технологии подготовки задач для решения на ЭВМ. Описана процедура решения задач на ЭВМ, включая ввод программы, исправление ошибок, работу за дисплеем. В книгах 4 и 5 представлены сведения по языкам программирования ФОРТРАН IV, ПЛ/1, ПАСКАЛЬ и ПЛ/М и подробно изложены приемы программирования, характерные для этих языков. Перечень языков выбран с таким расчетом, чтобы иметь возможность решать задачи на разных технических средствах (ЕС ЭВМ, СМ ЭВМ или ПЭВМ). Книга 6 посвящена вопросам диалога "человек — ЭВМ", что расширяет знания пользователя в области диалоговых систем. Книга 7 содержит практикум для студентов по программированию на языках БЕЙСИК и ФОРТРАН. Подбор рассматриваемых примеров и задач для самостоятельного решения осуществлен таким образом, чтобы, с одной стороны, закрепить навыки программирования простых задач, а с другой — расширить знания и умения пользователя решать достаточно сложные задачи. В книге 8 представлены сведения по применению методов математического моделирования, многовариантных вычислений, поиску оптимальных решений.

Авторы при подготовке рукописей практических пособий широко использовали отечественный и зарубежный опыт обучения студентов различных специальностей воп-

росам программирования и применения ЭВМ в разных областях, что отразилось на изложении теоретического материала и подборе иллюстративных примеров. При этом авторы стремились подобрать материал таким образом, чтобы теоретические положения не усложняли изучение предмета, а способствовали раскрытию существа приёмов или методов решения и программирования задач. В пособиях также отражен личный опыт авторов не только в разработке программных средств, но и в преподавании курсов по информатике и вычислительной технике различным категориям слушателей и пользователей. По своей направленности серия практических пособий предназначена в первую очередь для студентов инженерных вузов и естественных специальностей университетов. Однако ими могут пользоваться также учащиеся техникумов, преподаватели, практические работники.

С момента первого издания пособий прошло три года. За это время в компьютеризации сферы образования произошли значительные изменения: во-первых, обязательной стала базовая подготовка по информатике и вычислительной технике во всех вузах страны; во-вторых, преимущественное развитие получила ориентация на использование персональных компьютеров в учебном процессе; в-третьих, фонд алгоритмов и программ учебного назначения пополнился большим количеством новых разработок для применения в преподавании общенаучных, специальных, общинженерных и других дисциплин. И, что существенно, увеличился преподавательский корпус, использующий вычислительную технику в подготовке кадров.

Настоящее издание является попыткой отразить указанные изменения. Оно включает в себя новый материал по вопросам структуры и применения персональных компьютеров, технологий подготовки и решения задач, приобретения практических навыков в работе с текстовыми редакторами, системами коллективного пользования и т.п. Кроме того, были исправлены некоторые недостатки первого издания и улучшено изложение в некоторых местах. Другой причиной переиздания пособий явились многочисленные просьбы и пожелания из учебных заведений, которые способствовали переработке материала с целью его улучшения.

Авторы выражают искреннюю признательность рецензентам — коллективам кафедр Ленинградского электротехнического института им. В. И. Ульянова-Ленина (зав.

кафедрами проф. Б.Я.Советов, проф. В.И.Тимохин, проф. В.Б.Смолов) за тщательный анализ и внимание, проявленные при просмотре рукописи, а также за конструктивные предложения и критические замечания, направленные на улучшение содержания пособий.

Все пожелания и замечания по содержанию серии практических пособий, за которые авторы заранее благодарят читателей, можно направлять по адресу: 101430, Москва, ГСП-4, Неглинная ул., 29/14, издательство "Высшая школа".

Проф. А.Я.Савельев

ВВЕДЕНИЕ

Электронные вычислительные машины, появившись около 50 лет назад, открыли новую страницу в истории человеческих знаний и возможностей, высвободили тысячи вычислителей, в невиданных масштабах подняли производительность труда ученых, дали возможность изучать сложнейшие процессы. Сейчас нет ни одной отрасли народного хозяйства, где нельзя было бы применить ЭВМ; более того, целые разделы науки и техники не могут существовать без них.

Появление ЭВМ было подготовлено историческим развитием средств вычислений. Древнейшим счетным инструментом, который дала природа человеку, была его собственная рука. От пальцевого счета берут свое начало пятеричная (одна рука) и десятиречная (две руки) системы счисления. Издревле употреблялся еще один вид инструментального счета — деревянные палочки с зарубками (бирки) и веревки с узелками. Но с ростом и расширением торговли они перестали удовлетворять потребность в средствах вычислений. И вскоре появился специальный счетный прибор, известный в древности под названием «абак», представляющий собой доску с вертикальными желобками, в которых передвигались камешки. Русский абак (счеты) появился на рубеже XVI - XVII вв. Главное его отличие — десятичный принцип счисления. Форма счетов, установленная более 250 лет назад, в настоящее время почти не изменилась. В XVII в. появились и первые логарифмические линейки.

С развитием общества росли потребности в различных вычислениях, которые становились более трудоемкими. Это явилось причиной появления механических счетных устройств. Первым среди них стало суммирующее устройство

Б.Паскаля (1624). В нем часовой механизм был превращен в счетный и вместо стрелок двигался диск с нанесенными на нем числами. Впоследствии *Б.Паскаль* сделал несколько вариантов суммирующего устройства, но ни одно из них не получило практического применения: устройства были ненадежны, пользоваться ими без специальной подготовки было невозможно. Тем не менее значение суммирующих устройств Паскаля в истории развития вычислительной техники огромно: они послужили переходным инструментом от простых приборов к машинам с механическими счетчиками, доказали возможность выполнения механическим устройством определенной части умственной деятельности человека. Создание этих устройств явилось мощным толчком к разработке новых счетных устройств. Работа над счетными устройствами велась в двух направлениях — создание суммирующих устройств и устройств, выполняющих четыре действия арифметики (арифмометр).

В России первое суммирующее устройство было изобретено в 1770 г. *Е.Якобсоном* — часовым мастером и механиком в г. Несвиже.

Суммирующие устройства, создаваемые в то время, не имели применения, они скорее выставлялись напоказ, чем использовались по назначению. Это объяснялось их ненадежностью, неудобством в эксплуатации, серьезными конструктивными недостатками из-за отсутствия необходимой материально-технической и технологической базы. Ввод чисел и выполнение операций в этих устройствах представляли собой медленные процессы.

Коренной перелом в создании счетных устройств произошел в середине XIX в., когда появилась необходимая технологическая база, обеспечивающая требуемую точность изготовления деталей. Кроме того, экономическая обстановка (бурный рост промышленности, развитие банков и железных дорог) требовала создания не только надежных, но и быстродействующих счетных устройств. Для этого необходимо было в первую очередь изменить "медленную установку" чисел. В определенной мере медленную установку решило изобретение клавишного ввода, но принципиальное решение пришло лишь с появлением электроники. Тем не менее, благодаря клавишному механическому вводу в середине 80-х годов XIX в. удалось организовать промышленный выпуск суммирующих устройств, получивших широкое распространение в первой половине нашего столетия. Начиная с 50-х годов XX в. в

клавишных устройствах стали использовать электропривод, а затем и электронику.

Параллельно с развитием счетных суммирующих устройств создавались арифмометры. Первым в мире арифмометром стала "арифметическая машина" *Лейбница*, появившаяся в конце XVII в. Сначала Г.Лейбниц лишь пытался улучшить машину Паскаля, но выяснилось, что для выполнения операций умножения и деления необходим новый принцип. Г.Лейбниц предложил использовать цилиндр, на боковой поверхности которого, параллельно образующей, было расположено девять ступенек различной длины. Этот цилиндр впоследствии называли ступенчатым валиком. Машина не получила широкого распространения, но основная идея Лейбница — идея ступенчатого валика — осталась действенной и плодотворной даже в XX в. На принципе ступенчатого валика был построен и арифмометр Томаса — первое в мире счетное устройство, изготавливаемое промышленностью. Создавались арифмометры и другой конструкции. Основным их элементом было зубчатое колесо Однера с переменным числом зубьев. В 1878 г. в России *П.Л.Чебышевым* был создан арифмометр, преимуществом которого явилось то, что перенос десятков из младшего разряда в старшие происходил постепенно в процессе накопления единиц и распространялся на последующие разряды. Идеи, заложенные в арифмометре Чебышева, лежат в основе многих видов современных вычислительных устройств.

Существенным недостатком суммирующих устройств и арифмометров считается невозможность значительного увеличения скорости вычислений. Производительность устройств определяется быстротой рук человека. Поэтому ввод информации и управление операциями необходимо передать в ведение машины. Впервые автоматизировал вычислительный процесс английский ученый *Ч.Бэббидж*, создав проект арифметической машины — прообраз современных компьютеров. Машина состояла из "склада" для хранения чисел (памяти); "мельницы" для производства арифметических операций (арифметического устройства); устройства, управляющего в определенной последовательности операциями машины (устройства управления); устройства ввода и вывода данных. Для ввода данных предполагалось использовать перфорированную карту. Время на производство арифметических операций оценивалось Ч.Бэббиджем так: сложение и вычитание — 1 с; умножение и деление —

1 мин. Идеи Ч.Бэббиджа не были поддержаны современниками. К ним обратились только в 40-х годах нашего столетия при создании автоматической универсальной машины «Марк-2».

Первая действующая счетно-аналитическая машина была создана *Г.Холлеритом* для автоматизации длительной, однообразной и утомительной работы по обработке данных переписи населения в США в 1880 г. Как и в машине Бэббиджа, в качестве носителей информации использовались перфокарты, но все остальное оборудование — простой пробойник (перфоратор), сложный пробойник, сортировальная машина и табулятор — было оригинально.

Конец XIX в. и начало XX в. характеризуются бурным развитием электротехники, телефонии, радиотехники, а позднее электроники. Большой материал, накопленный в области электроники, позволил создать вычислительную машину немеханического типа.

В 1947 г. была закончена работа над релейной вычислительной машиной «Марк-2», в которой впервые использовалась двоичная система счисления, а для запоминания чисел, выполнения арифметических операций и операций управления — электромеханические реле (13 тыс. шт.), обладающие двумя устойчивыми состояниями. В машине операции сложения и вычитания занимали примерно 0,125 с, умножения — 0,25 с. Одной из удачных конструкций релейных вычислительных машин была машина РВМ-1, сконструированная и построенная под руководством советского инженера *Н.И.Бессонова* в 1956 г. Главный недостаток релейных вычислительных машин — отсутствие хранимой в памяти программы (малая оперативная память), а также невысокая скорость работы и малая надежность.

В 1943 г. в Гарвардском университете под руководством американских ученых *Д.Моучли* и *Д.Экорта* приступили к созданию электронной вычислительной машины (ЭВМ). Машина создавалась по заказу артиллерийского управления и предназначалась для расчета баллистических таблиц. Завершенная в конце 1945 г. машина, получившая название ЭНИАК, имела громадные размеры: содержала 18 тыс. электронных ламп и 15 тыс. реле, потребляла около 150 кВт электроэнергии — мощность, достаточную для работы небольшого завода. Использование электронных ламп позволило резко повысить скорость выполнения машинных операций: сложение — 0,0002 с, умножение — 0,0028 с. Уп-

10

равление счетом осуществлялось с помощью программ, набираемых вручную на многочисленных коммутационных дисках и переключателях. Несоответствие между временем решения задач и временем ее подготовки вручную было настолько большим, что выигрыш от скорости вычисления почти полностью покрывался проигрышем во времени на подготовительных операциях.

Создание вычислительной машины ЭНИАК положило начало бурному развитию ЭВМ первого поколения.

В СССР первая малая электронная счетная машина (МЭСМ) — прототип современных ЭВМ — была создана в 1951 г. под руководством С.А.Лебедева. Для МЭСМ характерно наличие универсального арифметического устройства, выполнявшего 50 арифметических или логических операций в секунду. Связанное с универсальным арифметическим устройством оперативное запоминающее устройство могло быть соединено с долговременным запоминающим устройством, на котором осуществлялся ввод и хранение команд. В случае математической ошибки или переполнения разрядной сетки машина останавливалась. Ее потребляемая мощность составляла 25 кВт.

По сравнению со специализированной машиной ЭНИАК созданная Лебедевым машина имела принципиально новое решение; МЭСМ была одной из первых в мире ЭВМ с параллельной обработкой кодов. Эта машина стала базовым прототипом для мирового цифрового математического машиностроения и обусловила переход к новому периоду — развитию искусства программирования.

Появление МЭСМ послужило мощным толчком для разработки широкого круга вопросов вычислительной математики: осуществлен расчет линии электропередачи Куйбышев — Москва, решены многие задачи ядерной физики, ракетной баллистики и др., решение которых вручную надолго задержало бы развитие некоторых важных направлений отечественной науки и техники. Разработка МЭСМ носила экспериментальный характер и явилась необходимым этапом создания первой быстродействующей электронной счетной машины. В процессе создания МЭСМ разрабатывались, монтировались и опробовались быстродействующие устройства и узлы большой электронной счетной машины (БЭСМ), завершённые в 1953 г. В течение нескольких последующих лет БЭСМ, производящая 8 тыс. операций в секунду, была самой быстродействующей

машиной в Европе. На ней были решены многие задачи, считавшиеся ранее неразрешимыми из-за большого объема вычислений. Ряд технических решений, воплощенных в БЭСМ, предвосхитил идеи ЭВМ второго поколения.

Структура и основные схемы БЭСМ стали классическими; они были положены в основу быстродействующих машин БЭСМ-2, М-2 и др.

В 1953 г. под руководством Ю.А.Базилевского была создана цифровая вычислительная машина (ЦВМ) «Стрела», в 1954 г. под руководством Б.И.Рамеева — ЭВМ «Урал». Почти одновременно с этими машинами появились такие ЭВМ, как М-3, «Минск-1» и др., которые составили семейство отечественных ЭВМ первого поколения.

Характерные черты ЭВМ первого поколения — использование электронных ламп в основных и вспомогательных схемах, наличие параллельного арифметического устройства, разделение памяти машины на быстродействующую оперативную ограниченного объема (выполненную на электронно-лучевой трубке или на ферритовых сердечниках) и медленную внешнюю большого объема (использовавшую накопители на магнитных барабанах и лентах), применение полупроводниковых диодов и магнитных сердечников в логических элементах машины, перфолент и перфокарт как носителей информации при вводе и выводе данных. Среднее быстродействие ЭВМ первого поколения достигло десятка тысяч арифметических операций в секунду.

Поиск структур, обеспечивающих максимальную загрузку всех устройств за счет совмещения их работы во времени, привел к появлению ЭВМ второго поколения, в которых ламповые схемы сменили транзисторные. Основу технической базы ЭВМ второго поколения составили полупроводниковые диоды и транзисторы. Электронные вычислительные машины второго поколения отличались более высокой надежностью, меньшим потреблением энергии, более высоким быстродействием, чем ЭВМ первого поколения. Быстродействие машины увеличивалось за счет повышения скорости переключения счетных и запоминающих элементов и изменений в структуре машины.

Наиболее мощной отечественной ЭВМ второго поколения является БЭСМ-6, созданная под руководством С.А.Лебедева. Трудно переоценить то значение и влияние на развитие вычислительной техники и других областей науки, которое оказало создание этой высокопроизводитель-

ной, оригинальной по архитектуре и структуре, отечественной вычислительной машины.

В нашей стране на основе БЭСМ-6 были созданы центры коллективного пользования, управления, координационно-вычислительные и др. БЭСМ-6 до настоящего времени широко используются в системах автоматизированного проектирования, для разработки математического обеспечения новых ЭВМ, моделирования сложных физических процессов и процессов управления.

Для ЭВМ второго поколения характерен параллелизм в работе отдельных блоков, начиная от "перекрытия" времени выполнения отдельных команд и кончая параллельным выполнением двух команд или более из одной либо разных программ, что позволило достичь быстродействия до миллиона операций в секунду. Дальнейшее увеличение быстродействия ЭВМ тормозилось конструктивным выполнением электронных схем, собираемых из отдельных элементов — резисторов, конденсаторов, диодов, транзисторов.

Миниатюризация конструктивных элементов затрудняется необходимостью работы с каждым элементом в отдельности. Выходом из этих затруднений явилась интегральная технология. Малые интегральные схемы (МИС) стали базой для машин третьего поколения.

В интегральных схемах электронные приборы и элементы создаются по специальной технологии в самом веществе материала. Основой для таких схем служат полупроводниковые материалы, чаще всего кремний. Специально выращенные большие кристаллы кремния, имеющие очень высокую степень химической чистоты, нарезаются на отдельные пластины, на поверхности которых или внутри специальным способом формируются участки, обладающие свойствами конденсаторов, сопротивлений, диодов, транзисторов и т.д. Достаточно тончайшим металлическим выводом или просто "каналом связи" внутри кристалла соединить один его участок с другими, выполняющими ту или иную функцию, и интегральная схема готова. Одна интегральная схема заменяет большое количество различных деталей и позволяет избавиться от многих недостатков полупроводниковых схем. Переход на интегральные схемы способствовал улучшению качества ЭВМ, уменьшению их габаритных размеров и потребляемой ими энергии.

Интеграция различных элементов устранила многие причины, вызывающие возникновение неисправностей. Во-

первых, у интегральных схем, состоящих из десятков элементов, значительно меньше вводов и выводов, чем у предшествующих электронных схем. Во-вторых, миниатюризация ослабила нежелательные связи между элементами. Это положительно сказалось на быстродействии машины. Достоинства ЭВМ, выполненных на интегральных схемах, — быстродействие и надежность, но еще более существенно, что изменились методы производства этих машин и организация их работы.

Электронные вычислительные машины третьего поколения оперируют с произвольной буквенно-цифровой информацией. В них фактически соединились два направления предыдущих поколений машин: ЭВМ для делового, коммерческого применения с обработкой алфавитной информации и ЭВМ, предназначенные для научных учреждений и обработки цифровой информации.

Электронные вычислительные машины третьего поколения построены по принципу независимой параллельной работы различных устройств: процессоров, средств внешней памяти. Независимую работу устройства обеспечивают каналы, управляемые специальным устройством, в которое поступает информация от пользователей ЭВМ. Это устройство и осуществляет первичную переработку информации, освобождая основное устройство от непроизводительной работы. Благодаря параллельной работе отдельных устройств ЭВМ может выполнять серию операций: переписывать информацию для очередной задачи с магнитной ленты или магнитного диска, выводить информацию для соответствующего устройства, вводить информацию и т.д.

Типичные представители ЭВМ третьего поколения — машины единой системы (ЕС ЭВМ), предназначенные для решения научно-технических, экономических задач и задач управления, применения в различного рода АСУ и системах обработки данных. Они созданы совместными усилиями коллективов ученых, инженеров и рабочих СССР, Болгарии, Венгрии и других стран. Промышленный выпуск первых моделей ЕС ЭВМ был начат в 1972 г. Высокое быстродействие и широкие возможности являются базой для эффективного использования моделей ЕС ЭВМ.

В машинах третьего поколения в одной интегральной схеме совмещается несколько элементов. Это большое достижение миниатюризации, которое продолжает совершенствоваться.

ЭВМ четвертого поколения уже строят на больших интегральных схемах (БИС). В одной такой схеме объемом всего лишь в доли кубического сантиметра умещается блок, занимающий в ЭВМ первого поколения целый шкаф.

МикроЭВМ представляют четвертое поколение ЭВМ, изготавливаемых на основе БИС. Число элементов в кристалле размером 1 см^2 достигает 10^5 ; разрабатываются схемы с еще большей плотностью.

С начала 70-х годов микроЭВМ внедряются практически во все сферы человеческой деятельности. Еще в конце 60-х годов имеющиеся ЭВМ рассматривали как большие и малые (миниЭВМ), различая их по стоимости, быстродействию, емкости памяти и т.д. А в настоящее время новый класс ЭВМ - микроЭВМ - за короткое время истории получил наибольшее распространение. Эволюция микроЭВМ в основном напоминала пройденные в 60-х годах этапы развития миниЭВМ: от узко специализированных контролирующих устройств в управляющих системах до универсальных вычислительных машин. Однако, если за первые десять лет развития производства микроЭВМ общий парк находился в пределах 200 тыс. экземпляров, то через десять лет после начала производства их общий парк превышал 2 млн. экземпляров.

В настоящее время даже трудно дать классификацию изготавливаемых микроЭВМ, если рассматривать их по таким параметрам, как быстродействие, емкость внутренней и внешней памяти, состав программного обеспечения, разрядность. Имеются микроЭВМ и миниЭВМ, сравниваемые по указанным параметрам с большими машинами. Среди микроЭВМ, имеющих на мировом рынке, можно выделить даже супермикроЭВМ, имеющие производительность в несколько миллионов операций в секунду и с внутренней памятью до десяти и более мегабайт.

МикроЭВМ обладают такими привлекательными свойствами для пользователей, как малая энергопотребляемость, относительно малая стоимость, небольшие габаритные размеры, повышенная надежность в эксплуатации. Все это, вместе взятое, способствует их дальнейшему распространению и использованию в различных областях науки, техники, экономики и т.д. Основой их являются большие (БИС) и сверхбольшие интегральные схемы (СБИС), на базе которых изготавливаются микрокалькуляторы, микропроцессоры, микроЭВМ.

Развитие микроэлектронной технологии способствовало созданию машин четвертого поколения. Сегодня вычислительная машина приближена к пользователю: она вполне помещается на его рабочем месте и предоставляет для работы набор технических и программных средств. Малые габаритные размеры и специализированность вычислительных устройств позволяют встраивать их в приборы, станки и другие устройства как производственного, так и бытового назначения с целью управления и повышения эффективности работы.

Производительность машин четвертого поколения достигает нескольких десятков миллионов операций в секунду. Вырос и объем памяти. Наряду с усовершенствованием традиционных устройств памяти на магнитных дисках и лентах разрабатывается память без движущихся частей. Общий объем внешней памяти в крупнейших машинах четвертого поколения превышает 10^{14} символов, что эквивалентно библиотеке, состоящей из нескольких миллионов объемистых томов.

Производительность традиционных вычислительных систем повышалась двумя путями: развитием элементной базы, т.е. повышением степени интеграции электронных схем, созданием новых СБИС и архитектуры систем, что связано с использованием методов параллельной обработки информации. К ним можно отнести конвейерные методы.

Системы пятого поколения будут отличаться применением параллельных структур. Характерной чертой их будет также способность не только производить числовые расчеты (как это делают современные машины), но осуществлять функции обработки смысловой информации с выполнением операций анализа и ввода. Необходимость в подобных системах определяется расширением областей применения ЭВМ в таких нетрадиционных сферах, как образование, услуги населению и т.п. У систем пятого поколения будет характерная элементная база — не только сверхбольшие интегральные схемы, но и созданные на их основе ЭВМ, имеющие некоторое сходство по структуре с искусственным интеллектом. В ЭВМ пятого поколения широко будет использоваться оптоэлектроника, которая позволит значительно повысить быстродействие систем, объемы их памяти, а также пропускную способность линий связи, по которым информация поступает в ЭВМ.

ГЛАВА 1

МИКРОКАЛЬКУЛЯТОРЫ

1.1. Классификация, устройство, принцип работы микрокалькуляторов

Новейшие достижения отечественной микроэлектроники способствовали появлению различных по функциональным возможностям средств вычислительной техники — микрокалькуляторов. Одни из них настолько миниатюрны, что их называют карманными, другие микрокалькуляторы, используемые за рабочим столом, — настольными. Отечественной промышленностью выпускаются микрокалькуляторы с питанием от сети переменного тока и от батарей.

Назначение микрокалькуляторов. Основное назначение этих устройств — производить вычисления, что обуславливает область их применения. Они используются для бухгалтерских работ, инженерных, геодезических, статистических и других расчетов, т.е. в тех областях, где требуется складывать, вычитать, умножать, делить, находить значения прямых и обратных тригонометрических функций, извлекать корни, работать с десятичными и натуральными логарифмами и т.д. и даже составлять программы для решения разнообразных задач.

Поэтому пользователями являются люди самых разнообразных занятий: домохозяйки, учащиеся, инженеры, ученые и др. Некоторые микрокалькуляторы помимо своего основного функционального назначения — выполнения вычислений — могут работать в режиме электронного календаря, часов, секундомера, будильника. Применять их надо в тех случаях, когда другие вычислительные средства нецелесообразно использовать из-за сложности, дороговизны, громоздкости. Например, для решения простых задач на больших вычислительных машинах требуется определенная подготовительная работа и, что особенно важно, стоимость

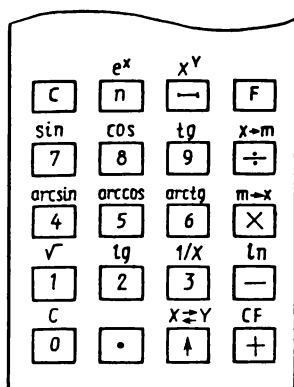
расчетов во много раз выше стоимости расчетов на микрокалькуляторах. Поэтому простые счетные задачи более рационально решать с помощью микрокалькуляторов. В большинстве случаев они экономят время, не создают каких-либо шумов, а расчеты производят практически мгновенно — в отрезки времени, измеряемые миллисекундами и секундами.

Классы микрокалькуляторов. Микрокалькуляторы делятся на три класса — простейшие, инженерные и программируемые. Отечественной промышленностью изготавливаются микрокалькуляторы всех классов. Каждый из них имеет наименование "Электроника (шифр)". В дальнейшем будем называть их для краткости только по шифру. Например, микрокалькулятор МК-40, что означает «Электроника МК-40».

П р о с т е й ш и й м и к р о к а л ь к у л ь т о р выполняет не только четыре действия арифметики. Во многих из них кроме традиционных клавиш «сложить» $[+]$, «вычесть» $[-]$, «умножить» $[*]$ и «делить» $[:]$ есть и другие. В микрокалькуляторе БЗ-39, например, имеются клавиши «извлечение корня» $[\sqrt{\quad}]$, «процент от числа» $[\%]$. А в микрокалькуляторах БЗ-24Г, МК-57, БЗ-26, МК-40, МК-53, СЗ-33 есть специальные клавиши $[\Pi +]$, предназначенные для засылки результатов каких-либо промежуточных вычислений в память микрокалькулятора и извлечений их при необходимости использования. В процессе вычислений можно «забыть» число, находившееся в памяти. Для того, чтобы увидеть его, надо нажать клавишу «индикация памяти» ИП. А если в хранении данного числа отпала необходимость, от него можно избавиться, нажав клавишу «сброс памяти» СП и тем самым освободить место в памяти микрокалькулятора для другого числа. В микрокалькуляторе МК-40 имеются дополнительные клавиши, например: для вычитания из числа, хранящегося в памяти; накопления итоговых сумм промежуточных результатов; изменения знака числа; округления; подсчета числа слагаемых; вывода данных на печатающее устройство. Такой микрокалькулятор успешно применяется для автоматизации бухгалтерских и других расчетов.

И н ж е н е р н ы й м и к р о к а л ь к у л ь т о р позволяет выполнять более сложные расчеты с использованием степенных, показательных, логарифмических и тригонометрических функций, а также находить факториалы чисел, преобразовывать радианы в градусы и

a)



б)

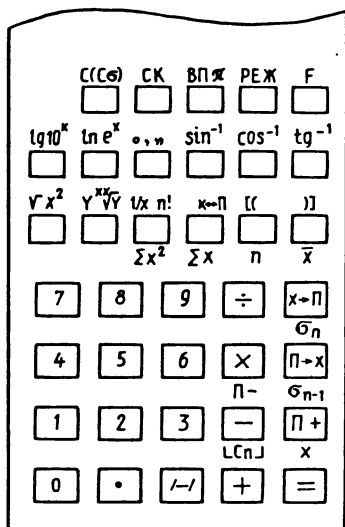


Рис. 1.1

обратно и т.д. То, что при работе с простейшим микрокалькулятором требует большого количества действий, в инженерном микрокалькуляторе выполняется нажатием одной клавиши. Этот более "умный" микрокалькулятор также делает все то, что и простейший. Однако несмотря на увеличение функциональных возможностей, у некоторых инженерных микрокалькуляторов (БЗ-19М, БЗ-32) число клавиш почти не изменилось. Это объясняется совмещением нескольких действий одними и теми же клавишами и использованием специальной клавиши [F]. Для вычисления некоторой функции, например синуса, необходимо последовательно нажать клавишу [F] и соответствующую функциональную клавишу [7(sin)], а без нажатия клавиши [F] (см. рис 1.1,а) вводится только цифра 7. У других микрокалькуляторов (МК-51, СЗ-15) для каждой функции имеется своя клавиша (рис. 1.1,б).

На клавиатуре микрокалькулятора БЗ-19М (рис. 1.1,а) названия функций находятся над клавишами. Функции вычисляются после нажатия клавиши F и клавиши, над

которой указана вычисляемая функция. На клавиатуре МК-51 (рис. 1.1,б) второй и третий ряды клавиш служат для вычисления функций.

В дальнейшем при изображении клавиш используются символы, указанные на клавишах или около них.

Программируемый микрокалькулятор — наиболее совершенный. Он работает как инженерный микрокалькулятор, но главная его особенность — запоминать последовательность нажатия клавиш, необходимую для решения какой-либо задачи. Каждое нажатие клавиши является указанием микрокалькулятору выполнить какую-либо команду (сложить, запомнить, умножить и т.д.). Таким образом, задание последовательности нажатия клавиш равносильно заданию последовательности команд, которые должен выполнить микрокалькулятор для решения задачи. Последовательность команд решения какой-либо задачи называется программой и поэтому микрокалькуляторы, способные запоминать программы, называются программируемыми. Выполнение программы можно повторить и с новыми исходными данными. На программируемых микрокалькуляторах решаются разнообразные задачи практически из любой сферы деятельности человека: медицины, техники, образования и т.д. К настоящему времени разработано множество пакетов прикладных программ (математических, статистических, медико-биологических и т.д.) для программируемых микрокалькуляторов. Каждая из программ реализует элементарные операции, последовательность которых для получения требуемого результата вычислений записывается в память микрокалькулятора и выполняется. Отечественными программируемыми микрокалькуляторами являются БЗ-34, БЗ-21, МК-54, МК-56, МК-46, МК-52.

Устройство микрокалькулятора. Основными конструктивными блоками микрокалькулятора являются: клавиатура, вычислительный и индикаторный блоки. Нажатием клавиш производится ввод данных в вычислительный блок, при этом они сразу же отображаются на индикаторном блоке, что позволяет пользователю всегда проверить правильность вводимых чисел. Нажатием определенных клавиш вычислительному блоку дается указание о выполнении определенной операции, после чего ее результат отображается на индикаторном блоке. Можно сказать, что связь человека с микрокалькулятором при вводе — механическая, а при выводе — только визуальная.

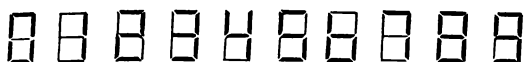


Рис. 1.2

К л а в и а т у р а может состоять из нескольких десятков клавиш. Нажатием клавиши приводится в действие пружинная пластина, которая обеспечивает контакт с определенной точкой электрической схемы вычислительного блока. Специальное декодирующее устройство выявляет номер нажатой клавиши, и вычислительный блок тем самым "узнает" данную клавишу. Клавиши встроены в пластмассовый корпус, внутри которого расположены детали клавиатуры, электронные приборы и узлы, индикаторный блок.

В ы ч и с л и т е л ь н ы й б л о к, или **п р о ц е с с о р**, содержит одну или две интегральные схемы. Одни схемы производят арифметические действия, другие запоминают введенные в них с помощью клавиатуры числа. Элементы интегральных схем — транзисторы, резисторы, диоды. Определенная последовательность запоминающих элементов составляет **р е г и с т р** — устройство для временного хранения информации. В микрокалькуляторах может быть несколько регистров. Они позволяют не только запоминать десятичные числа, но и производить над ними простейшие действия.

Интегральные схемы работают при наличии тактового генератора, вырабатывающего группы периодических импульсов, необходимых для запуска отдельных узлов схемы.

И н д и к а т о р н ы й б л о к позволяет визуально контролировать ввод чисел в микрокалькулятор, а также читать результаты вычислений. Для индикации используются семисегментные индикаторы, в которых каждая цифра 0, 1, ..., 9 отображается комбинацией семи отрезков прямых — четырех вертикальных и трех горизонтальных (рис. 1.2).

Для построения индикаторов используются светоизлучающие диоды, вакуумные катодолуминесцентные и жидкокристаллические элементы.

Светоизлучающие диоды — специальные полупроводниковые диоды, которые под влиянием протекающего через них электрического тока излучают характерный свет (красный, желтый, оранжевый, зеленый).

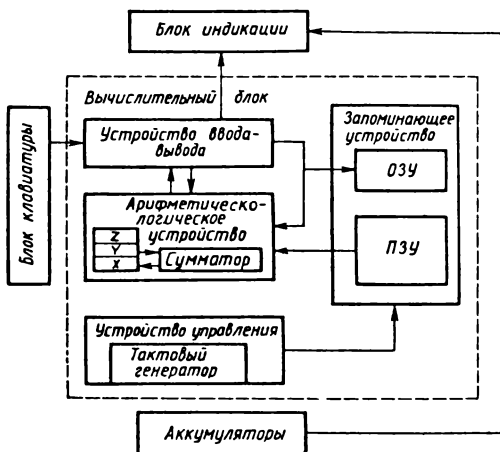


Рис. 1.3

В катодолюминесцентных элементах разогретым катодом излучаются электроны, которые, попадая узким пучком на экран, покрытый специальным материалом, вызывают его свечение зеленым светом.

Жидкокристаллические элементы под влиянием меняющегося электрического поля изменяют его отражательную способность и поэтому в падающем свете сегменты элементов темнеют; из них и составляются изображения цифр.

Принцип работы микрокалькулятора. На рис. 1.3 представлена функциональная схема инженерного микрокалькулятора БЗ-19М. Основой вычислительного блока является арифметическо-логическое устройство: сумматор и три регистра — X, Y, Z. В сумматоре выполняются операции над числами, записанными в регистрах X и Y. Числа заносятся в регистры с помощью клавиши ↑.

Число сначала заносится в регистр X, затем, после нажатия клавиши ↑, передвигается в регистр Y, оставаясь по-прежнему в регистре X. При повторном нажатии той же клавиши число передвигается в регистр Z. При занесении трех разных чисел расположение их в регистрах следующее. Первое число окажется в регистре Z, второе — в регистре Y, третье — в регистре X. В микрокалькуляторе есть специальная клавиша $X \rightleftharpoons Y$ для обмена содержимым регистров X и Y. Регистры с таким способом

размещения чисел называются *стековыми регистрами*. В некоторых типах микрокалькуляторов имеются специальные участки памяти со стековой организацией, называемые *стековой памятью* или *стеками*. Извлечение чисел из стековой памяти производится по принципу «последнее введенное число извлекается первым».

Числа и команды (операции) устройством ввода — вывода вводятся в регистры микрокалькулятора. В регистр Y поступает множимое (или делимое) — обычно первое введенное число. В регистр X — индикационный — поступает второе слагаемое (или вычитаемое, множитель, делитель) и результат вычисления. Числа, появляющиеся в регистре индикации, отображаются на индикаторе.

Устройство управления счетом координирует работу всего вычислительного блока. Синхронизация осуществляется управляющими сигналами, вырабатываемыми тактовым генератором. Обычно генераторы в микрокалькуляторах работают с частотой в несколько сотен кГц, что обеспечивает время выполнения арифметических операций в десятые доли секунды.

Запоминающее устройство состоит из памяти (ОЗУ) и постоянного запоминающего устройства (ПЗУ). В памяти хранятся промежуточные результаты вычислений, а в памяти программируемых микрокалькуляторов могут храниться программы. В ПЗУ хранятся программы, по которым выполняются действия над числами при нахождении функций.

Блок индикации в микрокалькуляторе БЗ-19М имеет 12 разрядов, каждый из которых может отображать любую десятичную цифру.

Питание осуществляется от аккумуляторов. Функциональные схемы других типов микрокалькуляторов могут несколько отличаться от приведенной (рис. 1.3), например, количеством регистров, наличием стековой памяти и др.

Представление чисел в микрокалькуляторе. Числа в микрокалькуляторах могут представляться в *естественной форме*, в которой целая часть отделяется от дробной точкой, например: 0.2; 856.013; 1.25; 0.005. В некоторых типах микрокалькуляторов используется *форма представления чисел с плавающей запятой* (нормальная форма). В этой форме числа представляются в виде мантиссы и порядка со своими знаками. Так, число 1840,75 представляется в виде числа $1,84075 \times 10^3$, состоящего из мантиссы (1,84075) и порядка (3) — показателя степени. Число

0,0035 в нормальной форме представляется как 35×10^{-4} . В микрокалькуляторе МК-51 используются обе формы представления чисел — естественная и нормальная.

Диапазон представления чисел в микрокалькуляторах зависит от разрядности. В 8-разрядных микрокалькуляторах в естественной форме можно представить число n от 10^{-7} до $10^8 - 1$, т.е. наибольшее абсолютное значение числа, которое можно записать — 99 999 999, а наименьшее — 0,0000001. В нормальной форме: $10^{-99} \leq n \leq 9,99999 \times 10^{99}$. При проведении вычислений необходимо следить за тем, чтобы результаты вычислений не выходили из диапазона представления чисел. В противном случае наступает *переполнение разрядной сетки* микрокалькулятора, о чем сигнализирует на индикаторе специальный знак (в МК-51 этот знак — символ E). Переполнение устраняется специальной клавишей "Сброс", после чего микрокалькулятор может продолжать вычислительные действия.

Режим переполнения может возникать в тех случаях, когда:

— результат вычислений больше максимального представимого числа или меньше минимального представимого числа;

— производится операция деления на 0;

— вычисляются функции от аргументов, которые выходят за границы их представлений.

Десятичные числа, отображаемые на индикаторе после ввода их в микрокалькулятор, преобразовываются в двоично-десятичные коды, обрабатываемые вычислительным блоком. Пользователь микрокалькулятора работает с привычными ему десятичными цифрами и, конечно, его не интересует, как эти числа представляются внутри "электронной начинки" микрокалькулятора (в регистрах, сумматоре) и как происходит их перемещение при выполнении операций.

Разработке и серийному производству микрокалькуляторов предшествовало появление БИС. Микрокалькулятор МК-51, помещающийся на ладони человека, содержит 18 тыс. транзисторов, изготовленных в одном полупроводниковом кристалле БИС. Современный этап развития микроэлектроники характеризуется все возрастающим уровнем интеграции БИС и снижением их стоимости. Широкое применение БИС расширяет функциональные возможности микрокалькуляторов.

1.2. Решение задач на микрокалькуляторах

Для решения задач на микрокалькуляторах необходимо предварительное знакомство с правилами выполнения операций, назначением клавиш и порядком их использования. Познакомимся с приемами вычислений на примере инженерного микрокалькулятора МК-51 (рис.1.1,б). Переход на использование других типов микрокалькуляторов особых трудностей не вызывает.

Режимы микрокалькулятора. МК-51 может находиться в следующих режимах: основном, вычисления с константой, совмещенной функции, статистических расчетов. Каждый из этих режимов устанавливается определенным образом.

Во время работы микрокалькулятора в верхней части индикатора отображаются символы, обозначающие соответственно: F — режим совмещенной функции, Π — занятость памяти, K — режим вычислений с константой, Γ — основной режим, $РАД$ — представление аргумента тригонометрических функций и угловых величин в радианах, $ГРД$ — представление аргумента тригонометрических функций и угловых величин в градусах (градусовая мера угла $100g=90$ градусов $=\pi/2$ рад), σ — режим статистических расчетов.

Действия в основном режиме выполняются соответствующими клавишами с обозначениями цифр, знаков операций, тригонометрических и других функций, квадратного корня и т.д.

Режим вычисления с константой устанавливается в случае повторного нажатия клавиши со знаком операции. После этого на индикаторе отображается символ K , а выполнение операции производится после нажатия клавиши $=$ столько раз, сколько нажимается клавиша $=$.

Имеются две клавиши, окрашенные в цвет, отличный от цвета остальных. Это клавиши сброса C и коррекции $СК$. При нажатии клавиши C происходит очистка регистра индикации и рабочего регистра, снятие режима совмещенной функции и режима вычисления с константой. Содержимое регистра памяти при этом сохраняется. При нажатии клавиши $СК$ происходит сброс последнего введенного числа или операции и возврат микрокалькулятора в основной режим работы.

Для перевода микрокалькулятора в режим совмещенной функции необходимо нажать

клавишу F, после чего символ F появится на индикаторе. В этом режиме ряд клавиш, использующихся в основном режиме микрокалькулятора, получит новое назначение, т.е. при их нажатии будут выполняться другие функции, названия которых указаны справа над клавишами. Функции эти следующие: вычисление десятичных и натуральных логарифмов, извлечение корня любой степени, вычисление обратных тригонометрических функций, возведение числа в квадрат и др.

Для перевода микрокалькулятора в режим **с т а т и с т и ч е с к и х р а с ч е т о в** требуется последовательное нажатие двух клавиш F и РЕЖ. На индикаторе после этого появляется символ σ . Клавиши, использовавшиеся в основном режиме и режиме совместной функции, в данном режиме выполняют следующие действия (они обозначены над клавишами): ввод величин, вычисление среднеквадратичного значения введенных величин, суммы квадратов величин и суммы величин, определение количества введенных величин.

Точность вычислений. МК-51 — восьмиразрядный микрокалькулятор, для большинства экономических и учебных расчетов обеспечивает требуемую точность. Однако результаты вычислений могут получаться с некоторой погрешностью и при абсолютно точных исходных данных. Это объясняется тем, что способы вычисления некоторых функций, например, тригонометрических, имеют конечную точность. В МК-51 установлены диапазоны аргументов функций, при использовании которых максимальная ошибка вычислений может составить ± 1 в восьмом разряде числа.

Для увеличения точности в некоторых микрокалькуляторах (БЗ-19М, СЗ-15) вычисления выполняются с большим числом разрядов, чем отображаемых на индикаторе. Ошибка вычислений обычно выявляется в последних разрядах, которые скрыты от пользователя.

Ввод чисел. Ввод чисел производится нажатием цифровых клавиш в порядке следования цифр, начиная со старшего разряда. Если при вводе числа была допущена ошибка, то нажимается клавиша СК и повторяется ввод числа. Операция корректируется нажатием клавиши С, а числа, введенного в память, — нажатием клавиши Sp. Если допущена ошибка при вводе знака, то нажимается клавиша и перед числом устанавливается знак, противоположный введенному. Если допущена ошибка при вводе порядка числа в экспоненциальной форме, то порядок вво-

дится снова без использования каких-то специальных клавиш.

Правила выполнения арифметических действий рассмотрим на примерах, предполагая в каждом из них, что микрокалькулятор очищен от результатов прежних вычислений.

<p>Пример 1.1. Вычислить выражение Решение. Порядок нажатия клавиш</p>	$[(12,345 + 3,055 - 5) \times 2,4] : 8 =$	<p>Индикация</p> $\Gamma 3.12$
---	---	--------------------------------

Из примера видно, что сначала вводится первое число, затем операция, потом второе число и т.д. Для получения результата вычислений и вывода его на индикатор нажимается клавиша =.

<p>Пример 1.2. Вычислить выражение Решение. Порядок нажатия клавиш</p>	$(-0,252 + 548 \cdot 10^{-3}) : 0,02 =$	<p>Индикация</p> $\Gamma 14.8$
---	---	--------------------------------

При выполнении арифметических действий в МК-51 в рабочий регистр поступают множимое, делимое, первое слагаемое, уменьшаемое (первое введенное число); в регистр индикации поступает вычитаемое, второе слагаемое, множитель, делитель, а также результат выполнения операции. В этом примере можно было бы вначале вводить второе слагаемое, тогда уменьшилось бы число нажатий на клавиши, так как не было бы необходимости использовать клавишу [+].

Цепочечные вычисления. При решении задач часто выполняется ряд следующих друг за другом одиночных действий, например сложений или умножений и т.п. При этом для выполнения каждого следующего действия требуется использовать результат предыдущего расчета. Из приведенных примеров видно, что микрокалькулятор сохраняет результат промежуточного расчета и использует его для действий со следующим введенным числом. В некоторых простейших микрокалькуляторах такой возможности нет и приходится промежуточный результат, визуально наблюдаемый на индикаторе, вводить в микрокалькулятор для выполнения цепочечных вычислений.

Использование константы. Из рассмотрения цепочечных действий видно, что микрокалькулятор может запоми-

нать одно из двух введенных чисел и использовать его многократно при выполнении последующих действий. Такая возможность используется во многих вычислениях, таких, как многократное суммирование, вычитание, умножение, деление одного и того же числа при составлении различных таблиц и т.д.

Пример 1.3. Сложить числа 5; 2,8; 10 с константой 25,15.

Решение. Клавиш	Порядок нажатия	Индикация
25.15 +		КГ 30.15
+ 5 =		
2.8 =		КГ 27.95
10 =		КГ 35.15

Для получения трех результатов вычислений только в первом случае была введена константа 25.15. После установления повторным нажатием клавиши + режима с константой необходимо вводить только второе число и нажимать на клавишу =.

Из примера видно, что в режиме работы с константой в микрокалькулятор сначала надо ввести константу, затем повторно нажать клавишу с необходимой операцией и в дальнейшем вводить только числа для выполнения действий с константой. Очень просто выполнять расчеты в этом режиме, когда и константа, и последующие числа равны.

Использование скобок. При вычислении сложных выражений необходимо иметь возможность ввода в микрокалькулятор всех математических знаков (цифр, операций, скобок, функций). В микрокалькуляторе МК-51 имеется даже возможность вычислять выражения с двухуровневыми скобками.

Пример 1.4. Вычислить выражение $16/[24 - 4 \times (2 + 3)]$.

Решение. Клавиш	Порядок нажатия	Индикация
24 -		КГ 4
[(4 ×		
[(2 + 3)]] ÷		
÷ 16 =		

В вычисляемом выражении имеются двухуровневые скобки и поэтому при вводе знаменателя не требуется менять последовательность набора его элементов. Там, где имеется скобка, нажимается соответствующая клавиша. Промежуточный результат вычисления знаменателя получается после нажатия клавиши +. Далее, чтобы разделить число 16 на полученный промежуточный результат, по-

вторным нажатием клавиши + микрокалькулятор переводится в режим вычисления с константой и после ввода числа 16 получается окончательный результат.

Использование регистра памяти. *Регистр памяти* имеется не во всех микрокалькуляторах. Он расширяет возможности микрокалькуляторов в вычислении сложных выражений. Регистр памяти необходим при решении задач, в которых требуется перемножение или деление нескольких алгебраических сумм произведений или частных и т.д. в тех случаях, когда трех рассмотренных выше регистров недостаточно.

Пример 1.5. Вычислить выражение $(22 \times 3 + 16 \times 5) / (0,15 \times 8,2 + 8 \times 3,2)$.

Решение. Порядок нажатия клавиш	Индикация
$22 \times 3 + [(16 \times 5)] = X \rightarrow П$	"Г 146
$0,15 \times 8,2 + [(8 \times 3,2)] =$	"Г 26.83
$FX \leftrightarrow П \div П \rightarrow X =$	" 5.44Г 16697

Первая строка заканчивается клавишей $X \rightarrow П$, после нажатия которой результат вычислений числителя записывается в регистр памяти. Вторая строка показывает последовательность нажатия клавиш при вычислении знаменателя (результат его вычислений находится в регистре индикации). Далее необходимо извлечь результат, записанный в регистр памяти, и разделить его на число, находящееся в регистре индикации. Предварительно нажатием клавиш $X \rightarrow П$ производится обмен содержимым регистров индикации и памяти. Затем нажатием клавиши + содержимое регистра индикации пересылается в рабочий регистр и после нажатия клавиш $П \rightarrow X$ и = получается результат деления на содержимое регистра памяти.

Если для вычислений используются клавиши $П+$ и $П-$, позволяющие непосредственно складывать или вычитать числа, одно из которых находится в регистре памяти, то в конце вычислений необходимо с помощью клавиши $П \rightarrow X$ переслать полученный результат из регистра памяти в регистр индикации.

Пример 1.6. Вычислить выражение

$$\lg \sin 25^\circ + \lg \lg 10^\circ.$$

Решение. Порядок нажатия клавиш	Индикация
$25 \sin \lg + 10 \lg \lg =$	-1.1Г 274329

Решение задач. Для решения задачи необходимо определить постановку ее, метод решения и записать алгоритм в удобном для проведения расчетов виде. Например, алгоритм решения квадратного алгебраического уравнения $ax^2 + bx + c = 0$ можно записать так.

1. Вычислить $p_1 = -b/(2a)$.
2. Вычислить $p_2 = c/a$.
3. Вычислить $D = p_1^2 - p_2$.
4. Если $D < 0$, то вычисления прекратить (корни мнимые), иначе перейти к п. 5.
5. Вычислить $x_1 = p_1 + \sqrt{D}$; $x_2 = p_1 - \sqrt{D}$.

Запишем этот алгоритм в виде, удобном для вычислений на МК-51:

1. $b \div - \mid + 2x a = (p_1)$.
2. $c \div a = (p_2)$.
3. $p_1 \times 2 - p_2 = D$.
4. Если $D < 0$, то вычисления прекратить, иначе перейти к п. 5.
5. $p_1 + \sqrt{D} = (x_1)$; $p_1 - \sqrt{D} = (x_2)$.

Алгоритм в таком виде определяет последовательность выполнения операций над числами в микрокалькуляторе. Ниже приведены примеры решения с постановкой задач.

Пример 1.7. В сберегательную кассу сделан вклад 1500 руб. из расчета 2% годовых. Какую сумму получит вкладчик через 3 года?

Решение. Для расчетов воспользуемся формулой: $C = C_0(1 + P/100)^T$, где C_0 — начальная сумма вклада, P — процент увеличения вклада за определенный период (год, квартал), T — количество периодов, в течение которых вклад хранится (в годах), C — сумма вкладчика по истечении периода хранения вклада.

После подстановки числовых значений получим $C = 1500(1 + 2/100)^3 = 1591,81$ руб.

Порядок нажатия клавиш

$$1.02 \times 3 \times 1500 =$$

Индикация

$$\Gamma 1591.812$$

Пример 1.8. Розничная цена мужского костюма 180 руб. Торговая скидка в пользу магазина составляет 6,7% розничной цены. Найти оптовую цену костюма.

Решение. Розничная цена — это цена, по которой магазин отпускает товары, а оптовая — цена, по которой магазин получает товары. Торговая скидка составляет разницу между оптовой и розничной ценой. Оптовая цена меньше розничной. Она находится по формуле $O = P(100 - T_c/100)$, где P — розничная цена, руб., T_c — торговая скидка, %.

После подстановки числовых значений получим

$$O = 180(100 - 6,7)/100 = 167 \text{ руб. } 94 \text{ к.}$$

Порядок нажатия клавиш
 $180 \times [(100 - 6.7 \div 100)] =$

Индикация
 $\Gamma 167.94$

Пример 1.9. Решить систему из двух линейных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} a_1x' + b_1y + c_1 = 0 \\ a_2x' + b_2y + c_2 = 0 \end{aligned} \right\} \text{при } \begin{aligned} a_1 = 2,1; b_1 = 4,15; c_1 = 3; \\ a_2 = 1,7; b_2 = 3; c_2 = 6,25. \end{aligned}$$

Решение. $x = (-c_1b_2 + c_2b_1)/(a_1b_2 - a_2b_1)$; $y = (-c_2a_1 + a_2c_1)/(a_1b_2 - a_2b_1)$.

После подстановки числовых значений

$$x' = (-3 \times 3 + 6,25 \times 4,15)/(2,1 \times 3 - 1,7 \times 4,15) = -22,433774,$$

$$y = (-6,25 \times 2,1 + 1,7 \times 3)/(2,1 \times 3 - 1,7 \times 4,15) = 10,629139$$

Порядок нажатия клавиш

Индикация

$$6.25 \times 4.15 - 9 = X \rightarrow \Pi$$

$$2.1 \times 3 - [(1.7 \times 4.15)]$$

$$= FX \leftrightarrow \Pi \div \Pi \rightarrow X$$

$$= 6.25 \times 2.1 + [($$

$$1.7 \times 3)] = X \rightarrow \Pi \quad 2.1 \times 3$$

$$- [(1.7 \times 4.15)]$$

$$= FX \leftrightarrow \Pi \div \Pi \rightarrow X =$$

$-22^{\Gamma} 43^{\Gamma} 3774$

$10^{\Gamma} 62^{\Gamma} 9139$

В этом примере в формулах для вычисления x и y знаменатель один и тот же. Попробуйте вычислить y нажатием меньшего числа клавиш.

Пример 1.10. Найти сумму кубов первых 10 чисел натурального ряда.

Решение. Для нахождения суммы воспользуемся формулой $S = [n(n+1)/2]^2$. Подставив вместо n в формулу число 10, получим

$$S = \left[\frac{10 \times 11}{2} \right]^2 = 3025.$$

Порядок нажатия клавиш

Индикация

$$10 \times 11 \div 2 \times 2 =$$

$\Gamma 3025$

Пример 1.11. Найти площадь треугольника, если известны длины его сторон: $a = 12,5$ см, $b = 23,8$ см, $c = 17,34$ см.

Решение. Площадь треугольника при известных его сторонах определяется по формуле Герона: $S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$, где $p = (a+b+c)/2$.

Подставив числовые значения, найдем

$$p = (12,5 + 23,8 + 17,34)/2 = 26,82 \text{ см.}$$

Порядок нажатия клавиш	Индикация
$12.5 + 23.8 + 17.34 \div 2 =$	$\sqrt{26.82}$

$$S = \sqrt{26,82 \times (26,82 - 12,5) \times (26,82 - 23,8) \times (26,82 - 17,34)} = 10995,552 \text{ см}^2.$$

Порядок нажатия клавиш	Индикация
$26.82 \times [(26.82 - 12.5) \times [(26.82 - 23.8) \times [(26.82 - 17.34)]] =$	$109\sqrt{95.552}$

В данном примере число 26,82 приходится четыре раза вводить в микрокалькулятор. Проще было бы использовать режим работы микрокалькулятора с константой. Попробуйте применить этот способ для вычисления S .

1.3. Особенности программируемых микрокалькуляторов

Характерные особенности программируемых микрокалькуляторов — наличие программы, составленной на специальном языке, памяти для хранения программы, стековой памяти для хранения промежуточных результатов вычислений и возможность выполнения программы в автоматическом режиме.

Язык микрокалькулятора. Сравним клавиатуру программируемого микрокалькулятора БЗ-34 (рис. 1.4) с клавиатурой инженерных микрокалькуляторов БЗ-19М и МК-51 (см. рис. 1.1). Большинство обозначений на клавишах или около них (ниже, выше) совпадают. Но есть и несколько новых символов. Язык микрокалькулятора имеет определенный набор символов, указанных на клавишах и записываемых в соответствии с правилами. Если ввести в микрокалькулятор какой-то набор клавишных символов (цифр, операций и т.п.), последовательно нажимая соответствующие клавиши, и сохранить их в памяти микрокалькулятора, то фиксированная последовательность нажатия клавиш и составит *программу микрокалькулятора*. Запись одного или двух символов (нажатие одной или двух клавиш) составляет одну команду (оператор) программы. Почему иногда два нажатия клавиш составляют одну команду? Вспомните выполнение некоторых операций в МК-51. Так, для обмена содержимым регистров индика-

ции и памяти требовалось предварительно нажать клавишу F перед клавишей X⇐П.

Память для хранения программы. Для хранения программы имеется программная память микрокалькулятора, содержащая фиксированное число ячеек. Каждая ячейка памяти — место для хранения одной команды. Каждая команда кодируется цифровым кодом, формируемым при нажатии одной или двух клавиш, и этот код записывается

в определенную ячейку, имеющую свой номер. Например, если в ячейку с номером 01 записан один код команды, то последующий код (другая команда) запишется в ячейку с номером 02, т.е. на единицу большим. Номера ячеек называют *адресами команд*, а число ячеек — *числом шагов программы*. Микрокалькулятор МК-46 рассчитан на 66 шагов программы, БЗ-21 — на 60 шагов, БК-34, МК-54, МК-56 и МК-52 — на 98 шагов.

Выполнение программы в автоматическом режиме. После того, как программа записана в память микрокалькулятора (число шагов программы не должно превышать емкость памяти, в противном случае избыточные команды начинают вытеснять начальные команды и записываться на их места), проверена на отсутствие ошибок, ее можно выполнить, установив специальный режим работы микрокалькулятора — режим автоматического вычисления. Команды программы, вызванной из памяти, последовательно выполняются вплоть до последней команды, которая остановит вычисления. Команда в микрокалькуляторе представляет собой последовательность элементарных действий. В них задействован ряд специальных регистров — адресных и командных. Адресный регистр указывает на ячейку памяти, из которой нужно извлечь информацию для выполнения следующего действия. В командный регистр поступают считанные из памяти команды, которые нужно выполнять, и

F	$x < 0$ ШГ	$x = 0$ ШГ	$x \geq 0$ B10	$x \neq 0$ C1П
K	L0 ИП	L1 П	L2 БП	L3 ПП
sin	cos	tg	x^2	π
7	8	9	\times	+
arcsin	arccos	arc tg	$1/x$	$\sqrt{\quad}$
4	5	6	\div	-
e^x	tg	ln	x^y	Bx
1	2	3	$\sqrt[x]{y}$	\uparrow
10^x	\odot	ABT	ПРГ	CF
0	,	←	BP	Cx
НОП	A	B	C	D

Рис. 1.4

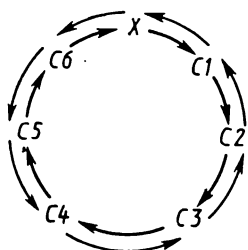


Рис. 15

т.д. Последовательность элементарных действий, составляющих выполнение той или иной команды, называется *микропрограммой*. Она реализуется электронными схемами, изменить которые нельзя. К ним можно только обращаться и получать результаты работы. В литературе часто встречается выражение: программа "защита" в ПЗУ. Этот термин полностью относится к микрокалькуляторам.

Они "защиты" в ПЗУ микрокалькулятора, т.е. сделаны аппаратно, а не программно.

В дальнейшем под выполнением команды в автоматическом режиме будем понимать последовательность действий: по коду команды из ПЗУ микрокалькулятора вызывается соответствующая ей микропрограмма, после выполнения которой из следующей ячейки памяти считывается очередной код команды для выполнения и т.д. Количество выполняемых команд подсчитывается специальным счетчиком команд.


Стековая память. В инженерном микрокалькуляторе МК-51 (см. параграф 1.2) имеются только три регистра: индикационный, операционный (рабочий) и памяти.

Программируемые микрокалькуляторы имеют большее число регистров памяти для хранения промежуточных результатов и исходных данных :


Тип микрокалькулятора	БЗ-21	МК-46	БЗ-31	МК-56	МК-54	МК-52
Число регистров памяти	7	7	14	14	14	14
Число регистров стековой памяти	6	6	4	4	4	5

Программируемые микрокалькуляторы имеют кроме регистров памяти по несколько регистров стековой памяти. Если в регистр памяти, например пятый по номеру, какое-либо число записывается в результате выполнения команды нажатием клавиш П и 5, а вызывается из регистра памяти в операционный регистр нажатием клавиш F и 5, то обращение к стековым регистрам будет не прямым. Для иллюстрации рассмотрим стек микрокалькулятора БЗ-21.

Стековая память микрокалькулятора БЗ-21 состоит из шести регистров С1-С6 и операционного регистра X, объединенных в кольцо. Поэтому пересылка какого-то числа из регистра X в регистр С1 осуществляется нажатием клавиш

П и  .

Информация передвигается по кольцу в направлении часовой стрелки, как показано на рис. 1.5. Число из регистра X помещается в стековый регистр С1, а число, находившееся ранее в регистре С1, — в регистр С2 и т.д. Эта операция называется *сдвигом информации в стеке* или *сдвигом стека*.


Для вызова числа из стекового регистра С1 и помещения в регистр X требуется нажать на клавиши П и  .

В этом случае сдвиг стека происходит в обратном направлении, т.е. против часовой стрелки. Если потребуются вызвать число из стекового регистра С4 и поместить в регистр X, то понадобится четыре сдвига стека.

В микрокалькуляторе МК-46, который имеет такую же систему команд, как и БЗ-21, имеется одна клавиша сдвига стека в направлении против часовой стрелки. В этом микрокалькуляторе передача числа в стековый регистр С6 из операционного регистра осуществляется после сдвига стека.

Примечание. Настольный микрокалькулятор МК-46 способен принимать информацию от внешних устройств (датчиков, аналого-цифровых преобразователей) и обрабатывать ее.

Стек микрокалькулятора БЗ-34 содержит четыре регистра — X, Y, Z, T. Так как эти регистры являются операционными вместе с дополнительным регистром X1, то для этого стека характерно движение чисел по регистрам не только в результате сдвига стека, но и в результате выполнения команд, ввода чисел в микрокалькулятор (рис. 1.6).

На рис. 1.6,а показано, как по команде обмена информацией (клавиша ) происходит сдвиг в стеке:

число из регистра T записывается в регистр Z, из Z — в Y, из Y — в X, из X — в X1.

При вводе в микрокалькулятор (рис. 1.6,б) число попадает в регистр X, а число, находившееся в нем, записывается в регистр Y и т.д. Перемещение информации происходит по кольцу в направлении против часовой стрелки. Содержимое регистра X1 не меняется.

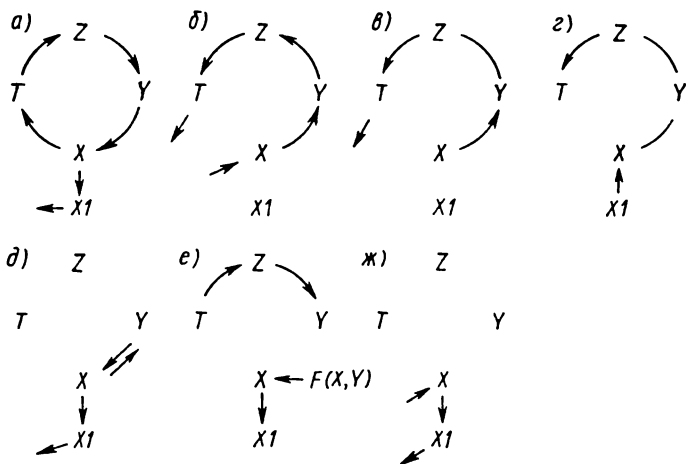


Рис. 1.6

При нажатии клавиши \uparrow (рис. 1.6,б) происходит перемещение чисел по кольцу в направлении против часовой стрелки. Содержимое регистров X и X1 не меняется. Как и в предыдущем случае, число, находящееся в регистре T, выбрасывается из стека.

По команде вызова результата из регистра X1 (рис. 1.6,г) нажатием клавиш F и Vx также перемещается информация снизу вверх, как и в предыдущем случае.

При выполнении команды обмена содержимым регистров X и Y (клавиша \overleftrightarrow{XY}) содержимое регистра X перемещается в регистр X1 (рис. 1.6,д). Регистры T и Z не участвуют в этой операции.

При выполнении арифметической операции над числами результат записывается в регистр X, прежнее содержимое регистра перемещается в регистр X1, а содержимое регистров T, Z, Y перемещается вниз (рис. 1.6,е).

Число, вызванное из памяти, записывается в регистр X, а прежнее содержимое регистра X перемещается в регистр X1; содержимое регистров T, Z, Y остается без изменений (рис. 1.6,ж).

Микрокалькулятор БЗ-34 имеет более совершенную систему команд, чем микрокалькуляторы БЗ-21 и МК-46, и программную память емкостью в 98 шагов. Эта система

команд аналогична системе команд микрокалькуляторов более поздних выпусков (МК-54, МК-57). Имеются лишь небольшие отличия в обозначении клавиш обратных тригонометрических функций (\sin^{-1} , \cos^{-1} , tg^{-1} вместо arcsin , arccos , arctg), обмена содержимым регистров X и Y ($X \leftrightarrow Y$) вместо \overline{XY}), операций с памятью ($X \rightarrow \Pi$ вместо Π и $\Pi \rightarrow X$ вместо ИП , $V \uparrow$ вместо \uparrow).

1.4. Язык и программы микрокалькуляторов

Каждая команда при нажатии одной, двух или даже трех клавиш отображается в памяти и на индикаторе микрокалькулятора цифровым кодом. Код команды — двузначный шестнадцатеричный.

Примечание. Более подробно о шестнадцатеричной системе счисления см. кн.2.

В табл. 1.1 представлены команды и коды микрокалькулятора БЗ-34.

Таблица 1.1

Команда	Код команды	Клавиши	Содержание операции
1	2	3	4

Операции вычислений (арифметические)

+	10	+	Сложение. $\text{PrX} + \text{PrY} \rightarrow \text{PrX}$
-	11	-	Вычитание. $\text{PrY} - \text{PrX} \rightarrow \text{PrX}$
×	12	×	Умножение. $\text{PrY} \times \text{PrX} \rightarrow \text{PrX}$
÷	13	÷	Деление. $\text{PrY} : \text{PrX} \rightarrow \text{PrX}$

Операция замены знака

⊖	OL	⊖	Меняется знак числа, находящегося в PrX
---	----	---	--

Операции вычислений с использованием функций

$\sqrt{\quad}$	21	F $\sqrt{\quad}$	Извлечение корня. Аргумент $\rightarrow \text{PrX}$, результат $\rightarrow \text{PrX}$
X^2	22	F X^2	Возведение в квадрат
1/X	23	F 1/X	Получение обратной величины
10^X	15	F 10^X	Возведение числа 10 в степень
e^X	16	F e^X	Возведение в степень числа e
lg	17	F lg	Вычисление десятичного логарифма
ln	18	F ln	Вычисление натурального логарифма
sin	1C	F sin	Вычисление sin
cos	1Г	F cos	Вычисление cos

1	2	3	4
tg	1E	F tg	Вычисление tg
arcsin	19	F arcsin	Вычисление arcsin
arccos	1—	F arccos	Вычисление arccos
arctg	1L	F arctg	Вычисление arctg
X ^Y	24	F X ^Y	Возведение числа x в степень y

Операции обмена информацией

	ФЕ	↑	Сдвигает числа в стеке: PrX → PrY и т. д.
↑	ФФ	F Bx	PrX1 → PrX. Сдвиг чисел в стеке «снизу вверх»
Bx			
X ^Y	14	X ^Y	PrX ⇌ PrY
○	25	F○	Сдвиг в стеке «сверху вниз»
Π0	40	Π 0	PrX → Pr0
Π1	41	Π 1	PrX → Pr1
⋮	⋮	⋮	⋮
Π9	49	Π 9	PrX → Pr9
ΠA	4—	Π A	PrX → Pr10
ΠB	4L	Π B	PrX → Pr11
ΠC	4C	Π C	PrX → Pr12
ΠD	4Г	Π D	PrX → Pr13
ИΠ0	60	ИΠ 0	Pr0 → PrX
ИΠ1	61	ИΠ 1	Pr 1 → PrX
⋮	⋮	⋮	⋮
ИΠ9	69	ИΠ 9	Pr9 → PrX
ИΠA	6—	ИΠ A	Pr10 → PrX
ИΠB	6L	ИΠ B	Pr11 → PrX
ИΠC	6C	ИΠ C	Pr12 → PrX
ИΠD	6Г	ИΠ D	Pr13 → PrX

Операция ввода цифр

	00	0	
0	00	0	
1	01	1	
⋮	⋮	⋮	
9	09	9	
,	0—		Ввод знака разделения целой и дробной частей 1 0 числа
ВП	0C	ВП	Ввод порядка числа
Cx	0Г	Cx	0 → PrX

Операции останова и переходов

	50	С/П	Прекращается процесс вычислений
С/П	50	С/П	Прекращается процесс вычислений
БП	51	БП	Передача управления по адресу
X < 0	5C	FX < 0	Переход, если PrX < 0
X = 0	5E	FX = 0	Переход, если PrX = 0
X ≥ 0	59	FX ≥ 0	Переход, если PrX ≥ 0
X ≠ 0	57	FX ≠ 0	Переход, если Pr ≠ 0
L0	5Г	FL0	Команда цикла вычислений
L1	5L	FL1	Команда цикла вычислений

1	2	3	4
L2	58	FL2	Команда цикла вычислений
L3	5—	FL3	Команда цикла вычислений
ПП	53	ПП	Переход на подпрограмму
КНОП	54	К НОП	«Пустая» команда
В/О	52	В/О	Команда возврата из подпрограммы

Операции косвенной адресации

$K_X \neq 0$	70	$KX \neq 00$	Переход при $PrX \neq 0$ по адресу $Pr0$
$K_X \neq 01$	71	$KX \neq 01$	Переход при $PrX \neq 0$ по адресу $Pr1$
...
$K_X \neq 0C$	7C	$KX \neq 0C$	Переход при $PrX \neq 0$ по адресу $Pr12$
$K_X \neq 0D$	7Г	$KX \neq 0D$	Переход при $PrX \neq 0$ по адресу $Pr13$
$K_X > 0$	90	$KX \geq 00$	Переход при $PrX \geq 0$ по адресу $Pr0$
$K_X > 01$	91	$KX \geq 01$	Переход при $PrX \geq 0$ по адресу $Pr1$
...
$K_X > 0C$	9C	$KX \geq 0C$	Переход при $PrX \geq 0$ по адресу $Pr12$
$K_X > 0D$	9Г	$KX \geq 0D$	Переход при $PrX \geq 0$ по адресу $Pr13$
$K_X < 0$	C0	$KX < 00$	Переход при $PrX < 0$ по адресу $Pr0$
$K_X < 01$	C1	$KX < 01$	Переход при $PrX < 0$ по адресу $Pr1$
...
$K_X < 0C$	CC	$KX < 0C$	Переход при $PrX < 0$ по адресу PrC
$K_X < 0D$	CГ	$KX < 0D$	Переход при $PrX < 0$ по адресу PrD
$K_X = 0$	E0	$KX = 00$	Переход при $PrX = 0$ по адресу $Pr0$
$K_X = 01$	E1	$KX = 01$	Переход при $PrX = 0$ по адресу $Pr1$
...
$K_X = 0C$	EC	$KX = 0C$	Переход при $PrX = 0$ по адресу PrC
$K_X = 0D$	EГ	$KX = 0D$	Переход при $PrX = 0$ по адресу PrD
КБП0	80	К БП 0	Безусловный переход по адресу $Pr0$
КБП1	81	К БП 1	Безусловный переход по адресу $Pr1$
...
КБПС	8C	К БП C	Безусловный переход по адресу PrC
КБПД	8Г	К БП D	Безусловный переход по адресу PrD
КПП0	-0	К ПП 0	Переход к подпрограмме по адресу $Pr0$
КПП1	-1	К ПП 1	Переход к подпрограмме по адресу $Pr1$
...
КППС	-C	К ПП C	Переход к подпрограмме по адресу PrC
КППД	-Г	К ПП D	Переход к подпрограмме по адресу PrD
КП0	L0	К П 0	$PrX \rightarrow Pr0$
КП1	L1	К П 1	$PrX \rightarrow Pr1$
...
КПС	LC	К П C	$PrX \rightarrow PrC$
КПД	LГ	К П D	$PrX \rightarrow PrD$
КИП0	Г0	К ИП 0	$Pr0 \rightarrow PrX$
КИП1	Г1	К ИП 1	$Pr1 \rightarrow PrX$
...
КИПС	ГC	К ИП C	$PrC \rightarrow PrX$
КИПД	ГГ	К ИП D	$PrD \rightarrow PrX$

Примечание. Здесь и далее Rg означает регистр, а выражение $RgX \rightarrow Rg0$ — пересылку содержимого регистра X в регистр 0.

Команды арифметических операций двухместные, они используют содержимое регистров X и Y. При выполнении операций деления и вычитания делимое и уменьшаемое должны быть в регистре Y. Результат каждой операции записывается в регистр X. Для вычисления арифметических выражений в программируемых микрокалькуляторах БЗ -21, МК-46, БЗ-34 и других используется польская (бескобочная) запись выражений.

Пример 1.12. Вычислить выражение $(2 \times 8 - 4) : 4$.

Решение. Запишем это выражение в бескобочном виде: $28 \times 4 - 4 : 4$. В соответствии с записью порядок нажатия клавиш следующий: $2 \downarrow 8 \times 4 - 4 \div$.

Число 2 запишется в регистр X, затем, после нажатия клавиши \uparrow , оно передается в регистр Y, а число 8 записывается в регистр X. После нажатия клавиши X производится умножение и результат произведения заносится в регистр X. Нажатие клавиши \uparrow не только пересылает содержимое регистра X в регистр Y, но и осуществляет сдвиг стека "снизу вверх" (рис. 1.6,б). Поэтому надо следить за состоянием стека перед выполнением каждой арифметической операции.

Чтобы вычислить функции, их аргументы необходимо предварительно поместить в регистр X. Результат вычислений заносится в регистр X. При возведении числа в степень само число должно быть в регистре X, а показатель степени — в регистре Y.

Команды обмена информацией предназначены для перемещения чисел в стековых регистрах и регистрах памяти. Результаты их действий изображены на рис. 1.6,а,в,д.

Команды перехода используются для ветвления в программах, т. е. для изменения порядка вычисления. Выше приводился алгоритм вычисления корней квадратного уравнения. В нем проверялся знак дискриминанта уравнения для того, чтобы узнать, вычислять действительные или комплексно-сопряженные корни уравнения. При составлении программы решения такого уравнения требуются специальные команды — команды перехода, управляющие порядком проведения вычислений. Существуют команды условного и безусловного переходов.

По команде безусловного перехода управление передается команде, адрес которой записан сразу после нее. Команда безусловного перехода в памяти микрокалькулятора использует две ячейки: в первой записывается код команды (51), во второй — адрес перехода. Так как вся память БЗ-34 рассчитана на 98 шагов, то адрес перехода может быть от 00 до 97.

Команды условного перехода записываются в памяти также в две ячейки. Но при их выполнении проверяется условие: содержимое регистра X сравнивается с нулем. Если условие удовлетворяется, то управление передается на следующую команду, в противном случае — по адресу команды условного перехода. Например, в памяти микрокалькулятора, начиная с адреса 10, записаны три кода команд — 5, 24, 64. Первый код — 5 — код команды X=0, при выполнении которой содержимое регистра X сравнивается с нулем. Если результат сравнения есть 0, то выполняется команда с кодом 64 (записывается содержимое регистра 4 в регистр X) по адресу 12, а если результат сравнения не равен 0, то управление передается на выполнение команды, находящейся по адресу 24.

Команды цикла обеспечивают заданное количество выполнений определенных участков программы (рис. 1.7). При программировании цикла в программе вслед за командой цикла в следующую ячейку памяти, как и в случае команд безусловного и условного переходов, записывается адрес перехода. Перед началом цикла в одном из первых регистров (0, 1, 2, 3) должно быть записано необходимое число повторений. Тогда при выполнении команды цикла 5Г из содержимого регистра 0 вычитается 1, и если получившийся результат не равен 0, то управление передается команде с адресом перехода, находящейся за командой цикла (на рис. 1.7 адрес перехода — 45 в ячейке 33).

Последовательность команд с адреса 45 по 56 выполняется столько раз, сколько записано в регистре 0. Но как только при выполнении команды цикла после вычитания очередной 1 результат становится равным 0

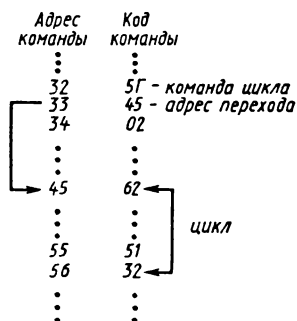


Рис. 1.7

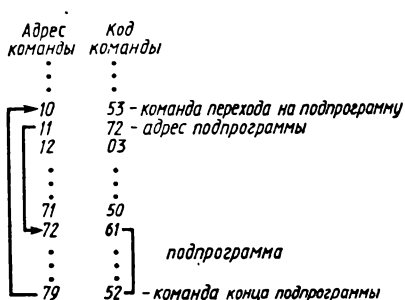


Рис. 1.8

(признак окончания цикла), управление передается команде с адресом 34.

Команда перехода на подпрограмму (код 53) передает управление на подпрограмму по адресу, находящемуся в следующей ячейке за ячейкой с кодом команды. Эта команда автоматически после завершения счета по подпрограмме возвращает управление команде, следующей за

командой перехода, как показано на рис. 1.8.

Команда останова (код 50) прекращает вычисления.

Язык микрокалькулятора БЗ-34 включает в себя большую группу команд косвенной адресации: 56 команд условного перехода, 14 команд безусловного перехода к подпрограммам, 14 команд засылки содержимого регистров памяти в регистр X. Код каждой команды косвенной адресации формируется нажатием трех клавиш: клавиши К, клавиши с обозначением перехода или обращения к памяти, клавиши с номером регистра. При выполнении такой команды содержимое соответствующего ей регистра изменяется (модифицируется). Если был указан регистр с адресом 0, 1, 2 или 3, то его содержимое уменьшается на 1. Если регистр имел адрес, равный 4, 5 или 6, то содержимое его увеличивается на 1. При адресах регистров от 7 до Д их содержимое не меняется.

Команды редактирования имеются в программируемых микрокалькуляторах. При написании программы они не используются, а применяются в процессе ввода программы в микрокалькулятор в тех случаях, когда допущены ошибки. При обнаружении ошибок нажатием клавиши ШГ (шаг вперед) или ШГ (шаг назад) находится ячейка, в которой имеется ошибочный код, подлежащий замене правильным.

При каждом нажатии клавиш ШГ и ШГ содержимое счетчика адресов команд увеличивается или уменьшается на 1 и отображается на индикаторе. Если возникает необходимость исключить одну или несколько команд из программы, то с помощью указанных клавиш находится адрес исключаемой команды и нажатием клавиш К, НОП

вводится по найденному адресу код "пустой" команды 54, означающий отсутствие операции, которая пропускается при обработке.

1.5. Подготовка и решение задач на программируемых микрокалькуляторах

Подготовка и решение задач на инженерных микрокалькуляторах (см. параграф 1.2) сводились к следующим действиям:

- 1) изложение задачи;
- 2) математическая постановка;
- 3) выбор метода решения;
- 4) составление алгоритма решения задачи в виде, удобном для проведения вычислений;
- 5) выполнение алгоритма (проведение вычислений).

В программируемых микрокалькуляторах действие 5 и последующие запишутся в таком виде:

- 5) представление алгоритма программой;
- 6) ввод программы в микрокалькулятор;
- 7) ввод исходных данных;
- 8) отладка программы;
- 9) вычисления по программе.

Выполнение перечисленных действий рассмотрим на примере решения квадратного уравнения.

Сразу же может возникнуть вопрос: зачем для нахождения корней квадратного уравнения составлять программу для микрокалькулятора, вводить, отлаживать? Ведь корни уравнения можно найти, используя режим обычных вычислений программируемого микрокалькулятора, как это было показано для инженерного микрокалькулятора МК-51 (см. параграф 1.2). Прежде всего надо выяснить: корни квадратного уравнения находятся одноразовым действием или придется его повторять при других исходных данных (коэффициентах a , b , c квадратного уравнения $ax^2+bx+c=0$)? Если требуется выполнить только один раз расчет, как это делалось в параграфе 1.2, то, конечно, проще решить эту задачу в режиме обычных вычислений, при котором последовательно вводятся и одновременно выполняются команды одна за другой. Последовательность нажатия клавиш (выполнение команд) фиксируется на бумаге или запоминается пользователем микрокалькулятора. Если же приходится находить корни при разных значениях коэф-

фициентов a , b , c , то экономичнее составить программу, ввести ее в память микрокалькулятора и затем проводить вычисления в автоматическом режиме, меняя только исходные данные. Кроме того, иногда можно и не составлять программу, а воспользоваться программой, составленной ранее другим пользователем. Для программируемых микрокалькуляторов с системой команд БЗ-21 и БЗ-34 имеются сборники прикладных программ для различных областей применения (статистика, численные методы, аналитическая геометрия, алгебра, теория чисел и т.д.). При наличии готовой программы пользователю необходимо только ввести ее в микрокалькулятор, затем ввести исходные данные и выполнить вычисления. Недостатком микрокалькуляторов является то, что при отключении питания в большинстве микрокалькуляторов программы "пропадают" и их приходится снова вводить для возобновления счета. В современных программируемых микрокалькуляторах имеется специальная память — ППЗУ (перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство) для длительного хранения программ при отключении питания. Например, в МК-52 имеется ППЗУ для хранения 5 программ емкостью каждая до 98 шагов в течение полугода.

Составление алгоритма решения задачи. Начнем с пункта 4 решения задачи, зная, что известна ее суть, математическая постановка и метод решения. Запишем алгоритм решения.

1. Вычислить $p_1 = -b/2a$.
2. Вычислить $p_2 = c/a$.
3. Вычислить $D = p_1^2 - p_2$.
4. Если $D < 0$, то перейти к п. 5, иначе — к п. 6.
5. Вычислить вещественную и мнимую части корней $x_{1,2} = p_1 \pm j \sqrt{D}$. Прекратить вычисления.
6. Вычислить действительные корни $x_{1,2} = p_1 \pm \sqrt{D}$. Прекратить вычисления.

Представление алгоритма программой. В соответствии с пунктом 5, используя язык микрокалькулятора БЗ-34, составим программу. При ее составлении надо иметь в виду, что исходные данные a , b , c должны находиться в регистрах 0, 1, 2, результаты вычислений — в регистрах 4 и 5, если корни действительные, в регистрах 4 и 6, если корни мнимые. Признак того, что корни действительные — наличие цифры 5 на индикаторе, а того, что корни мнимые — цифры 6 после останова вычислений по программе. Текст программы с пояснениями представлен в табл. 1.2.

Программа содержит две команды останова. При останове по адресу 17 на индикаторе отображается цифра 6 — признак получения не вещественных корней (мнимая часть хранится в регистре Y, вещественная — в регистре б). При останове по адресу 27 на индикаторе отображается цифра 5 — признак получения вещественных корней (x_1 находится в регистре 5, x_2 — в регистре Y).

Таблица 1.2

Адрес команды (перехода)	Код команды	Клавиши (команда)	Содержание операции	Состояние регистров		
				X	Y	Z
1	2	3	4	5	6	7
00	61	ИП 1	Вызов b из Rг1	b	0	0
01	0L	┐	Изменение знака	$-b$	0	0
02	60	ИП 0	Вызов a из Rг0	a	$-b$	0
03	13	÷	Деление	$-b/a$	0	0
04	02	2	Ввод цифры 2	2	$-b/a$	0
05	13	÷	Деление	$p_1 = -b/(2a)$	0	0
06	46	П 6	Засылка в Rг6	p_1	0	0
07	22	FX ²	Возведение в квадрат p_1	p_1^2	0	0
08	62	ИП 2	Вызов c из Rг2	c	p_1^2	0
09	60	ИП 0	Вызов a из Rг 0	a	c	p_1^2
10	13	÷	Деление	$p_2 = c/a$	p_1^2	0
11	11	—	Вычитание	$D = p_1^2 - p_2$	0	0
12	5C	FX < 0	Проверка $x < 0$	D	0	0
13	18	18	Адрес перехода			
14	0L	┐	Изменение знака	$-D$	0	0
15	21	F √	\sqrt{D}	$\sqrt{-D}$	0	0
16	06	6	Ввод цифры 6	6	$\sqrt{-D}$	0
17	50	С/П	Останов	6	$\sqrt{-D}$	0
18	21	F √	\sqrt{D}	\sqrt{D}	0	0
19	43	П 3	Засылка в Rг3	\sqrt{D}	0	0
20	66	ИП 6	Вызов из Rг6	p_1	\sqrt{D}	0
21	10	+	Сложение	$x_1 = p_1 + \sqrt{D}$	0	0
22	45	П 5	Засылка в Rг5	x_1	0	0
23	66	ИП 6	Вызов из Rг6	p_1	x_1	0
24	63	ИП 3	Вызов из Rг3	\sqrt{D}	p_1	x_1
25	11	—	Вычитание	$x_2 = p_1 - \sqrt{D}$	x_1	0
26	05	5	Ввод цифры 5	5	x_2	x_1
27	50	С/П	Останов	5	x_2	x_1

В таблице третий столбец содержит последовательность нажимаемых клавиш, фактически представляющую программу, если принять, что, например, клавиши ИП \perp 1 представляют команду ИП1, клавиша \neg — команду \neg и т.д. Второй столбец содержит коды команд, записываемые в программную память по адресам (столбец 1) при нажатии соответствующих клавиш. Если имеется готовая программа, то пользователю достаточно иметь только программу на входном языке микрокалькулятора (третий столбец).

Ввод программы. Режим ввода программы устанавливается нажатием клавиш F и ПРГ (рис. 1.4), после чего на индикаторе справа появляются цифры 00, свидетельствующие о готовности микрокалькулятора к приему команд.

Программа решения задачи может начинаться с адреса 00 или любого другого адреса. Программа, представленная в табл. 1.2, начинается с адреса 00 и ее команды сразу можно вводить в микрокалькулятор БЗ-34.

Для занесения программы с произвольного адреса, например 35, необходимо нажатием клавиш F и АВТ перевести БЗ-34 в режим автоматических вычислений. После установления режима следует нажать клавиши БП, 3 и 5, обеспечивающие переход на требуемый адрес (БП — команда безусловного перехода); затем снова установить режим ввода программы клавишами F и ПРГ, после чего на индикаторе появится цифра 35. С этого адреса можно вводить программу.

Ввод команд программы контролируется на индикаторе. На рис. 1.9 представлены показания индикатора в режиме ввода программы: Кп — код последней введенной команды, Кп $_1$ — код предпоследней введенной команды, Кп $_2$ — код команды, введенный перед Кп $_1$, Тс — текущее состояние счетчика команд (адрес команды, которую необходимо ввести).

После ввода первых четырех команд программы (см. табл.1.2) показания индикатора будут такими, как приведено на рис. 1.10. Если обнаружена ошибка во введенной команде, то с помощью клавиши ШГ ее можно исправить. После нажатия клавиши ШГ состояние счетчика команд уменьшается на 1 (на индикаторе это наблюдается по содержанию четвертого столбца) — рис. 1.10, и ввод команды можно повторить.

Возможен случай, когда после ввода всей программы обнаруживается ошибка в каком-то месте программы. Возвращаться на команду с ошибкой с помощью многократ-

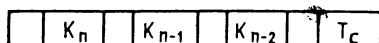


Рис. 1.9

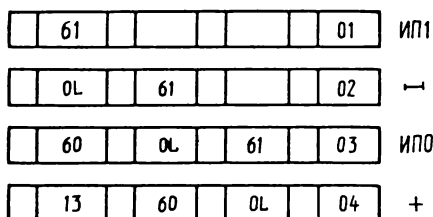


Рис. 1.10

ного нажатия клавиши ШГ было бы слишком долго. В этом случае можно воспользоваться командой безусловного перехода, как это было сделано при вводе программы с произвольного адреса, перевести микрокалькулятор в режим автоматических вычислений и нажатием клавиши БП и цифровых клавиш установить требуемый адрес.

Для исключения команды из программы необходимо перейти на адрес исключаемой команды и нажать клавиши К, НОП. По этой команде в программе ничего не выполняется, а управление сразу передается на следующую команду.

Ввод исходных данных. Нажатием клавиш F и АВТ микрокалькулятор переводится в режим автоматических вычислений, вводятся исходные данные в регистры памяти. Видно, что в программе вычисления корней квадратного уравнения содержатся команды ИП0, ИП1, ИП2, по которым из регистров 0, 1 и 2 извлекаются коэффициенты *a*, *b*, *c*. Это означает, что перед началом вычислений значения *a*, *b* и *c* необходимо ввести в память микрокалькулятора. Для этого после выбора их значений клавишами П и цифровыми клавишами производится запись исходных данных в соответствующие регистры.

Отладка программы. Можно проверить программу, нажав клавишу В/О (команда "возврат/очистка"). При этом счетчик команд покажет 00 и программа начнет выполняться с адреса 00 (см. табл. 1.2).

Проверять программу следует покомандно, т.е. просматривая на индикаторе результат выполнения каждой команды. Это делается с помощью клавиши ПП. После каждого нажатия клавиши выполняется очередная коман-

да, ее результат отображается на индикаторе и при необходимости анализируется.

Вычисления по программе. Убедившись в том, что программа работает правильно, можно проводить по ней вычисления. После ввода исходных данных и установки начального адреса программы нажатием клавиши С/П (команда «пуск/останов программы») начинается счет по программе. В процессе счета показания индикатора меняются, видна быстрая смена цифр. Через несколько секунд вычисления прекращаются и можно, получив результаты вычислений, повторить вычисления при новых значениях исходных данных. Для этого надо ввести новые исходные данные, установить начальный адрес программы и нажать клавишу С/П. Результаты вычислений в программе могут находиться как в операционных регистрах, так и в регистрах памяти. В программе решения квадратного уравнения предусмотрено действительные корни x_1 и x_2 — результаты вычислений — хранить в регистре памяти 5 и в операционном регистре Y. Если после останова программы на индикаторе отображается цифра 5, то это означает, что корни уравнения — действительные. Для просмотра x_2 надо нажать клавишу \underline{XY} , содержимое регистра Y перешлетя в регистр X и отобразится на индикаторе, где его можно прочитать. Для отображения на индикаторе x_1 надо нажать клавиши F и 5.

Для программируемых микрокалькуляторов характерна структура программной памяти. У микрокалькулятора БЗ-34 (см. табл. 1.2) первая ячейка памяти имеет адрес 00 и последовательно увеличивается на 1 до последнего адреса 98. У микрокалькуляторов БЗ-21 и МК-46 адрес памяти через каждые шесть ячеек увеличивается на пять единиц. Начальный адрес первой ячейки памяти — 00, увеличивается на 1 до адреса 05, а следующий адрес начинается уже с 10. Вся память как бы разделена на 10 страниц по 6 ячеек в каждой странице и позволяет поместить программу с максимальной длиной в 60 шагов. Составителям программ следует учитывать эту особенность памяти при программировании переходов, когда требуется за кодом команды перехода определять адрес перехода.

Пример 1.13. Известно, что 10 кг товара одного сорта стоят 60 руб., а 15 кг другого сорта — 150 руб. Сколько надо взять товаров каждого сорта для образования 30 кг смеси общей стоимостью 200 руб.?

Решение. *Математическая постановка.* Обозначим через X количество товара первого сорта, а через Y — количество товара второго сорта, из которых будет состоять 30 кг смеси. Из условия задачи составим систему линейных уравнений с двумя неизвестными X и Y:

$$\begin{cases} X + Y = 30, \\ \frac{60}{10}X + \frac{150}{15}Y = 200, \end{cases} \quad \text{или} \quad \begin{cases} X + Y = 30, \\ 3X + 5Y = 100. \end{cases}$$

Выбор *метода решения*. Для решения системы линейных уравнений воспользуемся формулами Крамера

$$X = \frac{A_{11}}{\Delta} 30 + \frac{A_{21}}{\Delta} 100, \quad Y = \frac{A_{12}}{\Delta} 30 + \frac{A_{22}}{\Delta} 100,$$

где Δ — определитель матрицы $\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 3 & 5 \end{bmatrix}$ $A_{11}, A_{21}, A_{12}, A_{22}$ —

— алгебраические дополнения матрицы.

Составление *алгоритма решения**.

1. Вычислить $\Delta = 1 \cdot 5 - 1 \cdot 3 = 2$.
2. Вычислить $X = 5 \cdot 30/2 - 1 \cdot 100/2 = 25$.
3. Вычислить $Y = -3 \cdot 30/2 + 1 \cdot 100/2 = 5$.
4. Закончить вычисления.

Представление алгоритма программой. Воспользуемся для решения данной системы уравнений готовой программой из сборника, составленной для микрокалькулятора БЗ-34. Коэффициенты при неизвестных и свободный член первого уравнения размещаются в регистрах 7, 8 и 2, а из второго уравнения — в регистрах 4, 5 и 3. Результаты вычислений X и Y будут находиться в регистрах X и Y .

Т а б л и ц а 1.3

Адрес команды	Код команды	Клавиши (команды)	Содержание операции	PrX	PrY	PrZ
1	2	3	4	5	6	7
00	67	ИП 7	Вызов из Pr7	1	0	0
01	65	ИП 5	Вызов из Pr5	5	1	0
02	12	×	Умножение (1×5)	5	0	0
03	68	ИП 8	Вызов из Pr8	1	5	0
04	64	ИП 4	Вызов из Pr4	3	1	5
05	12	×	Умножение (3×1)	3	5	0
06	11	—	Вычитание (5—3)	2	0	0
07	40	Π 0	Засылка в Pr0	2	0	0
08	65	ИП 5	Вызов из Pr5	5	2	0
09	62	ИП 2	Вызов из Pr2	30	5	2
10	12	×	Умножение (5×30)	150	2	0
11	68	ИП 8	Вызов из Pr8	1	150	2
12	63	ИП 3	Вызов из Pr3	100	1	150
13	12	×	Умножение (1×100)	100	150	0
14	11	—	Вычитание (150—100)	50	0	0
15	60	ИП 0	Вызов из Pr0	2	50	0
16	13	÷	Деление (50:2)	25	0	0
17	41	Π 1	Засылка в Pr1	25	0	0
18	67	ИП 7	Вызов из Pr7	1	25	0

* В алгоритме определитель не проверяется на равенство нулю, при котором система не имеет решения либо ее решение не единственно.

1	2	3	4	5	6	7
19	63	ИП 3	Вызов из Pг3	100	1	25
20	12	×	Умножение (1×100)	100	25	0
21	64	ИП 4	Вызов из Pг4	3	100	25
22	62	ИП 2	Вызов из Pг2	30	3	100
23	12	×	Умножение (3×30)	90	100	25
24	11	—	Вычитание (100—90)	10	25	0
25	60	ИП 0	Вызов из Pг0	2	10	25
26	13	÷	Деление (10:2)	5	0	0
27	61	ИП 1	Вызов из Pг1	25	5	0
28	50	С/П	Останов	X	Y	

Если составлять универсальную программу для решения подобных систем уравнений, то необходимо предусмотреть аварийный останов вычислений в случае $\Delta = 0$.

Ввод программы. Для установления режима ввода нажать клавиши F и ПРГ. Ввести программу, последовательно нажимая клавиши, как указано в столбце 3 табл. 1.3, и одновременно контролируя коды команд визуально на индикаторе.

Ввод исходных данных. Перевести микрокалькулятор в режим вычислений нажатием клавиш F и АВТ. Ввести исходные данные:

Исходные данные . . . 1 1 30 3 5
 Нажим клавиши . . . 1П7 1П8 30П2 3П4 5П5

Отладка программы. Установить счетчик адресов команд в «00», нажав клавишу В/О, и в однократном режиме (нажатием клавиши ПП) анализировать выполнение команд.

Вычисление по программе. Нажать клавиши В/О и С/П (пуск программы). Дождаться останова вычислений по программе. На индикаторе отображается значение X, для вывода на индикаторе значения Y необходимо нажать клавишу \overrightarrow{XY} .

1.6. Примеры составления программ

В настоящем параграфе приведен ряд примеров, позволяющих получить навыки составления несложных программ на языке микрокалькулятора БЗ-34. Кроме того, можно воспользоваться специальной литературой, в которой имеются алгоритмы и тексты программ решения задач из области электротехники, статистики и т.д. Программы можно использовать для решения собственных задач.

Составление программы с линейной последовательностью выполнения команд. Программа с линейной последовательностью выполнения команд не имеет разветвлений

или многократных повторений вычислений какого-то участка программы. В такой программе команды, начиная с первой, выполняются последовательно до команды останова.

Пример 1.14. Составить программу нахождения значения функции $f(x_0)$ при $x = x_0$ по формуле линейной интерполяции

$$f(x_0) = [(x_2 - x_0)f(x_1) + (x_0 - x_1)f(x_2)] / (x_2 - x_1),$$

если x_1 , $f(x_1)$ и x_2 , $f(x_2)$ заданы.

Решение. Исходные данные: $x_1 \rightarrow \text{Pr}0$ (регистр 0), $f(x_1) \rightarrow \text{Pr}1$, $x_2 \rightarrow \text{Pr}2$, $f(x_2) \rightarrow \text{Pr}3$, $x_0 \rightarrow \text{Pr}4$.

Результат $f(x_0) \rightarrow \text{Pr}X$. В табл. 1.4 и в таблицах последующих примеров составления программ в третьем столбце будем указывать команды с обозначением клавиш.

Т а б л и ц а 1.4

Адрес команд	Код команд	Команда	Содержание команды	PrX	PrY	PrZ	PrT
1	2	3	4	5	6	7	8
00	61	ИП 1	Вызов из Pr1	$f(x_1)$	0	0	0
01	62	ИП 2	Вызов из Pr2	x_2	$f(x_1)$	0	0
02	64	ИП 4	Вызов из Pr4	x_0	x_2	$f(x_1)$	0
03	11	—	Вычитание	$x_2 - x_0$	$f(x_1)$	0	0
04	12	×	Умножение	$c = (x_2 - x_0)f(x_1)$	0	0	0
05	45	П 5	Загрузка в Pr5	c	0	0	0
06	63	ИП 3	Вызов из Pr3	$f(x_2)$	c	0	0
07	62	ИП 4	Вызов из Pr4	x_0	$f(x_2)$	c	0
08	64	ИП 0	Вызов из Pr0	x_1	x_0	$f(x_2)$	c
09	11	—	Вычитание	$x_0 - x_1$	$f(x_2)$	c	0
10	12	×	Умножение	$b = (x_0 - x_1)f(x_2)$	$f(x_2)$	0	0
11	65	ИП 5	Вызов из Pr5	c	b	$f(x_2)$	0
12	10	+	Сложение	$c + b$	$f(x_2)$	0	0
13	62	ИП 2	Вызов из Pr2	x_2	$c + b$	$f(x_2)$	0
14	60	ИП 0	Вызов из Pr1	x_1	x_2	$c + b$	$f(x_2)$
15	11	—	Вычитание	$x_2 - x_1$	$c + b$	$f(x_2)$	0
16	13	÷	Деление	$(c + b) / (x_2 - x_1)$	$f(x_2)$	0	0
17	50	С/П	Останов	$(c + b) / (x_2 - x_1)$			

Составление программы с применением команд условного и безусловного переходов. Использование этих команд позволяет при выполнении программы переходить на отдельные участки программы, пропуская какую-то часть команд.

Пример 1.15. Составить программу для вычисления расстояния от точки с координатами x_0y_0 до прямой $Ax + By + C = 0$.

Решение. Расстояние вычисляется по формуле

$$S = \frac{|Ax_0 + By_0 + C|}{\sqrt{A^2 + B^2}}$$

Исходные данные: $x_0 \rightarrow Pr0$, $y_0 \rightarrow Pr1$, $A \rightarrow Pr2$, $B \rightarrow Pr3$, $C \rightarrow Pr4$.
 Результат: $S \rightarrow PrX$

В программе сначала вычисляются числитель и знаменатель формулы, а затем командой $F X \geq 0$ по адресу 18 проверяется значение числителя. Если оно больше 0, то выполняется следующая команда по адресу 20 и далее все

Т а б л и ц а 1.5

Адрес команд	Код команд	Команда	Содержание команды	PrX	PrY	PrZ	PrT
1	2	3	4	5	6	7	8
00	62	ИП 2	Вызов из Pr 2	A	0	0	0
01	62	ИП 2	Вызов из Pr2	A	A	0	0
02	12	×	Умножение	A ²	0	0	0
03	63	ИП 3	Вызов из Pr3	B	A ²	0	0
04	0E	↑	Сдвиг в стеке	B	B	A ²	0
05	12	×	Умножение	B ²	A ²	0	0
06	10	+	Сложение	B ² +A ²	0	0	0
07	21	F √	Извлечение корня	$P = \sqrt{B^2 + A^2}$	0	0	0
08	45	П 5	Засылка в Pr5	P	0	0	0
09	60	ИП 0	Вызов из Pr0	x ₀	P	0	0
10	62	ИП 2	Вызов из Pr2	A	x ₀	0	0
11	12	×	Умножение	Ax ₀	P	0	0
12	61	ИП 1	Вызов из Pr1	y ₀	Ax ₀	P	0
13	63	ИП 3	Вызов из Pr3	B	y ₀	Ax ₀	0
14	12	×	Умножение	By ₀	Ax ₀	P	0
15	10	+	Сложение	By ₀ +Ax ₀	P	0	0
16	64	ИП 4	Вызов из Pr4	C	By ₀ +Ax ₀	P	0
17	10	+	Сложение	$K = C + By_0 + Ax_0$	P	0	0
18	59	F X ≥ 0	Проверка				
19	23		Переход				
20	65	ИП 5	Вызов из Pr5	P	K	0	0
21	13	÷	Деление	S	0	0	0
22	50	С/П	Останов				
23	0L	↵	Изменение знака	K	0	0	0
24	51	БП	Переход				
25	20		Адрес перехода				

остальные команды до команды останова вычислений (адрес 22). Если значение числителя меньше 0, то происходит переход на команду по адресу 23, при этом знак числителя меняется на + и затем следующей командой (код 51) осуществляется безусловный переход на команду по адресу 20.

Пример на использование разветвляющегося вычислительного процесса приводился ранее при рассмотрении программы решения квадратного уравнения (см. параграф 1.5, табл. 1.2). Выражение вида $x \rightarrow Pr0$ и другие обозначают, что исходные данные должны быть в регистрах 0, 1, 2, 3, 4, а результат вычислений — в регистре X.

Программа представлена в табл. 1.5.

Составление программы с организацией цикла. Цикл, представляющий собой определенную последовательность

Т а б л и ц а 1.6

Адрес команд	Код команд	Команда	Содержание команды	PrX	PrY	PrZ	PrT
1	2	3	4	5	6	7	8

Ввод числа выполнений цикла, увеличенного на 1, x_1 и h в Pr2, Pr0, Pr4

01	42	ИП 2	Вызов из Pr2	$(n+1)$	0	0	0
02	01	1	Ввод 1	1	$n+1$	0	0
03	11	—	Вычитание	n	0	0	0
04	43	П 3	Запись в Pr3	n	0	0	0
05	58	FL 2	Команда цикла	$(n+i-1)$	0	0	0
06	11	11	Адрес перехода на цикл				
07	61	ИП 1	Вызов из Pr1	Z	0	0	0
08	63	ИП 3	Вызов из Pr3	n	Z	0	0
09	13	÷	Деление	$Z_{cp} = Z/n$	0	0	0
10	50	С/П					
11	60	ИП 0	Вызов из Pr0	x_i	n	0	0
12	1C	F sin	Вычисление sin	$\sin x_i$	n	0	0
13	60	ИП 0	Вызов из Pr0	x_i	$\sin x_i$	0	0
14	13	÷	Деление	$Z_i = \frac{\sin x_i}{x_i}$	x_i	$\sin x_i$	0
15	61	ИП 1	Вызов из Pr1	z_{i-1}	z_i	x_i	$\sin x_i$
16	10	+	Сложение	$Z = Z_{i+1} + Z_i$	x_i	$\sin x_i$	0
17	41	П 1	Засылка в Pr1	Z	x_i	$\sin x_i$	0
18	60	ИП 0	Вызов из Pr0	x_i	x_i	$\sin x_i$	0
19	64	ИП 4	Вызов из Pr4	h	x_i	x_i	0
20	10	+	Сложение	$x_{i+1} = x_i + h$	x_i	0	0
21	40	П 0	Засылка в Pr0	x_{i+1}	x_i	0	0
22	51	БП	Безусловный переход				
23	05	5	Адрес перехода				

Пример 1.16. Составить программу нахождения среднего значения функции $Z = (\sin x_i)/x_i$, где $i = 1, 2, \dots, n$; $x_{i+1} = x_i + h$.

Решение. Исходные данные: $x_1 \rightarrow \text{Pr}0$; $n \rightarrow \text{Pr}2$; $h \rightarrow \text{Pr}4$.
Результат: $Z_{\text{ср}} \rightarrow \text{Pr}X$.

Программа представлена в табл. 1.6.

команд, в программе выполняется заданное число раз, после завершения которого выполняются команды, находящиеся после команды цикла.

Программа начинается с четырех команд, при выполнении которых в $\text{Pr}3$ заносится число повторений команд цикла. Следующей, пятой командой, является команда цикла (код 58, адрес 05). При ее выполнении из содержимого регистра цикла ($\text{Pr}2$) вычитается 1 и проверяется результат вычитания. Если он не равен 0, то происходит передача управления на участок программы, начинающийся с команды с адресом 11 и заканчивающийся командой с адресом 23. После выполнения команд этого участка управление передается снова на команду цикла по адресу 05. Цикличность будет продолжаться n раз. После завершения цикла выполняются команды, следующие за командой цикла, до команды останова вычислений по адресу 10.

Примечание. Перед началом выполнения программы в микрокалькулятор вводятся исходные данные: число повторений цикла + 1, значения x и h в регистры 2, 0, 4.

Вопросы для самопроверки

- 1.1. Назовите классы микрокалькуляторов. Чем они характеризуются?
- 1.2. Из каких основных устройств состоят микрокалькуляторы?
- 1.3. Что представляет собой регистр микрокалькулятора?
- 1.4. Назовите формы представления чисел в микрокалькуляторе.
- 1.5. Перечислите режимы работы инженерного микрокалькулятора.
- 1.6. Для чего используются регистры памяти микрокалькулятора?
- 1.7. От чего зависит точность вычислений в микрокалькуляторе?
- 1.8. Как выполняются цепочечные вычисления?
- 1.9. Для чего предназначаются программируемые микрокалькуляторы? Чем отличаются программируемые микрокалькуляторы от микрокалькуляторов других классов?
- 1.10. Назовите отечественные программируемые микрокалькуляторы и их основные характеристики.
- 1.11. Что такое стек? Как он организован? Как происходит обмен информацией в стеке микрокалькулятора БЗ-34 при выполнении операций?
- 1.12. Что представляет собой язык микрокалькулятора?
- 1.13. В каких режимах может использоваться программируемый микрокалькулятор?
- 1.14. Назовите группы команд микрокалькулятора БЗ-34.

1.15. Сколько ячеек памяти занимает каждая вычислительная команда программируемого микрокалькулятора?

1.16. Как записываются команды перехода в памяти?

1.17. Как организуется цикл в программе?

1.18. Как осуществляется возврат из подпрограммы в основную программу в микрокалькуляторе БЗ-34?

1.19. Для чего нужны команды редактирования?

1.20. Что такое шаг программы?

1.21. Из каких этапов состоит подготовка задачи к решению на инженерных и программируемых микрокалькуляторах?

1.22. Если программа записана в память не с нулевого адреса, то как можно передать управление на требуемый начальный адрес?

1.23. Каковы особенности организации памяти в микрокалькуляторе БЗ-21?

1.24. Как представляется выражение в польской записи?

1.25. Как записываются выражения для вычисления в микрокалькуляторе МК-51?

1.26. Вычислить значение x , используя различные режимы работы микрокалькулятора:

$$x = \frac{0,025 \times 15,2}{0,132 \times 28,2}; \quad x = 42,74 \times 3,243 \times 10^{30};$$

$$x = \frac{11,27}{43,4 - (18,3 \times (3,4 - 2,829))}; \quad x = 3 \times 10^{-8} \times 7,51;$$

$$x = 1,25 \times 14,6 \times 14,6 \times 14,6.$$

1.27. Проверить тождества:

$$11^2 + 60^2 = 61^2; \quad 39^2 + 80^2 = 89^2.$$

1.28. Найти значения x , используя клавиши $\sqrt{\quad}$ и $1/X$:

$$x_1 = \sqrt{\frac{1}{8}} - \sqrt{\frac{1}{6}}; \quad x_1 = 3\sqrt{15} + \frac{1}{4}\sqrt{18}.$$

1.29. Вычислить значения выражений, используя функцию X^y :
 $e^{\sqrt{\pi}}$; $3,25^{0,31}$; $17,2^3$.

1.30. Вычислить значения, используя тригонометрические функции:

$$x_1 = \sin \frac{\pi}{6}; \quad x_1 = \sin 35^\circ \cdot \cos 65^\circ; \quad x_1 = \arcsin 0,72 - \arccos 0,945.$$

1.31. Перевести значения углов из радианной меры в градусную:

$$\frac{\sqrt{\pi}}{2}; \quad 4,2 + \frac{2\pi}{3}.$$

1.32. Перевести значения углов в градусы и их доли:

$$2^\circ 45' 32''; \quad 54^\circ 00' 45''.$$

1.33. Вычислить значения x_1 :

$$x_1 = 2,35^{(1 + \ln 0,43)} + \operatorname{tg}(\arcsin 0,7);$$

$$x_1 = \frac{\log_2 2 \sqrt[3]{2}}{\arccos 0,74} + \sqrt{2,5 - \sqrt[3]{4,2}};$$

$$x_1 = \arccos \frac{4}{\sqrt{76}} + \arccos \sqrt{\frac{1}{2}}.$$

1.34. Вычислить стоимость канцелярских принадлежностей, необходимых для обеспечения работы отдела института (заполнить графы 6 и 7 табл. 1.8)

Т а б л и ц а 1.8

№ п/п	Наименование канцелярских товаров	Цена единицы товара	Кол-во товаров на одного сотрудника	Число сотрудников, получающих товары	Кол-во товаров на отдел	Стоимость, руб.
1	2	3	4	5	6	7
1	Шариковые ручки	0,45	1	25		
2	Стержни для ручек	0,09	4	25		
3	Клей в тюбиках	0,22	1	15		
4	Карандаши	0,03	3	25		
5	Резинки для карандашей	0,02	1	25		
6	Скрепки в коробках	0,42	1	10		
7	Тетради	0,50	1	12		
8	Блокноты	0,24	1	20		
9	Лента для пишущих машинок	0,30	5	1		
10	Микрокалькуляторы	40,00	1	4
			Итого

1.35. Составить программу вычисления n первых членов геометрической прогрессии $S_n = a_1(q^n - 1)/(q - 1)$, если $q > 1$.

1.36. Составить программу вычисления расстояния между двумя точками $A(x_1, y_1)$ и $B(x_2, y_2)$ по формуле $R = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$.

1.37. Составить подпрограмму решения системы линейных уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} a_{11}x + a_{12}y = b_1, \\ a_{21}x + a_{22}y = b_2, \end{cases}$$

где $x = (b_1a_{22} - a_{12}b_2)/(a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21})$, $y = (a_{11}b_2 - b_1a_{21})/(a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21})$.

1.38. Написать команды для вычисления выражения $\sin a / (\sin a - 0,12)$, оформив их в виде цикла программы.

1.39. Дополнить команды вычисления выражения предыдущего примера командой аварийного останова на случай использования аргументов, выходящих за пределы допустимых.

ГЛАВА 2

ПЕРСОНАЛЬНЫЕ ЭВМ

2.1. Общая структура персональных ЭВМ

Персональные ЭВМ (ПЭВМ) начали выпускаться промышленностью в середине 70-х годов. Это ЭВМ четвертого поколения, получившие название микроЭВМ. Термин "персональные" означает, что вычислительная машина предназначена для индивидуального пользования. ПЭВМ содержат такие внешние (периферийные) устройства, как дисплей, клавиатура (пульт), память на гибком магнитном диске или магнитной кассете, устройство печати. В качестве печатающего устройства используется обычно малогабаритное устройство, позволяющее размещать перечисленные модули на столе. В таком виде ПЭВМ представляет собой настольный инструмент как для профессионала-пользователя, так и для обучающегося. Типичными ПЭВМ отечественного производства являются различные модификации семейств «Искра», «Электроника»; зарубежного производства — IBM PC (AT, XT, PS/2) и др.

Классификация ПЭВМ по назначению. По вычислительным возможностям ПЭВМ для различных категорий пользователей подразделяются на профессиональные, учебные и бытовые.

Профессиональные ПЭВМ используются научными работниками, инженерами, экономистами и т.д. Обычно эти машины имеют большой объем внутренней и внешней памяти, набор алгоритмических языков для составления программ, набор системных и прикладных программ, высокое быстродействие, возможность подключения различной периферии. На профессиональных ПЭВМ решаются информационно-поисковые и экономические задачи, задачи автоматизации научных исследований, проектирования и конструирования, обучения, планирования и т.д.

У ч е б н ы е ПЭВМ используются в учебном процессе школ, вузов, техникумов. Используя эти машины, учащиеся изучают основы информатики и вычислительной техники, учатся составлять несложные программы. Однако эти машины могут использоваться и в качестве обучающих. Учащийся, находясь за дисплеем, под руководством обучающей программы может выполнять различные задания — решать задачи и сверять свои ответы с "машинными", отвечать на поставленные вопросы, просматривать и изучать учебный материал и др. Для этих целей должны быть заранее подготовлены пакеты обучающих программ по различным учебным дисциплинам.

Б ы т о в ы е ПЭВМ используются для обучения, развлечений (машинные игры, в которых один участник — пользователь, а другой — машина), вычислений. В качестве дисплея в бытовых ПЭВМ используется телевизор, а в качестве внешней памяти — кассеты бытового магнитофона. Пользователь бытовой ПЭВМ наряду с готовыми пакетами программ для обучения, игр имеет также набор системных средств для разработки собственных программ.

Самыми дешевыми являются бытовые ПЭВМ, самыми дорогими — профессиональные ПЭВМ. Стоимость ПЭВМ в основном определяется стоимостью периферийных устройств (дисплей, печатающее устройство).

Основные устройства ПЭВМ. Как и любая ЭВМ, ПЭВМ используется для обработки данных. Условно ее можно представить в виде четырех устройств (рис. 2.1), соединенных шинами (магистральями).

У с т р о й с т в о в в о д а и н ф о р м а ц и и предназначается для ввода программы, исходных данных задачи в ПЭВМ. Программа состоит из совокупности команд, написанных на специальном языке. Так же как исходные данные, в устройстве ввода они преобразуются в электрические сигналы, которые, определенным образом воздействуя на элементы памяти, представляют введенную информацию в форме, понятной ПЭВМ, для по-

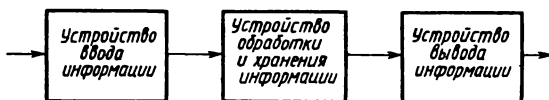


Рис. 2.1

следующей ее обработки. Устройства ввода могут быть различных типов. Преимущественно в ПЭВМ используются дисплеи с клавиатурой. Могут использоваться также внешние запоминающие устройства на гибких или твердых магнитных дисках и на магнитных кассетах, аналого-цифровые преобразователи.

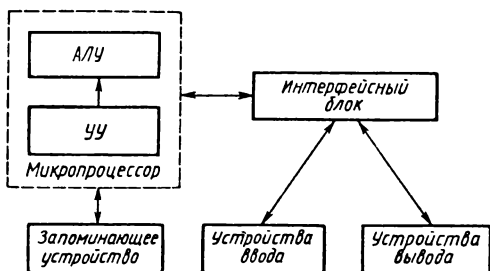
Устройство вывода информации и предназначается для вывода результатов решения задачи в виде, удобном для восприятия их человеком, обычно в виде чисел, текстов, рисунков, графиков, таблиц. Устройствами вывода являются дисплеи, печатающие устройства. Для длительного хранения информация выводится на внешние запоминающие магнитные устройства.

Устройства ввода и вывода информации в ПЭВМ, называемые *периферийными* или *внешними*, обеспечивают взаимодействие ПЭВМ с внешним миром.

Устройство обработки информации является основным устройством ПЭВМ и называется микропроцессором. По сравнению с вычислительным устройством микрокалькулятора (гл. 1) микропроцессор ПЭВМ выполняет значительно больше функций и поэтому его архитектура намного сложнее. Помимо непосредственной обработки информации микропроцессор выполняет функции управления. Он связан с памятью ПЭВМ, устройствами ввода и вывода информации специальными шинами. В некоторых ПЭВМ с целью улучшения характеристик кроме *центрального микропроцессора* встраиваются *дополнительные микропроцессоры*, выполняющие специфические функции — управление периферийными устройствами, обработку данных с естественным представлением чисел.

В микропроцессоре выделяют *арифметико-логическое устройство (АЛУ)*, выполняющее арифметические и логические операции, совокупность регистров и *устройство управления (УУ)*, следящее за прохождением потоков информации в ПЭВМ и обеспечивающее выполнение команд. Между АЛУ и УУ существует тесная связь, поэтому они рассматриваются как единое целое (рис. 2.2).

Устройство хранения информации, или память, предназначается для записи программ, данных, промежуточных и конечных результатов вычислений. Память, используемая для временного хранения информации, называется *оперативной*, а устройство — *оперативным запоминающим устройством (ОЗУ)*.



Р и с. 2.2

Если требуется запоминание информации для длительного хранения, то используются внешние запоминающие устройства (ВЗУ), на которые записывается информация с ОЗУ. При считывании информации в ОЗУ такие ВЗУ используются как устройства ввода информации. Есть еще особый вид памяти — *постоянное запоминающее устройство*, предназначенное для хранения только постоянной информации. Во время работы эта информация извлекается и используется при обработке данных. Ее можно изменить, только физически заменив ПЗУ. На рис. 2.2 изображены основные функциональные устройства ПЭВМ.

При размещении процессора вместе с ОЗУ, ПЗУ и другими блоками на одной плате микроЭВМ называют *одноплатной*. В *многоплатной* микроЭВМ микропроцессор и память размещаются на отдельных платах.

Интерфейсный блок ПЭВМ — это совокупность аппаратных и программных средств, предназначенная для обмена данными между устройствами ПЭВМ. Этот блок сопрягает устройства ПЭВМ, работающие с разными скоростями. Микропроцессор имеет высокую скорость обработки информации, а передача информации через интерфейс блок к устройствам вывода и от устройства ввода происходит медленнее, поэтому значение блока для производительности ПЭВМ велико. Этот блок реализуется в виде БИС и обычно называется *периферийным адаптером*. К одному адаптеру можно подключить несколько периферийных устройств через *порты* (каналы). В специальной интерфейсной БИС микропроцессорного комплекта КР580 имеется три двунаправленных порта.

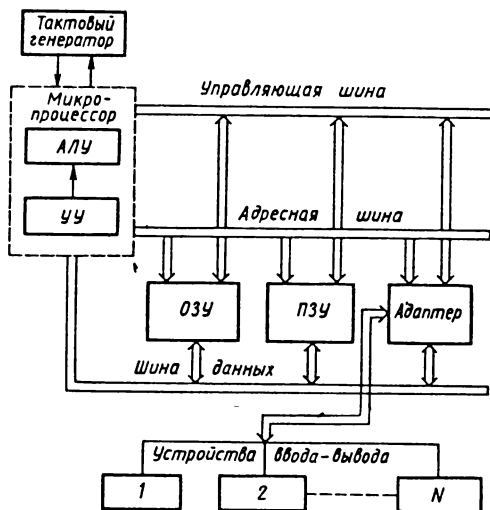


Рис. 2.3

Шины ПЭВМ соединяют между собой устройства ПЭВМ. Шина — многожильный кабель, по которому информация передается в одном или двух направлениях в зависимости от назначения. В ПЭВМ имеются три вида шин: адресная, управляющая и данных.

Адресная шина — однонаправленная. Адреса данных передаются от микропроцессора к памяти или к интерфейсным блокам для управления периферийными устройствами.

Управляющая шина — двунаправленная, служит для передачи сигналов, синхронизирующих работу всех устройств ПЭВМ — от микропроцессора к устройствам и к микропроцессору от устройств. Последовательность синхронизирующих сигналов вырабатывается тактовым генератором.

Шина данных — служит для передачи данных между устройствами ПЭВМ.

На рис. 2.3 представлена типичная структурная схема ПЭВМ с шинами. Стрелки на рисунке указывают направление передачи данных.

Число линий в шинах зависит от разрядности микропроцессора, т.е. от длины слова, одновременно обрабаты-

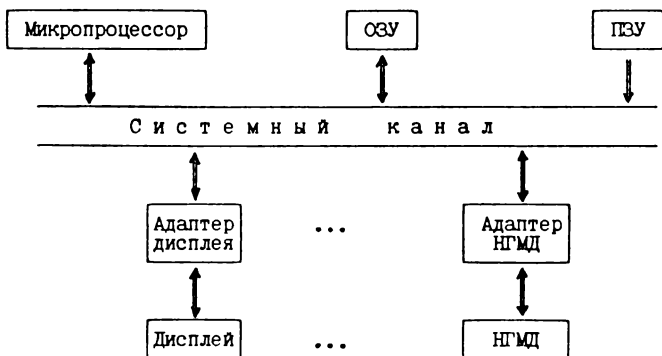


Рис. 2.4

ваемого. ПЭВМ обрабатывает данные, кодированные только в двоичной системе счисления, т.е. последовательности нулей и единиц, представляемых в машине соответствующими сигналами. Определенная последовательность нулей и единиц составляет *машинное слово*.

В вычислительной технике часто встречаются такие понятия, как *бит*, *байт*. Бит представляет собой один разряд двоичного числа, а байт — восемь разрядов, т.е. восьмибитовое слово (подробнее см. в кн. 2).

Таким образом, если микропроцессор обрабатывает 8-разрядные (8-битовые) слова, то шина данных в ПЭВМ имеет 8 линий.

Структурная схема, представленная на рис. 2.3, упрощается при объединении шин в одну магистраль, называемую *системной*. *Системная магистраль* представляет собой канал связи между микропроцессором, памятью и внешними устройствами. Так как функциональные устройства ПЭВМ выполняются в виде конструктивно законченных модулей, то под конкретные задачи пользователя можно определять конфигурацию ПЭВМ. По мере необходимости можно подсоединять модули к системному каналу и тем самым удовлетворять возникшие потребности пользователя, например, подключать дополнительные устройства. На рисунке 2.4 изображена схема ПЭВМ с системным каналом. К нему подключено запоминающее внешнее устройство — накопитель на гибких магнитных дисках (НГМД).

2.2. Устройства ввода-вывода

Устройства ввода-вывода или периферийные устройства ПЭВМ используются для связи центрального процессора с пользователем, объектом управления или как внешние запоминающие устройства большой емкости. Они обеспечивают ввод информации в ПЭВМ и вывод.

Связь пользователя с машиной осуществляется с помощью дисплеев, печатающих устройств, клавиатуры, внешних запоминающих устройств.

Дисплей. Дисплей 1 с клавиатурой 3 (рис. 2.5) представляет собой устройство, с помощью которого пользователь может вводить информацию в ПЭВМ и выводить ее в удобном для себя виде (таблицы, графики, рисунки, тексты, числа). Основным элементом дисплея электронно-лучевая трубка 2, экран которой служит для отображения вводимой и выводимой информации.

Качество изображений на экране зависит от разрешающей способности трубки. Чем больше точек может содержать экран для формирования изображений, тем выше его разрешающая способность. Различают дисплеи *символьные* и *графические*. На экране символьного дисплея могут изображаться только символы: буквы, цифры, разделители, т.е. алфавитно-цифровая информация. На экране графического дисплея могут изображаться различного рода графики, схемы, чертежи и т.д. Для отображения такой информации разрешающая способность графических дисплеев должна быть выше, чем символьных (достигает 250 тыс. точек и более).

Каждый символ на экране символьного дисплея формируется матрицей точек размерностью от 5×7 до 10×14 . Точки располагаются близко одна от другой, поэтому символы визуально воспринимаются как написанные слитно. Число символов в строке текста на экране обычно 80, число строк на экране — 24, но может быть и другим. Работа пользователя за дисплеем обеспечивается несколькими специальными клавишами управления *курсором*, имеющимися на клавиатуре. Курсор (светящаяся метка в виде квадрата, треугольника или под-

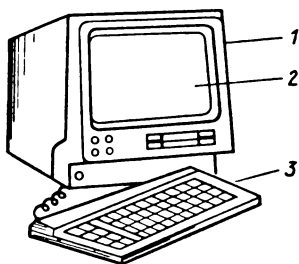


Рис. 2.5

строчной черты длиной в 5 мм) устанавливается в определенном месте экрана для указания месторасположения вводимого пользователем символа строки.

Управляющими клавишами пользователь может перемещать курсор в любую точку экрана.

Прием и выдача информации дисплеем от микропроцессора производятся через вспомогательное устройство — контроллер дисплея, который через шины данных и управляющую шину согласует работу быстродействующего микропроцессора и более медленно работающего дисплея.

В большинстве ПЭВМ используются дисплеи, изображающие и символьную, и графическую информацию. Для этого имеются два режима, устанавливающих тип изображения информации.

В с и м в о л ь н о м р е ж и м е можно устанавливать два формата изображения:

25 строк на экране по 80 символов в каждой строке;

25 строк по 40 символов в строке.

В г р а ф и ч е с к о м р е ж и м е для вывода различных рисунков, графиков, диаграмм и т.п. имеются также два формата :

640 × 200 точек;

320 × 200 точек.

В настоящее время дисплей является самым распространенным периферийным устройством ПЭВМ. Это объясняется тем, что, получив на экране информацию, пользователь после осмысления ее может оперативно, используя клавиатуру, ввести в ПЭВМ корректирующую информацию и получить требуемый результат. Кроме того, большое значение имеет изображение на экране результатов в цвете при использовании цветных дисплеев. Все это обеспечивает дисплеям широкое применение в профессиональных, учебных и бытовых ПЭВМ.

Начинающему пользователю ПЭВМ необходимо предварительно изучить *клавиатуру дисплея*, так как с ее помощью в настоящее время осуществляется диалог с машиной. С этой целью рассмотрим подробно назначение клавиш и их расположение на клавиатуре.

Клавиатура дисплея подобна клавиатуре, используемой в обычной пишущей машинке и, кроме того, дополняется специальными клавишами. С помощью клавиш пользователь может выполнять следующие действия :

латинского алфавитов используется клавиша Р/Л. В нажатом состоянии осуществляется переключение на регистр с русским алфавитом. Кроме этой клавиши есть еще две клавиши ↑, расположенные внизу этой области (слева и справа), с помощью которых можно переключать регистры. Особенность этих клавиш состоит в том, что они действуют только в нажатом состоянии. Назначение других специальных клавиш следующее.

Клавиша CLK используется для переключения на регистр ввода заглавных русских или латинских букв. Нажатие клавиш Р/Л и CLK сопровождается индикацией световодов, что свидетельствует о переключении соответствующих регистров.

Клавиша ↵ используется для ввода в ПЭВМ информации. При ее нажатии информация, набранная на клавиатуре (команды, данные и т.д.) и отображаемая на экране дисплея, вводится в оперативную память машины. Эта клавиша имеет название ПУСК.

Клавиша PrS (при ее нажатии и одновременном нажатии клавиши ↑ осуществляется переключение на верхний регистр) предназначается для получения на печатающем устройстве точной копии информации, находящейся на экране дисплея.

Клавиша ← в нажатом состоянии перемещает на экране курсор назад на одну позицию и стирает символ.

Клавиша ESC обеспечивает уничтожение строки текста, набранной пользователем на клавиатуре. После нажатия клавиши строка на экране становится "пустой" и на эту строку можно вводить новый текст.

Клавиши CTRL, ALT и ⇧ в сочетании с другими клавишами клавиатуры используются для различных целей. Например, нажатие клавиш CTRL и ⇧ позволяет перейти на следующую строку экрана для продолжения ввода строки, нажатие клавиш CTRL и S/B (третья область клавиатуры) прекращает выполнение любой команды, нажатие клавиш CTRL, ALT и ⇐ вызывает загрузку машины специальным программным обеспечением. Нажатие любой из остальных клавиш этой области клавиатуры вызывает изображение соответствующего символа на экране дисплея.

Область цифровых клавиш состоит из 15 клавиш, причем несколько клавиш имеют по два символа. Один символ цифровой (сверху), другой — стрелка (снизу). Для использования верхнего или нижнего символа на клавише пред-

назначается клавиша NLK. При ее нажатии включается верхний регистр и используются клавиши с цифрами. При повторном нажатии включается нижний регистр и используются клавиши с символами-стрелками, позволяющими управлять курсором.

Символы-стрелки имеют следующие назначения:

- - сдвиг курсора на одну позицию вправо;
- ← - сдвиг курсора на одну позицию влево;
- ↑ - сдвиг курсора на одну строку вверх;
- ↓ - сдвиг курсора на одну позицию вниз;
- > - сдвиг курсора в начало последней строки экрана;
- \ - возврат курсора в начало экрана;
- ↑ - вывод на экран предыдущей страницы текста;
- ↓ - вывод на экран следующей страницы текста.

Клавиша S/B предназначается для прерывания выполнения программы пользователем. При нажатии этой клавиши и клавиши STR происходит останов программы.

Перфоленточные устройства. Устройства считывания информации с бумажных лент используются в некоторых ПЭВМ для считывания программ и данных, а устройства вывода на ленту — перфораторы — для записи на ленту программ и данных. Скорость считывания современных устройств достигает 1500 симв/с и более, а скорость перфорации — более 150 симв/с.

Перфолента разделена на определенное число дорожек. На рис. 2.7 представлена восьмидорожечная перфолента (дорожки — Д, цифра 1 — Ц2, контрольная пробивка — Ц1, синхронизирующие пробивки — С). Наличие пробивки на дорожке означает единицу, отсутствие — нуль. Каждый символ в соответствии с форматом кодируется соответствующим числом нулей и единиц и на перфоленте представляется одной строкой. На рисунке показаны две строки: в одной строке записана цифра, в другой — контрольная пробивка. Символы записываются с 1-й по 7-ю дорожку, 8-я дорожка используется как контрольная.

Кроме восьмидорожечных перфолент имеются пятидорожечные и семидорожечные.

Пробивки между 3-й и 4-й дорожками — синхронизирующие и используются при продвижении ленты в устройстве считывания. Как только очередная синхронизирующая пробивка проходит над читающей головкой устройства, формируется сигнал, обеспечивающий считывание строки. При считывании строки наличие пробивок, соответствующую

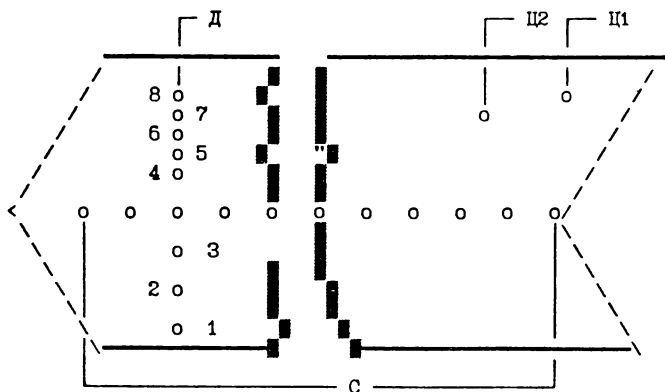


Рис. 2.7

щих единицам, приводит к появлению такого же количества электрических сигналов.

Формат может быть двоичным, шестнадцатеричным и т.д.

Ленты с программами, данными перфорируются на специальных устройствах и затем вводятся в микроЭВМ. Считываются они записями определенной длины, каждая запись имеет специальные символы начала и конца. При вводе информации микроЭВМ подсчитывает контрольную сумму строк в соответствии с пробивками 8-й контрольной дорожки каждого символа на перфоленте. Эта сумма затем используется в процессе загрузки программы для контроля правильности ее ввода в микроЭВМ.

Следует отметить, что в настоящее время перфоленточные устройства применяются преимущественно в специализированных микроЭВМ, используемых в торговле, связи и т.д., где есть необходимость в течение сеанса работы накопить на перфоленте данные о результатах работы за день, смену и т.д. для последующего их обобщения.

В некоторых случаях в качестве устройства ввода-вывода используются телетайпы, объединяющие клавиатуру, устройство считывания с перфоленты, ленточный перфоратор и печатающее устройство. Телетайп — низкоскоростное устройство, обеспечивающее передачу и прием до 10 симв/с.

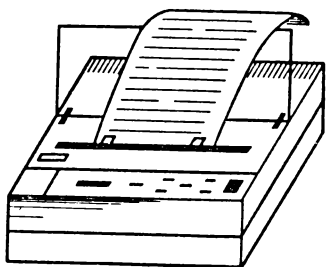
Печатающие устройства. Печатающие устройства, или принтеры, используются для вывода программ, данных, результатов решения задач на бумагу. Есть принтеры с посимвольным выводом, таким, как у пишущей машинки (строка печатается знак за знаком), и с построчной печатью.

По принципу действия различаются ударные и безударные принтеры. В ударных принтерах изображение символа на бумаге получается посредством удара рычага с литерой по красящей ленте и переноса отпечатка на бумагу. В безударных принтерах изображение знака на бумаге производится другим способом.

В и г о л ь ч а т ы х у д а р н ы х п р и н т е р а х изображение символа формируется матрицей размером 5×7 или 7×9 точек. Иногда и принтеры с таким способом формирования символа называются матричными. Символ печатается в результате удара 7 или 9 игл от 1 до 5 раз по красящей ленте, передвигающихся с каждым ударом на одну позицию вправо. Пять или семь позиций по горизонтали (в зависимости от матрицы) определяют формат символа. Иглы приводятся в движение электромагнитами, которые, в свою очередь, возбуждаются соответствующими электрическими сигналами. Скорость печати таких устройств составляет 100 симв/с и более. На рис. 2.8 представлено малогабаритное матричное печатающее устройство.

Б е з у д а р н ы е т е р м о п р и н т е р ы используют специальную термочувствительную бумагу, которая изменяет свой цвет под действием нагревательных элементов, прижимаемых к бумаге. Символ изображается точками; число точек соответствует числу нагревательных элементов. Скорость печати таких принтеров составляет несколько десятков символов в секунду.

Термопринтеры имеют небольшие габаритные размеры, позволяющие располагать их на столах вместе с дисплеем и центральным процессором. Ширина рулона бумаги соответствует числу печатаемых символов в строке.



Р и с. 2.8

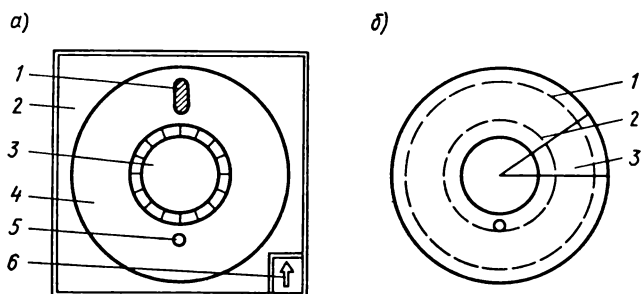


Рис. 2.9

Построчные принтеры имеют большую скорость печати, чем посимвольные. В них строка печатается полностью.

В ударных построчных принтерах скорость печати достигает 1500 строк/мин, а в построчных термопринтерах 1000 строк/мин.

Внешние запоминающие устройства. В ПЭВМ чаще всего используются внешние запоминающие устройства на магнитных лентах и дисках, запоминающей средой которых является слой магнитного покрытия, наносимый на основу. Для лент и гибких дисков — это синтетическая основа, для твердых дисков — чаще всего алюминиевая основа. При перемещении носителя его покрытие в определенных участках намагничивается магнитным полем, создаваемым специальной головкой. Маленький участок поверхности, намагниченный в одном направлении, считается носителем единицы, а тот же участок поверхности, намагниченный в другом направлении, — носителем нуля.

Гибкие диски подобны грамофонным пластинкам и имеют небольшие размеры и массу. В настоящее время применяются диски трех основных размеров (по диаметру диска): 8, 5.25, 3.5 дюймов, что приблизительно соответствует 200, 133, 88 мм. Некоторые типы дисков имеют магнитное покрытие с обеих сторон, что обеспечивает запись информации на обеих сторонах и тем самым увеличивает объем хранимой информации.

Диск 4 (рис. 2.9,а) размещается в защитном конверте 2 (чехле). Внутри диска имеется несколько отверстий: центральное 3, служащее для привода, небольшое 5, предназ-

наченное для определения начала каждой дорожки записи. В чехле имеется продольное отверстие 1 для прикосновения головки записи-считывания к поверхности диска. Указатель направления 6 служит для установки конверта в приемное устройство. Информация записывается и хранится на дорожках — концентрических окружностях, число которых может быть различным (у некоторых дисков оно составляет 77).

Дорожки нумеруются, начиная от края к центру диска (рис. 2.9,б): 1 — дорожка 0; 2 — дорожка N (последняя). Поверхность диска условно делится на *секторы* 3, что позволяет любую запись информации определять по номеру сектора и номеру дорожки.

В одном секторе диска помещается около 200 байт информации, из них примерно 150 байт отводится пользователю, а остальная информация является служебной (для хранения адресов сектора, дорожки, контрольных сумм и т.д.).

Гибкий диск вместе с чехлом называется *дискетой*.

Технические характеристики гибкого диска «Электроника ГМД-70», используемого в микроЭВМ:

Диаметр диска — 200 мм

Число рабочих поверхностей — 1

Число дорожек — 77

Число секторов на дорожке — 26

Емкость сектора — 128 байт

Емкость диска — 512 К байт

Устройство, в которое помещается диск для записи или считывания информации, называется *дисководом*. Диск помещается в приемное устройство дисковода и после запуска электродвигателя вращается вместе с ним. Подвижная магнитная головка при соприкосновении с рабочей поверхностью диска производит запись или считывание информации. Скорость обмена информацией - в среднем 50 К байт/с.

Профессиональные ПЭВМ комплектуются так называемыми твердыми (винчестерскими дисками), значительно расширяющими возможности микроЭВМ. Наиболее распространенные емкости твердых дисков 5, 10 и 20 М байт. В отдельных устройствах этого типа емкость диска достигает 80 М байт и более ($M=2^{20}$).

Гибкие и твердые диски относятся к устройствам внешней памяти с *прямым доступом к информации*. Это значит, если требуется считать какую-либо запись,

хранящуюся, например, на 50-й дорожке, то для ее отыскания не следует просматривать информацию на предшествующих 49 дорожках; магнитная головка подводится к необходимой дорожке и сектору, где производится считывание. Время обращения к диску небольшое: для гибких дисков оно составляет доли секунды, для твердых дисков — от десятых до сотых долей миллисекунды.

Запоминающие устройства на *магнитных лентах* обеспечивают только последовательное обращение к информации, т.е. при выборке информации приходится просматривать все символы от начала ленты до необходимого места. В связи с этим на поиск информации затрачивается значительное время.

В учебных и бытовых ПЭВМ в качестве внешних ЗУ используются *кассетные запоминающие устройства на магнитной ленте (КНМЛ)*. Они имеют малые габаритные размеры и небольшую стоимость. Обычная емкость кассеты — 256 К байт, скорость обмена данными небольшая: несколько сотен байтов в секунду. Конструкция кассеты у большинства ПЭВМ та же, что и у бытовых кассетных магнитофонов, параметры ленты также совпадают. Длина ее около 40 м, ширина — 12,7 мм, число дорожек — 2, скорость движения — в среднем 1 м/с.

Основной недостаток использования магнитных лент и дисков — их механическое движение, которое снижает долговечность и уменьшает быстродействие.

В настоящее время разработаны устройства для записи и считывания информации без передвижения носителя, выполняемые на *цилиндрических магнитных доменах (ЦМД)*. Они перспективны, однако технология их изготовления пока очень сложная, а стоимость высокая. Эти устройства обладают более высоким быстродействием и надежностью. Двоичная информация в устройствах на ЦМД хранится в форме цилиндрических магнитных доменов. Под действием вращающегося магнитного поля в материале домены циклически перемещаются по замкнутым цепочкам; отсутствие домена в цепочке означает нуль, а наличие — единицу. В отсутствие магнитного поля домены не передвигаются, но и не разрушаются. Эта способность сохранять информацию в отсутствие электропитания очень важна, так как делает рассматриваемые устройства энергонезависимыми.

2.3. Операционная система

Обработка данных в ПЭВМ осуществляется только в результате выполнения команд. Совокупность команд, описывающих последовательные действия решаемой задачи, составляет *программу*. Программы, составленные пользователем, называются *программами пользователя*, а программы, находящиеся в ПЭВМ и управляющие ее работой, — *системными программами*. Они выполняют функции, связанные с преобразованием программ пользователя, исправлением в них ошибок, загрузкой преобразованных программ в память для выполнения, установлением связей преобразованных программ с другими программами, отладкой, размещением в библиотеке программ во внешней памяти, управлением работой всех устройств ПЭВМ и др.

Системные программы. По своему функциональному назначению системные программы образуют несколько групп. Рассмотрим основные из них:

1) программы, обеспечивающие обработку пользовательских программ. К ним относятся:

а) *транслятор* — преобразует исходную программу пользователя в двоичное представление, так как только в таком виде команды становятся "понятными" для машины. В диалоговом режиме программа, транслирующая каждый оператор исходной программы и обеспечивающая его немедленное выполнение, называется *интерпретатором*;

б) *редактор текста* — редактирует исходную программу после введения в ПЭВМ;

в) *редактор связей* — формирует программу (загрузочный модуль) из нескольких транслированных программ;

г) *загрузчик* — загружает транслированную программу в память;

д) *отладчик* — обеспечивает нахождение ошибок в программе в процессе ее отладки.

2) программы, называемые *драйверами*. Они обеспечивают обмен информацией с внешними устройствами, входящими в состав ПЭВМ. Для каждого устройства (диски, дисплей, печатающие устройства и т.д.) имеется программа - драйвер, реализующая управление этим устройством;

3) программы, составляющие систему ввода-вывода. Они обеспечивают автоматическое тестирование основных устройств машины при ее включении, вызов блока начальной загрузки системы, который затем осуществляет загрузку

других модулей, обслуживание прерываний текущей работы машины;

4) программы, обеспечивающие обработку команд, с помощью которых пользователь общается с ПЭВМ;

5) программы, обеспечивающие организацию данных на внешних ЗУ, их сопровождение и т.д.;

6) программы, обеспечивающие одновременное выполнение в ПЭВМ нескольких задач.

Перечисленные программы хранятся во внешней памяти ПЭВМ и при необходимости загружаются в оперативную память во время выполнения программ пользователей.

Типы операционных систем. Совокупность системных программ составляет операционную систему ПЭВМ. Каждая ПЭВМ имеет одну или несколько операционных систем, различаемых по функциональным возможностям. Назначение операционной системы — управлять всеми техническими и программными средствами ПЭВМ, обеспечивать подготовку и выполнение программ пользователей.

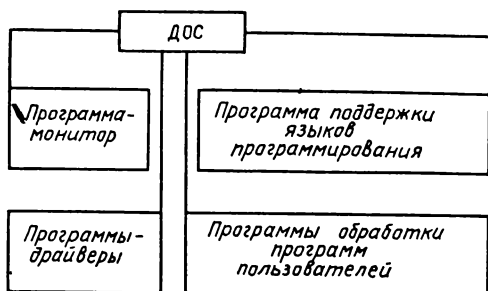
Простейшей операционной системой является *перфоленточная операционная система (ПОС)*, используемая в микроЭВМ семейства «Электроника». Чтобы обеспечить ее работу, требуются периферийные устройства — устройство чтения с перфолента, перфоратор, электрифицированная пишущая машинка. В состав ПОС входят следующие системные программы: редактор текстов, транслятор с языка Ассемблер, редактор связей, отладчик, супервизор ввода-вывода, интерпретатор языка БЕЙСИК, программы перфорации и печати, загрузчик.

Неудобством пользования ПОС являются: ввод и вывод перфолента с программами и данными; ввод отдельных программ по необходимости; вывод исходной программы через перфоратор на перфоленту и т.д. Все это усложняет использование ПОС.

В *дисковой операционной системе (ДОС)* системные программы и программы пользователей хранятся на гибком магнитном диске (ГМД). Загрузка программ с диска производится достаточно быстро; пользователям удобно работать с ней. Имеется несколько разновидностей ДОС, применяемых как в мини-, так и в микроЭВМ. Структурная схема ДОС приведена на рис. 2.10.

Операционная система реального времени (ОСРВ) предназначена для параллельного выполнения нескольких задач. Переключение с одной задачи на другую осуществляется с помощью системы приоритетов задач. Дополнительно к перечисленным системным программам в ОСРВ используются планировщики задач, диспетчеры, обработчики прерываний и т.д. ОСРВ широко применяется при обработке информации, поступающей по каналам связи от удаленных объектов, а также в миниЭВМ типа СМ-4 и в некоторых ПЭВМ.

MS DOS. Функциональные возможности операционных систем ПЭВМ семейств «Искра» и «Электроника» близки операционной системе MS DOS, ориентированной на 16-разрядные микропроцессоры, которые широко используются в персональных компьютерах фирмы IBM — главного производителя компьютеров на мировом рынке. Рассмотрим основные возможности этой системы.



Р и с. 2.10

MS DOS представляет собой совокупность программных файлов, записанных на магнитном диске. Часть файлов составляет ядро MS DOS, которое обеспечивает выполнение ее основных функций: управление устройствами ввода-вывода; поддержку файловой системы; выполнение программ пользователей и системных программ; загрузку модулей системы; выполнение команд, вводимых пользователями в ПЭВМ.

Примечание. Файл — группа записей однородной информации, хранящихся в ЭВМ. Записи могут представлять программы и данные; по этому признаку файлы соответственно разделяются на программные и файлы данных.

В составе MS DOS имеется несколько десятков команд, с помощью которых пользователь устанавливает режим работы дисплея и печатающего устройства, создает и выполняет свои программы, копирует и уничтожает файлы, готовит дискеты к работе и т.д.

Наиболее используемые команды встроены в программу их обработки и загружаются вместе с ней в состав ядра в оперативную память машины. Команды этой группы называются *встроенными*. Другие группы команд в виде программных файлов находятся во время работы машины на диске и загружаются в оперативную память по мере необходимости. Каждая команда имеет свой формат и состоит из ключевого слова, определяющего *имя команды*, и следующих за ним *параметров*. Имя команды и параметры отделяются друг от друга разделителями — пробелами, запятыми и др. Когда необходимо выполнить какое-либо действие, пользователь набирает на клавиатуре команду с параметрами, визуально наблюдая ее на экране дисплея, и затем нажатием специальной клавиши вводит команду в ПЭВМ. После проверки на правильность формата команда выполняется. Если формат команды не

был соблюден, то MS DOS выдает на экран пользователю специальное сообщение, после которого можно повторить ввод. Рассмотрим несколько команд MS DOS, используемых для работы с файлами.

DISKCOPY — команда копирования дисков. В результате ее действия файлы с одного диска переписываются на другой. По окончании копирования выдается сообщение:

КОПИРОВАТЬ ЕЩЕ (Y/N)?

Если пользователь введет в ПЭВМ символ N, то действие команды прекратится. После ответа Y MS DOS выдает сообщение на установку новых дисков для копирования.

COPY (параметры) — команда копирования файлов. Например, команда **COPY FILE1 FILE2** создает на диске новый файл с именем FILE2, являющийся копией файла FILE1.

DEL (параметры) — команда удаления файла или файлов из каталога файлов. Например, если в каталоге имеется файл с именем SIGNAL, то после выполнения команды **DEL SIGNAL** данный файл уничтожается на диске.

DIR (параметры) — команда вывода списка файлов каталога на экран дисплея. Параметры указывают имя каталога, а также режимы вывода списка. Например, указание параметра /P в команде обеспечивает после заполнения экрана паузу, а снизу на экране появляется сообщение MS DOS:

НАЖМИТЕ ЛЮБУЮ КЛАВИШУ:

После просмотра экрана пользователь нажимает какую-либо клавишу на клавиатуре и вывод на экран продолжается.

FORMAT (параметры) — команда разметки дисков в формате MS DOS и определения пригодности их к работе.

GRAPHICS (параметры) — команда вывода на печатающее устройство содержимого графического экрана.

RENAME (параметры) — команда переименования файлов.

Операционные системы по своим характеристикам различны для разных типов ПЭВМ. Это определяется составом аппаратных средств, выполняемыми функциями и т.д. Для ПЭВМ универсального назначения характерны операционные системы типа MS DOS, близкие по возможностям к операционным системам больших и средних ЭВМ. Для учебных и бытовых микроЭВМ сложные операционные

системы не применяются, так как стоимость их выше, а освоение затруднительно.

Языки программирования. При составлении программ для ПЭВМ используется несколько языков программирования. Одни из них ориентированы на конкретные ПЭВМ и называются ассемблерами; другие языки не связаны с конкретной ПЭВМ и ориентированы на определенные классы задач. Имеются универсальные языки программирования, с помощью которых можно программировать большинство задач.

Язык ПЭВМ — язык двоичных кодов, из которых состоят команды.

Пользователь составляет команды для ПЭВМ в большинстве случаев не на языке ПЭВМ - языке двоичных цифр 0 и 1, а на языках, ориентированных на описание алгоритмов определенных задач (научно-технических, экономических и др.). Языки программирования, наиболее часто используемые при составлении программ для ПЭВМ, — БЕЙСИК, ФОРТРАН, ПЛ/М, ПАСКАЛЬ, СИ, АДА и др., — называются *алгоритмическими языками*. Использование этих языков по сравнению с машинным языком ускоряет составление программ и, что очень важно, дает возможность переносить программы с одной ПЭВМ на другую, имеющую свою систему команд, даже несовместимую с системой команд первой ПЭВМ.

Каждый язык имеет список операторов, предназначенных для описания определенных действий решаемой задачи (вычисления, операции в цикле, управления ходом выполнения программ, ветвления вычислений и т.д.). При преобразовании программ, составленных на алгоритмических языках, в программы на машинном языке каждый из операторов отображается в ПЭВМ несколькими командами.

2.4. Файловая система

Понятие "файловая система" включает в себя совокупность файлов, хранящихся во внешней памяти ПЭВМ, обычно на гибких или твердых магнитных дисках, а также методы и средства доступа к файлам.

Имена и типы файлов. Файлы могут содержать исходные тексты, программы пользователей, программы в машинных кодах, массивы числовой, текстовой и графической информации и т.д. Поэтому с целью иденти-

фикации хранимой информации файлам приписываются имена и типы.

Имя файла может состоять из 1—8 знаков, включающих латинские буквы, цифры и специальные знаки. Этими знаками являются: # — знак номера, & — амперсанд, () и {} — круглые и фигурные скобки, ! — восклицательный знак, % — процент, знаки «@», «^», «~».

Тип файла указывается за именем файла одним, двумя или тремя знаками, которые отделяются от имени точкой.

Таким образом, полное имя файла состоит из двух слов — имени и типа и называется *расширенным именем*. Тип файла может не указываться, в этом случае после имени точка также не указывается. Примеры имен файлов:

NAME	A285#%BO.GRA
INICIAL.T	LOCAL
XRONOMER.BAS	MEDIC.555
BI	S.PAS
XRAN.IX	ZAL.15A

Тип файла характеризует его принадлежность к условно принятому пользователем характеру информации. К примеру, слово BAS в имени XRONOMER.BAS может быть принято для указания, что данная программа составлена на языке БЕЙСИК, а слово T в имени файла INICIAL.T — для обозначения табличной информации.

Каталоги файлов. При продолжительной работе с ПЭВМ у пользователей обычно число файлов увеличивается. Дополнительно к имеющимся файлам появляются новые файлы, их варианты. Со временем трудно бывает вспомнить, чем один вариант файла отличается от другого, имея только их имена. Поэтому с целью упорядочения расположения файлов на диске, более быстрого их поиска (чем больше файлов на диске, тем дольше операционная система ищет нужный файл) организуются *каталоги файлов*. В каталоги файлы объединяются по принятым пользователем ПЭВМ каким-то общим признакам. Каталоги имеют свои имена. Имя одного каталога может быть зарегистрировано в другом каталоге файлов и в этом случае последний каталог по иерархии считается более высокого уровня, а первый является подчиненным и называется *подкаталогом первого уровня*. В свою очередь, у подкаталога первого уровня может быть *подкаталог второго уровня* и т.д. Таким образом, на диске организуется иерархическая

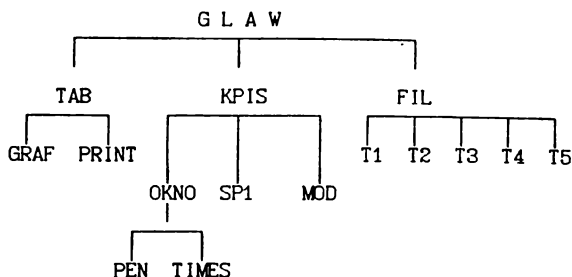


Рис. 2.11

файловая система. Но на каждом диске всегда имеется *главный (корневой) каталог* файлов, который создается в процессе разметки диска. В главный каталог по мере создания файлов на данном диске заносятся сведения о каждом файле. К ним относятся имена файлов, их типы, дата и время создания файлов (при наличии календаря и часов в ПЭВМ), имена подчиненных подкаталогов, каждый из которых может содержать имена файлов и подчиненных каталогов более низкого уровня. При этом формат имен подкаталогов должен быть таким, как и у имен файлов.

Поиск файлов. В операционных системах главные каталоги хранят сведения об определенном количестве файлов, размещенных на дискете. Остальные файлы, при необходимости иметь их на дискете, можно организовать иерархически по группам в каталоги.

На рис. 2.11 показана одна из возможных структур каталогов файлов. Первый каталог обозначен именем GLAW. Подчиненные ему каталоги или подкаталоги первого уровня — TAB, KPIS, FIL, их имена записаны в первом каталоге. Подкаталог TAB имеет подкаталоги GRAF и PRINT, подкаталог KPIS — OKNO, SP1, MOD, а подкаталог FIL — T1, T2, T3, T4, T5. По отношению к каталогу GLAW они являются подкаталогами второго уровня. Подкаталог OKNO имеет подкаталоги PEN и TIMES, являющиеся подкаталогами третьего уровня.

Чтобы найти необходимый файл, следует указать операционной системе цепочку имен каталогов, именуемую как путь или маршрут. Имена каталогов в пути разделяются знаком \. Предположим, что необходимо обратиться к каталогу файлов с именем TIMES. В этом случае путь выглядит следующим образом:

\GLAW\KPIS\OKNO\TIMES

Необходимо иметь в виду следующее. Для указания пути поиска требуемого файла важное значение имеет имя того каталога, с которым в данное время проводится работа. Предположим, что в данное время проводится работа с каталогом OKNO, а необходимо найти файл с именем STATIK.BAS, находящимся в каталоге TIMES. Для поиска требуемого файла могут быть предложены два пути:

- 1.\GLAW\KPIS\OKNO\TIMES\STATIK.BAS
2. TIMES\STATIK.BAS

В первом пути содержатся имена каталогов, начиная с главного, обозначенного самым левым знаком \ (GLAW является подкаталогом первого уровня для главного каталога).

Во втором пути первым элементом является не знак \, а имя каталога TIMES, определяющее подкаталог каталога OKNO, с которым в данное время проводится работа, и поэтому операционная система начнет поиск требуемого файла с просмотра каталога TIMES. Принято называть каталог, с которым в данное время ведется работа, *активным*. Таким образом, если путь начинается со знака \, то операционная система возвращается к главному каталогу, а если путь начинается не со знака \, - к активному каталогу.

Если в пути указывается только одно имя файла, то это означает, что работа в данное время проводится с активным каталогом, в котором должен находиться искомый файл. Например, если проводится работа с каталогом TIMES, то вместо пути, начинающегося с главного каталога, достаточно только указать:

STATIK.BAS

Каждый подкаталог имеет специальные элементы. В MS DOS их два: первый элемент содержит одну точку (.) вместо имени файла и определяет данный файл как подкаталог; второй — две точки (..) вместо имени файла. Этот признак помогает при поиске файла двигаться по пути от каталога нижнего уровня к каталогу более высокого уровня. Например, если в данное время каталог PEN является активным (см.рис. 2.11), а требуется обратиться к файлу BOB.1, находящемуся в каталоге TIMES, то вместо пути

\GLAW\KPIS\OKNO\TIMES\BOB.1

можно указать такой путь

.. \TIMES \BOB.1

При этом варианте пути для поиска файла BOB.1 MS DOS из активного каталога PEN обращается к каталогу более высокого уровня OKNO, после чего начинается поиск по указанному пути.

Выбор накопителя. Для поиска файла дополнительно к цепочке имен каталогов и имени самого файла операционной системе необходимо указывать и конкретный накопитель, например, гибкий диск. В составе ПЭВМ может быть один или два накопителя на гибких дисках и накопитель на твердом диске.

Для указания операционной системе того или иного накопителя, на котором находится искомый файл, в качестве имен используются одиночные латинские буквы, за которыми пишется двоеточие (:). Например :

```
A:STATIK.BAS  
B:FILE
```

Первая строка означает, что файл с именем STATIK.BAS находится на накопителе с именем А, а вторая строка означает, что файл с именем FILE находится на накопителе с именем В. Тот накопитель, с которым в настоящее время проводится работа, называется *активным*.

2.5. Системы программирования и прикладные системы

Разработка программного обеспечения на ПЭВМ осуществляется с помощью системных программных средств: языков программирования, трансляторов, редакторов и т.д. (см. параграф 2.3).

Для обеспечения работы с внешними устройствами ПЭВМ — экраном дисплея, накопителем, клавиатурой, печатающим устройством — в языки программирования включаются специальные команды или операторы. Трансляторы для одних языков программирования реализуются в виде интерпретаторов, для других — в виде компиляторов. С помощью редакторов пользователи составляют, вводят в ПЭВМ и модифицируют свои программы, т.е. подготавливают их к исполнению. Затем программы транслируются и выполняются. Обычно система программирования, являющаяся частью операционной системы ПЭВМ и включающая в себя набор системных программ, имеет название

языка программирования. Например, БЕЙСИК-система, ПАСКАЛЬ-система, ФОРТРАН-система и т.д. ПЭВМ поставляется пользователям с одной или несколькими системами программирования. Рассмотрим работу одной из них — БЕЙСИК-системы.

БЕЙСИК-система. Данная система состоит из двух основных компонентов — редактора и интерпретатора. Взаимодействие с интерпретатором БЕЙСИК-системы позволяет пользователю оперативно вмешиваться в процесс выполнения программы для исправления обнаруженных ошибок. По этой причине БЕЙСИК-система является одной из наиболее используемых систем программирования. В работе данной системы можно выделить несколько этапов.

1. Загрузка БЕЙСИК-системы.

В ПЭВМ семейства «Искра» программное обеспечение БЕЙСИК-системы хранится в виде отдельного файла на диске. Для размещения его в ПЭВМ требуется оперативная память объемом 48 К байт.

Загрузка БЕЙСИК-системы осуществляется после загрузки операционной системы АДОС, когда на экран дисплея выводится имя рабочего накопителя А. Оно означает, что АДОС находится в режиме ожидания команд пользователя. Появление А >, на экране можно расценивать как приглашение пользователю работать только с операционной системой. Для загрузки БЕЙСИК-системы необходимо вставить дискету с системой в приемное окно дисковода, ввести с клавиатуры команду загрузки BASIC и нажать клавишу ПУСК. После загрузки системы на экране появится следующая картина (рис. 2.12):

```
ПЭ ЭВМ * ИСКРА *
БЕЙСИК версия А(2.00) 1985 г.
XXXXXX байт
>>

1LIST 2RUN 3LOAD 4SAVE 5CONT 6LPT1 7TRON 8TROFF 9KEY 0SCREEN
```

Рис. 2.12

В верхней части экрана на четвертой строке метка » означает, что БЕЙСИК-система находится в режиме ожи-

дания: пользователь с помощью клавиатуры может вводить текст программы или команды БЕЙСИК-системы.

В последней строке экрана выведены некоторые наиболее используемые команды БЕЙСИК-системы. Перед каждой из них указана цифра, соответствующая одной из десяти функциональных клавиш F1- F10 клавиатуры (см. параграф 2.2). Назначение строки — указание пользователю, что выполнение определенного этапа работы с программами можно осуществить, нажав одну из 10 функциональных клавиш. Так, например, если введена вся программа в оперативную память ПЭВМ, то ее можно записать на диск с помощью команды SAVE, а для этого достаточно только нажать клавишу F4 (цифра 4 указана перед командой SAVE на последней строке экрана) и команда сразу начнет выполняться. При загрузке БЕЙСИК-системы функциональным клавишам автоматически присваиваются значения указанных на экране команд. Ниже приведено несколько команд и соответствующие им функциональные клавиши, которые потребуются далее.

F1 - LIST (вывод текста или листинга программы на экран);

F2 - RUN (запуск программы на выполнение);

F3 - LOAD (чтение программы с диска);

F4 - SAVE (запись программы на диск).

Подробнее о командах БЕЙСИК-системы см. в кн. 3 настоящей серии.

2. Ввод и редактирование текста программы.

Программа вводится редактором в память ЭВМ построчно. Набранную с помощью клавиатуры строку программы (текст), пользователь видит на экране и, убедившись в ее правильности, нажимает клавишу ПУСК. Если надо заменить, убрать или сдвинуть в поле строки какие-либо символы, то эти операции выполняются клавишами редактирования →, ←, ↑, ↓ и др

Как известно, строки программы в БЕЙСИК-системе имеют порядковые номера. Пользователь не набирает номера строк, так как в БЕЙСИК-системе имеется специальная команда AUTO, которая автоматически нумерует программные строки с дискретностью 10. Предварительно перед набором текста программы необходимо ввести команду AUTO (набрать на клавиатуре имя команды и нажать клавишу ПУСК). В результате выполнения команды на экране появляется номер 10. Как только строка с данным номером вводится в ПЭВМ, на следующей строке появляется

номер 20. Содержимое введенной строки также остается на экране. Для выхода из режима AUTO следует одновременно нажать клавиши CTRL и S/B. В этом случае БЕЙСИК-система перейдет в режим ввода и корректировки текста программы без автоматического присваивания номеров строкам и пользователь по своему усмотрению сможет присваивать номера строкам.

Для демонстрации работы с БЕЙСИК-системой воспользуемся небольшой программой, составленной на языке БЕЙСИК. Предположим, что следующий текст программы введен в оперативную память ПЭВМ:

```
10 SCREEN 2
20 CLS
30 REM рисование прямоугольника
40 LOCATE 2,1
50 PRINT "Рисуем прямоугольник";
60 LOCATE 3,1
70 INPUT "Левый верхний угол (коорд. X,Y)",X,Y
80 INPUT "Ширина и высота прямоугольника" DX,DY
90 INPUT "Окраска прямоугольника",C
100 LINE (X,Y)-(X+DX,Y),C ' верхняя сторона прямоугольника
110 LINE -(X+DX,Y+DY),C ' правая сторона
120 LINE -(X,Y+DY),C ' нижняя сторона
130 LINE -(X,Y),C ' левая сторона
140 PAINT (X+DX/2,Y+DY/2),C ' окраска прямоугольника
150 END
```

Назначением данной программы является рисование прямоугольника на экране. Исходные данные задаются пользователем в диалоге с ПЭВМ в процессе выполнения программы.

Предположим далее, что пользователь после проверки программы решил вставить между строками с номерами 140 и 150 новую строку с оператором BEEP (выдача звукового сигнала). Для этого необходимо набрать текст новой строки с любым номером от 141 до 149 и после нажатия клавиши ПУСК строка, например,

```
141 BEEP
```

включается в нужное место программы. В данном случае конец текста программы выглядит следующим образом:

```
140 PAINT(X+DX/2,Y+DY/2),C ' окраска прямоугольника
141 BEEP
150 END
```

Следовательно, принятая дискретность номеров строк (равная 10) объясняется удобством добавления новых строк при корректировке программ.

Для удаления строк можно пользоваться командой DELETE (номера удаляемых строк),

после выполнения которой в программе не будет тех строк, номера которых были указаны в команде.

Можно изменить текст любой строки. Для этого с помощью команды

EDIT (номер нужной строки)

на экран вызывается требуемая строка. После внесения в текст строки нужных изменений и нажатия клавиши ПУСК измененная строка передается в программу.

Для просмотра на экране всей программы или отдельного фрагмента используется команда LIST. Эту команду можно не набирать на клавиатуре, а нажать клавишу F1 и на экране появится текст программы (листинг).

3. Запись программы на диск и вызов с диска в оперативную память.

После корректировки программу можно записать на диск с помощью команды SAVE. Данный этап осуществляется для обеспечения длительного хранения программы. После нажатия клавиши F4 БЕЙСИК-системе необходимо указать имя записываемого на диск файла в соответствии с принятыми форматами операционной системы. При загрузке программы в оперативную память ПЭВМ также необходимо указать имя файла. Команда загрузки следующая:

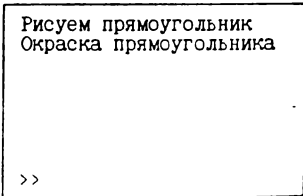
LOAD (имя)

Сама команда может не набираться, достаточно нажать только клавишу F4.

4. Выполнение программы.

Если в оперативной памяти ПЭВМ нет программы, то ее следует загрузить с диска упоминавшейся выше командой LOAD, а затем ввести команду RUN (можно нажать клавишу F2).

В результате выполнения программы, приведенной выше, на экране появляется следующая картина (рис. 2.13).



Рисуем прямоугольник
Окраска прямоугольника

>>

Рис. 2.13

При выполнении программы устанавливался графический режим экрана (оператор 10). (На вторую строку экрана выводился текст «рисую прямоугольник» (оператор 50.) На третью строку поочередно выводились тексты операторов INPUT (строки программы с номерами 70, 80, 90) и между выводами пользователь вводил в ЭВМ координаты X и Y точки экрана, начиная с которой рисовался прямоугольник, а также значения ширины и высоты прямоугольника, код цвета. После окончания рисования (оператор 100, 110, 120, 130) и окраски прямоугольника (оператор 140) проводился звуковой сигнал (оператор 141) и по оператору END (строка с номером 150) машина выводилась в режим ожидания. Метка » является приглашением к новой работе с БЕЙСИК-системой.

5. Выход из БЕЙСИК-системы.

Выход из БЕЙСИК-системы, т.е. возврат в АДОС, производится с помощью команды SYSTEM. После ее выполнения на экране появляется приглашение АДОС:

A >

Прикладные системы. Появление надежных, недорогих малогабаритных микроЭВМ, ориентированных на решение определенных задач, способствовало приближению их непосредственно к пользователю, к его рабочему месту. Наличие удобных средств хранения информации (накопители на ГМД, КНМЛ) и средств отображения информации (дисплеи), обеспечение системными программами диалогового режима работы пользователя дают возможность использовать микроЭВМ в профессиональной деятельности как специалистам в области вычислительной техники, так и работникам практически всех отраслей народного хозяйства. С помощью специальных прикладных программ, например по математике, инженер, ученый, используя ПЭВМ как вычислительный инструмент, в течение нескольких минут может получить решение задачи. Работник плановых, бухгалтерских подразделений, имея сведения об изменениях кадрового состава, финансовых ресурсов учреждения, предприятия, организации и т.д., непосредственно на рабочем месте может ввести в ПЭВМ все текущие изменения, скорректировать хранящуюся там информацию и выдать руководству справочные данные в необходимом виде. Учащийся, студент с помощью прикладных программ — обучающих курсов, реализуемых на ПЭВМ, получает огромные возможности для индивидуального обучения: выда-

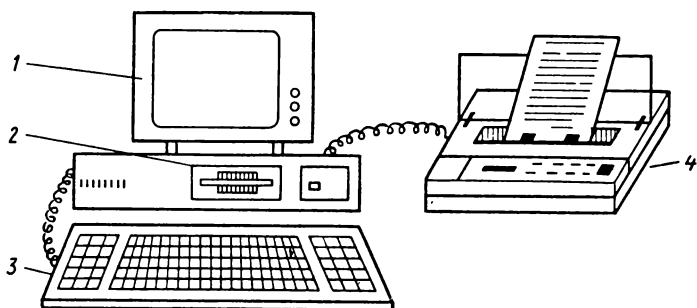


Рис. 2.14

ча учебного материала, разъяснения трудных мест материала, подсказки, контроля ответов, поощрения и т.д.

Расположение компонентов ПЭВМ на рабочем месте пользователя (рис. 2.14), обеспечение его пакетами прикладных программ создают пользователю необходимые условия работы с ПЭВМ. В зависимости от характера работы пользователь может составлять, отлаживать и выполнять программы или, используя готовые программы и имея навыки работы с ними, получать нужное решение, обучаться, накапливать информацию, выдавать справки, делать прогнозные расчеты, проводить эксперименты на исследуемом объекте и т.д.

ПЭВМ на столе пользователя — инструмент для профессиональной деятельности. В зависимости от профессии пользователя состав аппаратуры ПЭВМ может различаться.

Для обучаемого в состав рабочего места должны входить следующие устройства (см. рис. 2.14): дисплей символьный или графический 1, процессор с памятью, клавиатура 3, накопитель на ГМД или КНМЛ 2, а также набор дисков или кассет с обучающими курсами. Программа обучающего курса включает в себя следующие компоненты: тексты для изучения или ссылки на учебник, вопросы по изучаемому материалу, предполагаемые ответы обучаемого, оценки и др. Учебный материал для включения в программу курса разбивается на порции. После изучения каждой порции обучаемому задаются вопросы по только что изученному материалу,

ответы на которые обучаемый вводит в машину. После оценки ответов обучаемому выдаются диагностические сообщения об ответах. Диалог обучаемого с ПЭВМ осуществляется по примерной схеме, приведенной ниже (**—знак возведения в степень, *— знак умножения).

ПЭВМ: ДЛ Я НАХОЖДЕНИЯ КОРНЕЙ ПРИВЕДЕННЫХ УРАВНЕНИЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА МОЖНО ВОСПОЛЬЗОВАТЬСЯ ТЕОРЕМОЙ ВЬЕТА, КОТОРАЯ ГЛАСИТ, ЧТО КОЭФФИЦИЕНТ ПРИ НЕИЗВЕСТНОМ ПЕРВОГО ПОРЯДКА РАВЕН СУММЕ КОРНЕЙ С ОБРАТНЫМ ЗНАКОМ, А СВОБОДНЫЙ ЧЛЕН РАВЕН ПРОИЗВЕДЕНИЮ КОРНЕЙ. НАПРИМЕР, ДЛ Я УРАВНЕНИЯ $x^{**2}-3*x-4=0$ КОРНИ ПРИМУТ ЗНАЧЕНИЯ: $x_1=-4$; $x_2=-1$ КАКОВЫ КОРНИ УРАВНЕНИЯ $x^{**2}+x-6=0$?

ОБУЧАЕМЫЙ: -2,3.

ПЭВМ: ПР И ЗНАЧЕНИИ КОРНЕЙ -2 И 3 СВОБОДНЫЙ ЧЛЕН УРАВНЕНИЯ ДЕЙСТВИТЕЛЬНО РАВЕН -6, ОДНАКО КОЭФФИЦИЕНТ ПР И X РАВЕН -2+3-1 С ОБРАТНЫМ ЗНАКОМ, Т.Е. -1

ОБУЧАЕМЫЙ: 2,-3.

ПЭВМ: СОВЕРШЕННО ВЕРНО. ПОПЫТАЙТЕСЬ ТЕПЕРЬ НАЙТИ МЕНЬШИЙ КОРЕНЬ УРАВНЕНИЯ $x^{**2}-5*x+6=0$

Для инженеров, научных работников и ко в, занятых вопросами конструирования и разработки технологий изготовления, важно осуществлять взаимодействие с ПЭВМ на основе графических изображений. В этом случае вместо символьного дисплея в состав рабочего места должен входить графический дисплей. Для долговременного хранения чертежей, эскизов необходимо включать в состав периферии графопостроители, позволяющие выводить из машины чертежи или рисунки на бумагу.

Для программистов, разрабатывающих прикладные программы, целесообразно иметь на рабочем месте печатающее устройство 4 (рис. 2.14), с помощью которого тексты программ выводятся на бумагу.

Для ученых - экспериментаторов, проводящих исследования на установках с помощью ПЭВМ, важно иметь аппаратуру сопряжения машины с установкой. Поэтому в системах автоматизации научных исследований рабочее место пользователя обеспечивается аппаратными и программными средствами, позволяющими

управлять экспериментом, принимать информацию с установки, обрабатывать и т.д.

Прикладное программное обеспечение создается для пользователя в виде *пакетов программ*, ориентированных на конкретное применение. Иногда пакеты прикладных программ (ППП) поставляются вместе с микроЭВМ.

Пакеты прикладных программ и периферийные устройства определенной конфигурации, ориентированные на конкретную категорию пользователей, составляют автоматизированное рабочее место (АРМ) пользователя. В настоящее время серийно выпускаются несколько типов вычислительных комплексов, построенных на базе мини-ЭВМ типа СМ-3 и СМ-4 и предназначенных для автоматизации проектирования: АРМ конструктора радиоэлектронной аппаратуры, АРМ конструктора изделий машиностроения. Для АРМ характерно, что их изготовитель вместе с аппаратурой одновременно поставляет пользователю и комплект программного обеспечения.

На базе ПЭВМ ЕС-1840, ЕС-1841 и семейств «Искра» и «Электроника» разрабатываются также АРМ для экономистов и других категорий работников.

На рабочих местах пользователей широко применяются и более простые программные средства. Среди них, пожалуй, самое широкое распространение получили редакторы текстов, позволяющие готовить на ПЭВМ различные текстовые документы, в том числе документы, содержащие таблицы, схемы, графики и т.п. Вводимый с помощью программы «редактор текстов» документ записывается на внешнюю память ПЭВМ и сколь угодно долго хранится, например, на гибком диске; при необходимости он может быть исправлен и выведен на печать в нужном количестве экземпляров. Круг пользователей текстовых редакторов очень широк — это учащиеся, служащие, инженеры, писатели, ученые. В соответствии с этим существует и множество версий редакторов текстов — от простейших редакторов до редакторов научных текстов.

Для создания и ведения с помощью персонального компьютера различного рода картотек широко используются программные средства, называемые *системами управления базами данных*. Это одно из наиболее распространенных программных средств, используемое на рабочих местах конторских служащих, работников различных информационно-справочных служб, в отделах оформления заказов предприятий бытового обслуживания и т.п. Не требуя от

пользователей знания программирования, системы управления базами данных позволяют легко отыскивать и обобщать хранимые в памяти ПЭВМ данные, формировать и выдавать на печать различные отчеты и справки.

Арсенал ориентированных на непрограммирующего пользователя программных средств персональных компьютеров насчитывает уже сотни наименований и продолжает увеличиваться. Использование этих средств и является основным режимом работы пользователя ПЭВМ.

2.6. Типовой сеанс работы на персональной ЭВМ

Навыки работы с ПЭВМ приобретаются только при непосредственной работе пользователя за экраном дисплея: ввод в машину текстов, редактирование, вывод на печатающее устройство и т.п. Изучение специальной литературы по вычислительной технике должно подкрепляться практической работой на ПЭВМ. Ошибки в начальной стадии освоения программирования, редактирования и отладки программ на ПЭВМ — нормальное явление. Все пользователи проходят этот этап и только по мере приобретения опыта количество ошибок уменьшается, а результаты вычислений, подготовки документов и т.п. получаются с меньшими затратами времени.

В работе пользователя на ПЭВМ можно выделить три характерных типа деятельности :

— подготовку ПЭВМ к работе, выполнение функций создания и ведения файлов на дисковых запоминающих устройствах:

— разработку и отладку программ различных назначений;

— эксплуатацию готовых программных средств для выполнения различных видов работ, таких, как расчеты, редактирование текстов, ведение и использование баз данных и др.

Чтобы освоить каждый из типов деятельности, необходимо подробно ознакомиться соответственно с функциями и командами операционной системы; используемым алгоритмическим языком и системой программирования; описанием готовых программных средств. Со всем этим в той или иной мере можно познакомиться в последующих книгах настоящей серии. Здесь же приведем лишь самые общие и простые примеры, дающие представление о работе

пользователя по подготовке текстовых документов на ПЭВМ семейства «Искра».

Основные команды операционной системы, система программирования БЕЙСИК рассматривались ранее в данной главе.

Включение и загрузка. Для включения ПЭВМ и загрузки операционной системы АДОС необходимо вставить дискету с системой в приемное устройство дисковода для накопителя с именем А, включить устройства ПЭВМ в следующем порядке: машина, дисплей, печатающее устройство (выключение устройств производится в обратном порядке). После включения машина начинает работать — тестировать свои устройства, при этом на экран выводятся сменяющиеся последовательности цифр. Цифры означают объем проверенной части оперативной памяти машины. По окончании тестирования подается звуковой сигнал и операционная система считывается с диска в память. Перезагрузка системы производится одновременным нажатием клавиш `CTR`, `ALT` и `↔`, причем в любое время работы ПЭВМ (обычно при непредвиденных ситуациях в работе пользователя с программами).

Подготовка дискет. Обычно после завершения работ на ПЭВМ пользователь записывает на диски свои результаты, а ими могут быть тексты программ и документов, данные и т.п., чтобы воспользоваться ими в следующих сеансах работы. Чтобы подготовить диск к записи, необходимо осуществить его разметку или форматирование. Эта процедура должна быть проделана с любой дискетой, иначе она не будет пригодна к записи информации. В процессе форматирования производится отбраковка сбойных секторов, разметка дорожек, формируется главный или корневой каталог, записывается специальная служебная информация. Порядок форматирования дискет следующий. Пользователь набирает команду `FORMAT A:` и вводит ее в машину (нажимает клавишу `ПУСК`).

Перед вводом команды на экране появляется приглашение `АДОС А>`. Команда набирается в этой же строке после символов `А>`. Символ `А:` означает, что форматирование производится с накопителем с именем `А:`. Если предполагается использовать другой накопитель, то необходимо после имени команды указать `В:`.

После ввода команды в машину производится загрузка с системной дискеты программы форматирования и на эк-

ране появляется первое сообщение загруженной программы:

ВСТАВЬТЕ ДИСКЕТУ В УСТРОЙСТВО А
И НАЖМИТЕ ЛЮБУЮ КЛАВИШУ

Прочитав сообщение, пользователь вынимает из дисковода системную дискету, вставляет свою дискету, которую необходимо форматировать, и нажимает любую клавишу. На экране появляется сообщение

РАЗМЕТКА.....

По окончании форматирования, на экране появляется новое сообщение:

РАЗМЕТКА.....РАЗМЕТКА ЗАКОНЧЕНА
xxxxxx БАЙТОВ - ОБЪЕМ ДИСКА
xxxxxx БАЙТОВ - В ДЕФЕКТНЫХ СЕКТОРАХ
xxxx - БАЙТОВ СВОБОДНО
РАЗМЕЧАТЬ ЕЩЕ (Y/N)?

Если не требуется форматировать другие дискеты, то следует нажать клавишу N и вытащить из дисковода отформатированную дискету.

Работа с текстами. При работе на ПЭВМ значительное место занимает такой вид деятельности пользователя, как подготовка разнообразных видов текстовой документации — справок, отчетов, статей, писем, актов, приказов и т.д. Подготовка их на ПЭВМ имеет преимущества по сравнению с подготовкой на пишущих машинках.

1. Возможность многократного исправления отдельных фрагментов текста (замена, вставка, удаление) без повторного ввода его с клавиатуры (текст постоянно хранится на диске).

2. Возможность печатания на печатающем устройстве нужного количества экземпляров.

Для подготовки текстов используются специальные программные прикладные системы. Наиболее известными из них являются системы ЛЕКСИКОН, АБВ и др.

ЛЕКСИКОН используется на ПЭВМ ЕС-1840(41). В ПЭВМ семейства «Искра» используется программа "Редактор текстов". С помощью "Редактора текстов" рассмотрим ввод и редактирование текстовых документов, запись их на диск в виде файлов, печать документов.

Вызов редактора текстов. Для вызова "Редактора текстов" необходимо вставить в приемное устройство дисковода для накопителя с именем А дискету с редактором, ввести в машину команду R1. Указанные дей-

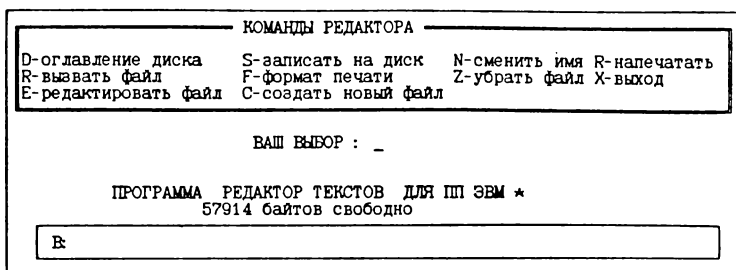


Рис. 2.15

ствия выполняются при наличии на экране метки A>, свидетельствующей о загрузке АДОС. После загрузки редактора на экране появляется следующая картина (рис. 2.15).

На экране сверху отображается перечень команд редактора - "меню" для пользователя. Ниже "меню" для пользователя отображается текст: ВАШ ВЫБОР: _ означающий, что можно воспользоваться любой из указанных в "меню" команд и работать с ними (режим меню).

На экране снизу устанавливается светящаяся строка (служебная) с номером 25. Она постоянно находится на экране во время работы с редактором. В нее выводятся сообщения для пользователя при выполнении команд, а также отображаются сами команды.

На экране слева отображается имя активного дисковода. После загрузки редактора активным дисководом автоматически устанавливается дисковод с накопителем В:.

В в о д т е к с т а. Он производится в режиме редактирования. При этом установка режима редактирования осуществляется специальной командой E — команда набирается в режиме меню и нажимается клавиша ПУСК. После выполнения команды экран очищается, а курсор находится в первой позиции первой строки экрана — левый верхний угол экрана. В распоряжение пользователя предоставляются 24 строки экрана, в каждой из которых может отображаться 80 символов. В служебной строке в это время отображаются символы *С1* и *П1*, указывающие соответственно номер строки документа — 1 и номер позиции курсора в данной строке — 1. При перемещении курсора по экрану цифры после букв *С* и *П* меняются.

Предположим, что необходимо ввести в ПЭВМ текст документа, представляющего собой аннотацию прикладной

АННОТАЦИЯ	
Назначение. Автоматизированная система СОБИФ предназначена для обучения языкам программирования БЭЙСИК и ФОРТРАН.	(1-я строка) (2-я строка) (3-я строка) (4-я строка) (5-я строка)
Описания. Система проверяет правильность написания введенных текстов и, если не обнаруживает ошибок, выдает на экран сообщение: "Предложение составлено верно".	(24-я строка) (25-я строка) (26-я строка) (27-я строка)
Автор: Т. К. Руденко	(48-я строка)

Рис. 2.16

программной системы объемом примерно в 50 строк. Несколько строк из документа представлено на рис. 2.16.

Текст документа состоит из букв русского алфавита, поэтому для ввода текста клавиатуру необходимо переключить на русский алфавит. Для этого следует нажать на клавишу Р/Л и оставить ее в "утопленном" состоянии. Далее с помощью области алфавитно-цифровых клавиш (средняя область) ввести текст документа в память ЭВМ, как уже отмечалось ранее. С вводом каждого символа курсор автоматически передвигается вправо на одну позицию, по достижении 80-й позиции курсор переходит на первую позицию следующей строки.

Редактор текстов ПЭВМ предоставляет возможность пользователю самому установить границы левого и правого края текста, т.е. назначить длину строки. Для этого используется функциональная клавиша F9 (левая область клавиатуры). После ее нажатия устанавливается табуляция: на экране сверху выводится подсказка, а снизу - линия установки табуляции на всю длину строки экрана (рис. 2.17).

На линии символами \ и / отмечены границы правого и левого полей документа. Пользователь устанавливает эти символы по своему усмотрению, при этом ввод текста ограничивается в пределах определенных значений.

После установки табуляции снова надо нажать на клавишу F9 для выхода в режим редактирования.

Некоторые строки текста вводимого документа являются короткими (например, 5-я строка). В таких случаях после ввода последнего значимого символа строки нажимается клавиша ПУСК, при этом курсор передвига-

(\ - - - - + - - - - + + - - - - + : /)

Рис. 2.17

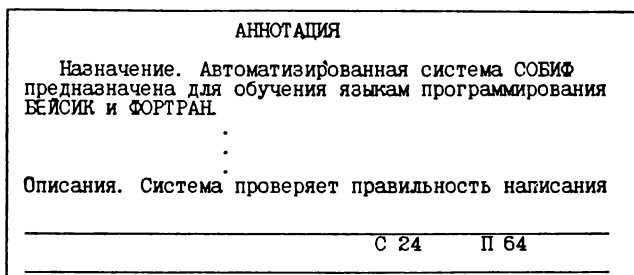


Рис. 2.18

ется на начало следующей строки, а в конце введенной строки появляется специальный символ π (греческая буква ПИ). При выводе текста на печать указанный символ не печатается.

По мере ввода символов заполняются 24 строки экрана текстом (рис. 2.18).

В служебной строке на это указывает число 24 после буквы С; число 64 после буквы П указывают позицию, на которой в данное время находится курсор.

Для ввода следующих строк можно подвинуть текст вверх на одну строку нажатием клавиши \downarrow (правая область клавиатуры) и продолжить ввод новой строки.

Можно подвинуть весь текст экрана (страницу) вверх. Для этого надо одновременно нажать две клавиши CTRL и \downarrow . После нажатия указанных клавиш сверху на экране остается бывшая 24-я строка текста, а снизу - служебная светящаяся строка. Остальные 23 строки экрана чистые. Можно аналогично подвинуть страницу вниз, нажимая клавиши CTRL и \uparrow .

Запись текста на диск. После окончания ввода текста необходимо выйти из режима редактирования и войти в режим меню, для чего следует одновременно нажать клавиши ALT и F10. Чтобы записать текст на диск в режиме меню необходимо воспользоваться командой S. При выполнении ее редактор просит сообщить имя файла. Как

только пользователь введет имя файла, редактор запишет текст документа с указанным именем на диск.

Считывание текста с диска. Вызов файла с диска в оперативную память производится в режиме меню командой R. После ввода команды пользователю выдается запрос:

ВВЕДИТЕ ИМЯ ФАЙЛА

Набрав на клавиатуре имя файла и введя его в машину, пользователь получает информацию в служебной строке об имени загруженного файла и объеме свободной части оперативной памяти, которую можно использовать для дополнения файла.

Приемы редактирования текста. Переход в режим редактирования производится с помощью команды E. В процессе редактирования (добавление и удаление абзацев; замена, удаление и вставка строк; замена, удаление и вставка отдельных символов; выравнивание полей текста и т.д.) необходимо перемещаться по тексту. Для этого используются клавиши управления курсором в правой области клавиатуры (см. параграф 2.2).

В дополнение к указанным приемам имеются другие приемы работы с курсором, для чего требуется нажимать одновременно две клавиши: клавишу CTRL и одну из клавиш управления курсором (обозначение указано снизу клавиши).

- CTRL + \ — курсор перемещается в начало текста документа. На экране отображается первая страница документа;
- CTRL + --> — курсор перемещается в конец текста документа. На экране отображается последняя страница документа;
- CTRL + → — курсор перемещается на следующее слово в тексте;
- CTRL + ← — курсор перемещается на предыдущее слово в тексте;
- CTRL + ↓ — выводится на экран следующая страница текста;
- CTRL + ↑ — выводится на экран предыдущая страница текста.

Кроме указанных клавиш для перемещения курсора используется функциональная клавиша F3 (курсor перемещается в начало текущей строки), а также клавиши ⇐ и ⇨, находящиеся в средней области клавиатуры.

При нажатии клавиши ⇐ стирается последний введенный символ, а курсор сдвигается на одну позицию влево.

Нажатие клавиши ⇨ перемещает курсор вправо сразу на несколько позиций.

Замена символа в тексте. Курсор подводится к заменяемому символу и устанавливается под ним. Затем на клавиатуре набирается нужный символ, который после набора отображается на месте ненужного символа, а курсор сдвигается вправо на одну позицию.

Вставка символа. Курсор подводится в строке к позиции, начиная с которой надо вставить пропущенный ранее символ. Нажимается клавиша «↔», в результате изображение курсора становится другим (светящийся небольшой прямоугольник). Затем на клавиатуре набирается один или несколько символов. В зависимости от количества набранных символов текст строки от позиции курсора сдвигается вправо и на освободившихся местах отображаются вставленные новые символы. По окончании вставки снова нажимается клавиша «↔» и курсор приобретает прежнюю форму.

Удаление символов. Курсор подводится к удаляемому символу и устанавливается под ним. Нажимается клавиша «←», символ удаляется, остаток строки сдвигается на одну позицию влево.

Замена строк. Строки заменяются аналогично символам.

Вставка строк. Курсор подводится к началу строки, перед которой будут вставляться новые строки. Нажимаются клавиши ALT и F3. Строка, перед которой находился курсор, опускается с последующими строками вниз, образуя на своем месте пустую строку. В пустую строку вводится текст. Если новый текст не помещается в одну строку, то автоматически курсор переходит на следующую пустую строку (текст снова опускается вниз).

Удаление строк. Курсор подводится к началу удаляемой строки, нажимаются клавиши ALT и F4.

Удаление слова. Курсор подводится к началу удаляемого слова, нажимается клавиша F4 и слово удаляется. Остаток строки сдвигается влево на число позиций, равных числу символов удаленного слова.

Редактор текстов предоставляет пользователю возможности работать с фрагментами текста. Выделенные фрагменты можно перемещать в тексте, копировать и удалять из текста.

Нажатием клавиши F5 отмечается начало фрагмента (метка — светящийся треугольник — ставится в позиции, указанной курсором), а нажатием клавиши F6 отмечается

конец фрагмента. Нажатием клавиш, указанных ниже, выполняются следующие действия над фрагментами:

ALT + F5 — выделенный фрагмент удаляется со старого места и вставляется перед той строкой, в начале которой установлен курсор;

ALT + F6 — выделенный фрагмент вставляется перед той строкой, в начале которой установлен курсор;

ALT + F8 — выделенный фрагмент удаляется из текста.

Выделенные фрагменты текста можно записывать на диск в виде файла, а также вставлять файл, считанный с диска, в любое место текста документа.

Отредактированный текст документа можно записать на диск, по усмотрению пользователя, под новым именем или со старым именем. Во втором случае измененный файл записывается на диск на место прежнего.

В ы в о д н а п е ч а т ь. Редактор текстов позволяет выводить на печать отредактированный документ. По желанию пользователя можно сформировать формат вывода на печать документа. Чтобы установить формат, в режиме меню вводится команда F, в результате выполнения которой пользователь сообщает следующие данные для формата:

1) признак для печати документа по страницам или непрерывно;

2) количество печатных строк на одной странице документа;

3) порядковый номер строки, с которой на странице начинается печать текста;

4) порядковый номер последней строки на странице;

5) количество печатных позиций для отступа от левого края страницы;

6) признак останова после печати каждой страницы;

7) признак выбора шрифта печати строк;

8) количество символов в строке;

9) признак печати знаков двойной ширины;

10) признак печати знаков с двойной яркостью.

Параметры формата записываются на диск в виде файла. По команде P документ выводится на печатающее устройство в заданном формате. Предварительно печатающее устройство включается и заправляется бумагой.

В процессе печати документа можно делать остановки, нажимая клавишу F10. Печать продолжается после нажатия любой клавиши.

Внутри редактируемого текста можно использовать и специальные управляющие слова для печати. Например, указание автоматической нумерации страниц сверху или снизу страницы, справа, слева или в центре, вывод слов или строк с подчеркиванием, двойной яркостью и т.п. Управляющие слова вставляются в нужные места текста в процессе редактирования. Сами управляющие слова в процессе печати документа не печатаются.

2.7. Основные области применения ПЭВМ

В настоящее время промышленностью серийно изготавливается ряд отечественных профессиональных персональных микроЭВМ семейств «Электроника», «Искра», ЕС ЭВМ. Машины двух последних семейств характерны совместимой системой команд, похожими между собой операционными системами, аналогами которых являются широко распространенные в мире MS DOS, CP/M-86, и файловыми системами.

В основу архитектуры машин положен принцип модульности, что обеспечивает применение дополнительных периферийных устройств, а также замену одних типов устройств другими.

В последнее время в стране стали широко использоваться ПЭВМ зарубежного производства — IBM PC типа AT, XT, PS/2 и др.

ПЭВМ в образовании. В системе образования на различных уровнях (школа, профессионально-техническое училище, техникум, вуз, факультет повышения квалификации, институт повышения квалификации) ставится задача повышения качества подготовки учащихся, специалистов на базе использования современных методов обучения, широкого применения ЭВМ и особенно микропроцессорной вычислительной техники. Это объясняется необходимостью интенсификации учебного процесса в условиях быстрого обновления учебной информации при ограниченном сроке обучения. И главное — в настоящее время специалист должен не только обладать специальными знаниями, но и уметь применять вычислительную технику для решения конкретных практических задач.

Внедрение ЭВМ в учебный процесс начиналось на основе традиционных форм учебной деятельности: лекций, семинарских и практических занятий, лабораторных практикумов, контрольных мероприятий. Каждая из основных форм внедрения ЭВМ в учебную деятельность, развиваясь, распадалась на компоненты, которые в ряде случаев выделялись в самостоятельные направления использования ЭВМ. Так происходил, например, переход от лабораторных работ вычислительного характера к моделированию процессов на ЭВМ, а от моделирования — к лабораторным работам, включающим элементы научно-исследовательских работ.

Наиболее ранние попытки использования ЭВМ для повышения производительности педагогического труда связаны с применением их для контроля усвоения знаний. Контроль — это учебно-диагностическая процедура, ориентированная на выявление и оценку того, как учащийся овладевает знаниями, умениями и навыками. В процессе проведения контроля обучаемый получает и корректирующую информацию. Таким образом, контроль реализует и некоторые обучающие функции. Все традиционные формы контроля весьма трудоемки и не содержат, как правило, для преподавателя творческого аспекта. Это обстоятельство объективно сдерживает совершенствование процедуры контроля.

ПЭВМ можно использовать для проведения всех видов контроля — предварительного, текущего, рубежного (после прохождения раздела курса), итогового. При этом сам процесс контроля, как правило, в значительной мере индивидуализируется. Большим удобством для преподавателя является то, что по его желанию ПЭВМ составляет ведомость группы с анализом результатов. В этом отношении ПЭВМ предоставляет уникальные возможности, практически недоступные другим вычислительным средствам. На ПЭВМ можно накопить и данные по всей истории обучения студента (в будущем — включая даже школьный этап). Анализ этих данных позволит преподавателю получить объективную информацию о процессе развития способностей и творческой активности студентов, уточнить их профессиональную ориентированность, определить способность к самообразованию и умению эффективно использовать дополнительные средства информации. Таким образом, можно ставить и решать оптимизационные и прогнозирующие задачи.

В программное обеспечение систем контроля знаний входит ряд подпрограмм анализа ответа: предварительной обработки ответа, синтаксического и семантического контроля, диагностики причин ошибок, принятия решений. Основными достоинствами контроля с помощью ПЭВМ являются фронтальность, индивидуализация, объективность, оперативность, экономичность.

В некоторых учебных заведениях для контроля знаний с применением ЭВМ типа ЕС на вступительных экзаменах используется автоматизированная подсистема ПРИЕМ. В настоящее время эта система модернизирована на базе ПЭВМ, позволяет улучшить уровень организационной работы приемной комиссии учебного заведения и повысить объективность оценки знаний абитуриентов. Подсистема ПРИЕМ обеспечивает использование ЭВМ при оценке письменных работ по математике, физике, химии; при формировании индивидуальных заданий по русскому языку и литературе; при распределении абитуриентов по аудиториям и посадочным местам; при выдаче заданий по всем предметам.

Весьма широко применяется ПЭВМ для решения учебных задач, вычислений и упражнений. Занятия проходят в учебных классах, оборудованных ПЭВМ и объединенных в локальные вычислительные сети или подключенных к одной ЭВМ большой мощности. На первых курсах в этих классах студенты знакомятся с программированием, изучают алгоритмические языки. На старших курсах ПЭВМ используется для выполнения курсовых и дипломных проектов. Такое применение ПЭВМ дает возможность студентам не только решать конкретные расчетные задачи, но и получать практические навыки программирования.

Использование ПЭВМ для вычислений целесообразно лишь на той стадии учебного процесса, когда изучаемое явление уже понято учащимися, логика самого расчета осмыслена ими полностью и осталась лишь трудоемкая вычислительная работа. Внедрение ПЭВМ для вычислений требует определенной модернизации существующих методов расчета, поскольку действующие в настоящее время методики сложились в процессе традиционного

обучения и не ориентированы на использование ПЭВМ. В связи с этим целесообразно разделение традиционных методик на две самостоятельные фазы - *человеческую* и *машинную*. Первая, творческая, фаза должна охватывать разработку алгоритма решения задачи, а вторая, более формальная, должна быть связана с овладением программой и ее выполнением.

Одной из форм учебной работы, непосредственно связанной с вычислениями, являются упражнения. Упражнение - это учебно-тренировочная процедура, направленная на закрепление знаний, выработку умений и навыков. Реализуется упражнение многократным и сознательным выполнением определенной системы действий, сопровождаемых периодическим контролем и коррекцией. Для этого используются различные *тренажеры*.

Использование ПЭВМ для создания тренажеров открывает возможность имитации очень сложных процессов. Алгоритмическая универсальность, высокое быстродействие, наличие памяти позволяют использовать ПЭВМ для моделирования сложной обстановки и выдачи результатов на рабочие места студентов, организовать управление процессом обучения, осуществить оценку и документирование процесса обучения.

Тренажер, реализованный с использованием ПЭВМ, - это практически модель какого-либо устройства или процесса. Обучающийся вырабатывает навыки управления процессом или устройством. Но моделирование на ПЭВМ успешно применяется и для изучения общности процессов и явлений. При этом моделирование выступает как познавательная процедура, представляющая собой особую форму изучения явления путем экспериментирования не с самим реальным явлением, а с его моделью. В обычном эксперименте теоретический момент проявляется в начальной и завершающей стадиях. В начальной стадии - это выдвижение гипотезы, ее оценка и выделение из нее следствий. В завершающей стадии - это осмысление опытных данных, их интерпретация и обобщение.

При моделировании необходимо также теоретически обосновать адекватность модели реальному физическому явлению (процессу) и возможность на этой основе относить к нему результаты, полученные на модели. Без такого обоснования моделирование теряет свое познавательное значение, ибо перестает быть достоверным источником информации о реальном явлении.

Изменяя параметры модели, можно определять влияние отдельных параметров на свойства реальных изучаемых объектов, наглядно наблюдать изменение этих свойств в выбранном масштабе времени, получать машинную распечатку процесса. Как правило, машинное (имитационное) моделирование применяется в тех случаях, когда непосредственное исследование (натурное моделирование) невозможно или нецелесообразно. ПЭВМ позволяет моделировать процессы практически любой сложности, в том числе и такие, которые невозможно наблюдать в обычной обстановке. Так, при моделировании времени «растягиваются» быстротекущие процессы и, наоборот, «сжимаются» долготекущие. Опыт моделирования показывает, что наглядное представление изучаемого объекта способствует повышению интереса у студентов к этой форме обучения, а изучение процессов в динамике - более глубокому усвоению учебного материала.

В виде объекта изучения при математическом моделировании можно представить как весь процесс в целом, так и его отдельные составные части.

Следует особо подчеркнуть, что задачи применения математического моделирования в учебном процессе существенно различаются в зависимости от того, какую дисциплину (общенаучную, общетехническую или специальную) изучает студент.

При изучении *общенаучных и общетехнических дисциплин*, как правило, построение математической модели не вызывает затруд-

нений. В этом случае обычно известны не только математические уравнения, начальные и граничные условия для общих и многочисленных частных случаев, но и их аналитические решения, методы анализа, пути и способы упрощения. Поэтому задачей преподавателя, использующего математическое моделирование при изучении общенаучных и общетехнических дисциплин, является формализация изучаемого процесса (явления) для обоснования выбора типа ПЭВМ и построения центральной программы, с тем чтобы провести обучение с максимальным педагогическим эффектом.

При изучении специальных дисциплин математическое моделирование имеет свои особенности. Теория подавляющего большинства процессов, изучаемых в специальных дисциплинах, базируется на обобщении многолетнего практического опыта, систематизации различных теоретических решений, накоплении и осмыслении опыта экспериментирования. В связи с этим задача состоит прежде всего в разработке методологии построения модели процесса (явления) применительно к конкретным условиям, в выборе и проверке различных методов анализа модели, позволяющих получать решения конкретных инженерных задач. Успешная разработка математических моделей отдельных процессов (явлений) и определяет в целом успех применения математического моделирования и ПЭВМ при изучении специальных дисциплин.

Применение ПЭВМ в учебном процессе приводит к образованию новых форм обучения или специальных способов применения средств вычислительной техники. К числу таких форм можно отнести машинные деловые игры, реализуемые в виде некоторой диалоговой процедуры общения обучаемых с ПЭВМ. Машинная игра направлена на развитие теоретического мышления студента путем разрешения им создаваемых в процессе игры конфликтных ситуаций. Деловые игры — новое, перспективное и активно развивающееся направление совершенствования учебного процесса.

Применение ЭВМ для контроля, автоматизации вычислений, реализации моделей процессов и явлений, создания на их базе тренажеров и деловых игр существенно активизирует процесс обучения и в современных *автоматизированных обучающих системах (АОС)*, практически всегда сочетается с различными формами представления обучаемым новой учебной информации.

Но процесс обучения — творческий процесс и поэтому он не может быть полностью возложен на технические средства любой сложности, в том числе и на ПЭВМ, которые в конечном счете являются лишь инструментом в руках преподавателя и обучающегося в едином процессе обучения. В связи с этим нельзя ставить вопрос о возможной замене преподавателя машиной или исключении из учебной практики, например, лекционной формы обучения. Лекция всегда будет занимать одно из ведущих мест в учебном процессе, являясь той организационной формой работы, при которой студентам не только сообщаются новые знания, но и формируется их научное мировоззрение. Лектор дает направленность процессу обучения путем раскрытия логической структуры учебной информации, ее общенаучной и практической значимости, стимулирует познавательную инициативу учащихся. Наконец, лекция — это наиболее массовая форма совместной учебной деятельности, хотя и ей присущи (в ее традиционном варианте) некоторые недостатки, например преобладание факторов сообщения над факторами усвоения, ориентировка на "среднего" студента, отсутствие оперативной, объективной информации о восприятии материала студентами.

В настоящее время стало привычным оборудование лекционных аудиторий системой обратной связи и использование ПЭВМ для обработки статистических данных с целью активизации работы студентов на лекциях.

Одним из главных направлений автоматизации обучения является внедрение в учебную практику АОС, которые могут использоваться во всех формах учебной работы. С помощью АОС успешно реализуются функции управления процессом обучения. Важное преимущество АОС на базе ПЭВМ — полная независимость от внешних вычислительных устройств. Если в классах автоматизированного обучения на базе ЭВМ типа ЕС или СМ отказ процессора, каналов, памяти приводил к неработоспособности всей вычислительной системы, т.е. к срыву учебного процесса для всех пользователей, то при использовании АОС на базе ПЭВМ отказ ее может в худшем случае иметь "неприятности" только для одного пользователя. Поэтому АОС на базе ПЭВМ можно использовать в студенческих общежитиях, читальных залах и т.д.

При проведении занятий целесообразно объединение вычислительных средств — ПЭВМ — в локальные сети, как показано на рис. 2.19.

Локальная сеть ПЭВМ имеет одну управляющую ПЭВМ (рабочее место преподавателя), которая связана с рабочими местами обучаемых. С каждого рабочего места обучаемый обращается к ПЭВМ преподавателя за помощью, обеспечением учебными программами. ПЭВМ преподавателя производит чтение информации с ПЭВМ обучаемого и записывает во внешнюю память, загружает учебные программы на любую ПЭВМ, "наблюдает" за экранами.

В локальной сети на рабочих местах обучаемых могут отсутствовать устройства внешней памяти, так как загрузка учебных программ производится с ПЭВМ преподавателя. Учебные программы могут быть разными или одинаковыми для всех обучаемых.

В локальных сетях рабочее место преподавателя комплектуется профессиональной ПЭВМ, имеющей большую оперативную и внешнюю память. На внешней памяти содержится набор программ обучающих курсов, а также массивы статистической информации о ходе процесса обучения. Для вывода обработанной статистической информации в виде ведомостей успеваемости необходимо иметь печатающее устройство.

Для автономного использования в сети ПЭВМ комплектуется устройствами внешней памяти (НГМД или КНМЛ). При этом каждый пользователь имеет свои программы, записанные на гибком диске или на кассете.

При использовании ПЭВМ в изучении различных учебных дисциплин необходимо предварительно составить *обучающие программы*. Они могут составляться на языках программирования (БЕЙСИК, ПАСКАЛЬ и др.) или специальном языке обучающих систем.

Язык автора обучающих программ включает в себя средства выдачи учебного материала обучаемому на экран дисплея, приема и оценки ответов обучаемых и т.д. Он ориентирован на применение в АОС, ими могут пользоваться разработчики обучающих программ, не имеющие специальной подготовки в области программирования. Для сбора сведений о ходе работы обучаемого при составлении программы предусматриваются специальные счетчики, определяющие количества заданных вопросов обучаемому, правильных и неправильных ответов. После окончания сеанса работы обучаемого по команде преподавателя сведения пересылаются во внешнюю память ПЭВМ

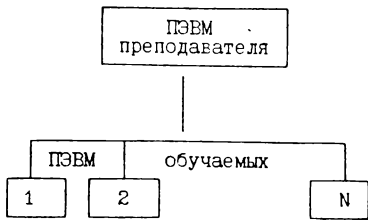


Рис. 2.19

преподавателя. У преподавателя на диске накапливаются сведения за все сеансы работы обучаемого и после их обработки выдаются результирующие сведения об успеваемости обучаемого за интересующий отрезок времени.

При использовании обучающих систем в учебном процессе значительно интенсифицируется учебная деятельность обучаемых. Число выполняемых заданий возрастает в 2—3 раза по сравнению с числом заданий при традиционном обучении. Каждый обучаемый решает предъявленные ему задачи самостоятельно и получает в случае ошибки необходимые индивидуальные разъяснения. У преподавателя появляется больше возможностей для управления учебной деятельностью группы обучаемых. Освободившись от необходимости контролировать выполнение каждым обучаемым запланированных учебных процедур и перепоручив эту нетворческую работу ПЭВМ, преподаватели имеют возможность во время занятий помогать отстающим, выявлять и разъяснять типичные ошибки, давать индивидуальные углубленные объяснения учебного материала. Важно также, что обучаемые имеют постоянный контакт с современными средствами вычислительной техники.

ПЭВМ в автоматизированных системах управления. В автоматизированных системах управления (АСУ) предприятиями, учебными заведениями и т.д. вычислительная техника формирует и обрабатывает массивы информации, выдает сводки о состоянии производства административно-управленческому персоналу. В некоторых АСУ, кроме задач учетного характера, решаются оптимизационные задачи, позволяющие выдавать рекомендации о совершенствовании системы управления. Особенность применения ПЭВМ в АСУ — организация, обработка и ведение на них больших массивов информации. Как правило, для этих целей используются ПЭВМ, имеющие большую оперативную память — до нескольких мегабайтов, а также внешнюю память на твердых магнитных дисках. Разрабатываются АСУ в соответствии с функциональными задачами и поэтому структурно делятся на ряд подсистем. Например, АСУ высшего учебного заведения (АСУ ВУЗ) включает в себя такие подсистемы, как "Абитуриент", "Контингент студентов", "Текущий контроль", "Сессия", "Кадры сотрудников" и др.

Работа подсистем проходит в несколько этапов. На первом этапе в вычислительный центр (ВЦ) вуза, предприятия, организации и т.д. в определенные сроки представляются входные документы от подразделений, заполненные на специальных бланках. На втором этапе производится ввод информации с входных документов в ПЭВМ, корректировка информации и ее обработка. На третьем этапе на ПЭВМ формируются документы, которые печатаются и представляются руководству.

С внедрением ПЭВМ в АСУ подготовку массивов информации из ВЦ можно поручить непосредственно исполнителям, готовящим первичную информацию. Сформированные информационные массивы передаются в центральную ПЭВМ большой мощности по каналам связи или представляются на дисках. Реализация такой функции на ПЭВМ в большей мере соответствует условиям функционирования АСУ. Предварительная обработка информации на ПЭВМ упрощает обслуживание, уменьшает число ошибок, возникающих при передаче данных на ВЦ. В качестве центральной ЭВМ можно использовать любую ЭВМ с большой внешней и внутренней памятью, информационно связанную с ПЭВМ.

Наличие ПЭВМ на рабочих местах работников управления позволяет более качественно осуществлять управление. Автоматизация рабочих мест (обеспечение специализированными программными пакетами и т.д.) существенно повышает оперативность управленческих решений и качество делопроизводства. Наиболее часто используемые данные, справочные документы целесообразно хранить в памяти ПЭВМ. С помощью печатающего устройства

работник аппарата управления в любое время может получить одну или несколько копий документа на бумаге.

ПЭВМ на рабочем месте руководителя позволяет просматривать и анализировать различные документы. Такими документами являются планы работ подразделений, различные ведомости, справки, отчеты и др. Как правило, основным элементом документов являются таблицы, просмотр которых осуществляется по строкам и столбцам для анализа и сопоставления значений показателей. С помощью специальных программ удобно фрагменты таблиц выводить в отдельные места экрана дисплея, так называемые окна. В эти окна также целесообразно выводить вспомогательные текстовые и другие документы для раскрытия содержания отдельных показателей просматриваемых таблиц. Внесение изменений в документы не представляет каких-либо трудностей. Для этого надо только уметь пользоваться клавиатурой, каких-либо специальных навыков не требуется.

ПЭВМ в системах автоматизации проектирования. Проектирование аппаратуры, машин и т.п. непосредственно связано с расчетом различных параметров будущего изделия, выпуском документации в виде эскизов, рисунков, чертежей. Автоматизация проектирования облегчает труд инженеров-проектировщиков, техников. Системы автоматизации проектирования (САПР) включают в себя ПЭВМ с такими периферийными устройствами, как графопостроители, печатающие устройства, магнитные диски, дисплеи.

Информационное обеспечение САПР представляет собой совокупность различных нормативно-справочных сведений, типовых проектных решений, инструктивных материалов, а также структуру данных на машинных носителях, создаваемую и поддерживаемую программными средствами системы управления.

Программное обеспечение содержит диалоговые программы решения проектных задач, вычислительных и расчетных методов, математического моделирования проектируемого объекта. Программы работы с документами позволяют пользователю вводить в ПЭВМ, просматривать и корректировать чертежи, используя экран дисплея, вводить и редактировать текстовые материалы, получать результаты проектирования в виде чертежей.

С помощью, например, САПР трансформаторов, используемой в учебных заведениях для подготовки будущих проектировщиков, а также в конструкторских бюро заводов и проектно-конструкторских институтах, обеспечивается выполнение отдельных научно-технических расчетов и комплексный расчет трансформаторов в диалоговом режиме. Проектирование ведется с учетом технических и технологических требований, результаты проектирования выдаются в документированном виде. Справочная информация имеет специальную структуру и хранится на машинных носителях. В рамках диалога система при необходимости сообщает пользователю перечень возможных проектных операций и процедур, задает вопросы и подсказывает формы ответов.

Важным техническим элементом в САПР для пользователя является световое перо. С его помощью можно в изображение чертежа на экране дисплея вносить изменения (строить окружности, отрезки, дуги, удалять элементы и т.д.) и получать другие варианты проекта.

Изготавливаемые промышленностью комплексы АРМ-Р и АРМ-М предназначены для использования в САПР радиоэлектронной аппаратуры и изделий машиностроения. Они содержат периферийные устройства, обеспечивающие отображение, ввод, вывод и хранение текстовой и графической информации. Программное обеспечение предоставляет пользователю большой набор программ для решения различных задач проектирования.

Вопросы для самопроверки

- 2.1. На какие группы подразделяются ПЭВМ?
- 2.2. Из каких устройств состоят ПЭВМ, каково их назначение?
- 2.3. Что представляет собой центральный процессор ПЭВМ?
- 2.4. Назовите типы шин ПЭВМ.
- 2.5. Что такое бит, байт?
- 2.6. Перечислите устройства ввода-вывода.
- 2.7. Для чего используется дисплей в ПЭВМ?
- 2.8. С помощью какого устройства вводится информация в память ПЭВМ?
- 2.9. Какие группы клавиш имеются на клавиатуре?
- 2.10. С помощью каких клавиш производится перемещение курсора по экрану дисплея?
- 2.11. Назовите типы печатающих устройств.
- 2.12. Какие внешние запоминающие устройства имеются в ПЭВМ?
- 2.13. Назовите технические характеристики гибкого магнитного диска. Отличается ли гибкий магнитный диск от кассетной магнитной ленты по способу доступа к информации?
- 2.14. Какие функции выполняет системное программное обеспечение?
- 2.15. Что такое операционная система ПЭВМ и каково ее назначение?
- 2.16. Для чего используются команды операционной системы?
- 2.17. Назовите основные характеристики операционной системы MS DOS.
- 2.18. Какие языки программирования используются в ПЭВМ?
- 2.19. Что такое файловая система?
- 2.20. Как идентифицируются файлы на диске?
- 2.21. Как организованы каталоги файлов?
- 2.22. Как осуществляется поиск файлов?
- 2.23. Для чего предназначаются системы программирования?
- 2.24. Назовите основные команды БЕЙСИК-системы.
- 2.25. Для чего используется команда АУТО БЕЙСИК-системы?
- 2.26. Чем отличается редактор БЕЙСИК-системы от интерпретатора?
- 2.27. Как происходит редактирование программ?
- 2.28. Что представляет собой автоматизированное рабочее место пользователя?
- 2.29. Для чего используется текстовый редактор в ПЭВМ?
- 2.30. Как производится загрузка операционной системы в ПЭВМ?
- 2.31. В чем состоит процесс форматизации дискеты?
- 2.32. Что такое режим меню в ПЭВМ?
- 2.33. Как производится ввод текста документа в ПЭВМ?
- 2.34. Какие возможности имеются в ПЭВМ для редактирования текстов?
- 2.35. Назовите основные характеристики современных отечественных ПЭВМ.
- 2.36. Назовите основные области применения ПЭВМ.
- 2.37. В каких формах учебного процесса можно использовать ПЭВМ?
- 2.38. Что такое автоматизированная обучающая система?
- 2.39. Как готовится обучающая программа в АОС?
- 2.40. Как используется ПЭВМ в автоматизированных системах управления?

ГЛАВА 3

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И СИСТЕМЫ

3.1. Семейства ЕС и СМ ЭВМ

Понятие *вычислительной системы* появилось в то время, когда архитектурные особенности ЭВМ позволили с целью достижения наивысшей эффективности изменять их структуру на основе принципов модульности, универсальности и совместимости. Одна и та же структура ЭВМ не могла уже удовлетворять всех пользователей. Многообразие решаемых задач и требований, предъявляемых к вычислительным средствам (надежность, оперативность, быстродействие, объем памяти, доступность к ресурсам ЭВМ многих пользователей, удаленность пользователей и т.п.), обязывало ориентировать ЭВМ на решение определенного круга задач. На основе базового набора модулей ЭВМ стало возможным наращивать оперативную память добавлением модулей памяти, повышать быстродействие увеличением числа процессоров, подключать необходимые периферийные устройства из имеющегося набора, обеспечивать системными программами. И все же главной причиной появления вычислительных систем явилось стремление пользователей максимально использовать вычислительные средства при решении конкретных задач.

В настоящее время имеется большое количество вычислительных систем, построенных для различных целей: *многопроцессорные системы, многомашинные системы, системы коллективного пользования*, различающиеся типами связей, режимами работы, составом оборудования, назначением и т.д. Вычислительную систему понимают двояко: либо как набор вычислительных средств,

включающий в себя не менее двух процессоров или двух машин, либо как набор четырех компонентов ЭВМ: процессора, оперативной и внешней памяти, устройства ввода-вывода. Формально определить различие между ЭВМ и вычислительной системой затруднительно. Во всяком случае, возможность приспособления набора аппаратных и программных средств ЭВМ под задачи пользователя, по-видимому, определяет основную черту вычислительной системы.

Структура ЕС ЭВМ. В народном хозяйстве широко используются ЭВМ третьего поколения — ЕС ЭВМ. На их базе созданы различные вычислительные системы, применяемые в образовании, науке, технике и т.д. Структура ЕС ЭВМ, их программное обеспечение характерны для вычислительных систем.

Единая система электронных вычислительных машин представляет собой семейство программно-совместимых машин третьего поколения. Каждая из машин семейства состоит из:

- процессора;
- оперативной памяти;
- каналов, обеспечивающих операции обмена данными между памятью и внешними устройствами независимо от процессора;
- набора внешних устройств ввода-вывода, выполняющих обмен информацией между внешними носителями и каналами.

Для ЕС ЭВМ характерно наличие *каналов* — специализированных процессоров, позволяющих освободить процессор от выполнения операций ввода-вывода и тем самым повысить скорость обмена с внешними устройствами. В машинах семейства ЕС с помощью каналов обеспечивается параллельная работа процессора и внешних устройств, а также параллельное выполнение операций ввода-вывода с несколькими внешними устройствами.

Основу построения ЕС ЭВМ составляет принцип модульности, позволяющий по желанию пользователя наращивать вычислительную мощность (заменять процессоры), расширять емкость оперативной памяти, добавлять внешние устройства.

Семейство ЕС ЭВМ включает в себя три очереди моделей (РЯД-1, РЯД-2, РЯД-3), различающихся показателями, приведенными в табл. 3.1.

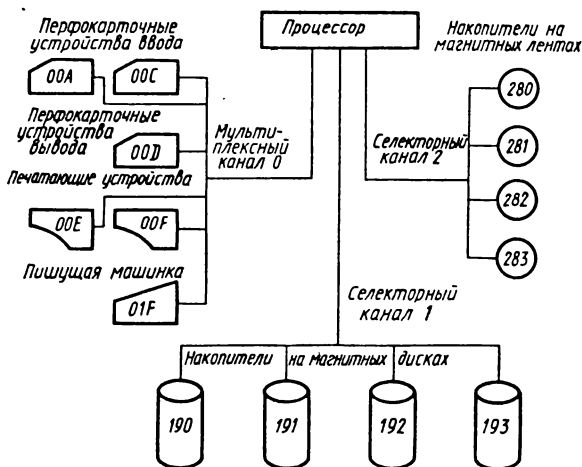
Таблица 3.1

Показатели	Значения показателей для машин различных моделей		
	ЕС-1020, ЕС-1030, ЕС-1050, ЕС-1022 ЕС-1033	ЕС-1035, ЕС-1045, ЕС-1060, ЕС-1061, ЕС-1065	ЕС-1036, ЕС-1046, ЕС-1066
Быстродействие, оп./с.	10^4 — $5 \cdot 10^5$	10^5 — $5 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^5$ и более
Емкость оперативной памяти, К байт	64—1024	512—8192	2048—16 324
Пропускная способность каналов, К байт/с:			
- мультиплексных	14—110	40—110	—
- селекторных	200—1300	740—3000	—
Площадь машинного зала, м ²	100—250	120—350	—
Потребляемая мощность, кВт · А	21—75	30—150	—

Универсальность вычислительных систем заключается в возможности решения разнообразных задач широкого круга пользователей. Они имеют большие наборы команд, развитое системное программное обеспечение, включающее трансляторы языков программирования Ассемблер, ФОРТ-РАН, ПЛ/1, КОБОЛ, АЛГОЛ, ПАСКАЛЬ, операционные системы с различными функциональными возможностями.

Модели ЕС ЭВМ имеют различные производительности (табл. 3.1) и функциональные возможности, однако у них обеспечивается программная совместимость по принципу "снизу вверх". Это значит, что программы, выполняющиеся на моделях с меньшими функциональными возможностями, можно перенести на более "старшие" модели и выполнить в них.

На рис. 3.1 представлена структура конфигурации ЕС ЭВМ. К процессору с ОЗУ 512 К байт подключены три канала — один мультиплексный и два селекторных. К мультиплексному каналу подключены медленно работающие устройства — устройства ввода с перфокарт (адреса 00А, 00С) и вывода на перфокарты (адрес 00D), пишущие ма-



Р и с. 3.1

шинки (01E), АЦПУ (00E, 00F). К селекторным каналам подключены быстро работающие устройства — накопители на магнитных дисках и лентах.

Адреса устройств формируются из номера канала и номеров устройств (шестнадцатеричные числа от 00 до FF). Например, адрес накопителя на магнитном диске 190 формируется из цифр, имеющих следующие значения: 1 — номер селекторного канала, 90 — номер данного накопителя.

Процессор обеспечивает выполнение арифметических и логических операций, обращение к основной памяти, управление выполнением команд программы, инициализацию обмена данными между памятью и внешними носителями через устройства ввода-вывода и каналы. Он включает в себя центральное устройство управления, арифметическо-логическое устройство, быстродействующее запоминающее устройство на 20 регистрах (16и32-разрядных регистров — общие, четыре 64-разрядных регистра для обеспечения выполнения арифметических операций над числами с плавающей точкой), блок управления оперативной памятью, устройства для связи процессора с периферийными устройствами, пульт управления. Процессоры в

моделях ЕС ЭВМ имеют быстродействие от 20 тыс. оп./с (ЕС-1020) до 1 млн. оп./с (ЕС-1060). В основном быстродействие определяется принципом построения процессоров моделей.

В моделях ранних выпусков (ЕС-1020) использованы 8- и 16-разрядные регистры, в ЕС-1030 — 32-разрядные. Увеличение разрядности регистров способствовало повышению быстродействия путем уменьшения числа обращений к памяти для выборки команд. Кроме того, в моделях более поздних выпусков (ЕС-1050, ЕС-1060) применен схемный принцип управления в отличие от микропрограммного управления в моделях ранних выпусков, что также способствовало повышению быстродействия процессоров. Но при этом усложнялась аппаратура машин и, следовательно, повышалась их стоимость.

О п е р а т и в н а я п а м я т ь ЕС ЭВМ большинства моделей построена на полупроводниковых элементах и представляет собой последовательность битов. Объем памяти у моделей разный. Единицей памяти, используемой при обмене между процессорами и оперативной памятью, является байт. В машинах ЕС ЭВМ байты обрабатываются отдельно или упорядоченными совокупностями — полями. Поле из двух байтов составляет полуслово, из четырех — слово, из восьми — двойное слово.

К а н а л ы обеспечивают связь между процессором и устройствами ввода-вывода. Количество каналов может быть от двух у младших моделей ЕС ЭВМ до 16 у старших моделей. Селекторный канал работает с одним устройством ввода-вывода до тех пор, пока не завершится передача данных. Другим устройствам ввода-вывода запрещается в это время использовать селекторный канал. Несколько каналов могут работать одновременно, причем каждый с назначенным ему быстродействующим устройством ввода-вывода (магнитные диски, магнитные ленты). Мультиплексный канал работает с одним либо с несколькими устройствами ввода-вывода одновременно. К мультиплексному каналу подключаются медленно работающие устройства ввода-вывода: считывающие устройства с перфолент и перфокарт, перфораторы лент и карт, печатающие устройства, теле-тайпы, читающие устройства с бланков. С помощью селекторных и мультиплексных каналов подключаются к процессору до 256 внешних устройств.

По существу, канал — специализированный процессор ввода-вывода. В его состав входят запоминающие устрой-

ства (буферная память) и логические схемы, выполняющие упаковку и распаковку данных, передачу данных из внешнего устройства в оперативную память, и наоборот. (Передача данных из одного внешнего устройства в другое производится через оперативную память.) Канал работает под управлением канальной программы, которая хранится в специальной области оперативной памяти ЭВМ.

Основные функции канала следующие: прием команд управления работой канала из процессора, адресация внешнего устройства, выборка командного слова канала из канальной программы, выполнение действий, определяемых в командных словах канала, установка и прием управляющих сигналов, передача информации между оперативной памятью и внешним устройством, прием и анализ информации о внешних устройствах и т.д.

Внешние устройства подключаются к каналам через стандартный интерфейс и устройства управления внешними устройствами (контроллерами). Интерфейс осуществляет электрическую связь между каналом и контроллером. Контроллер выполняет управление обменом для группы внешних устройств одного типа. Каждая модель ЕС ЭВМ имеет базовый набор внешних устройств, которые поставляются потребителю одним комплектом. Например, ЕС-1050 имеет следующий количественный состав внешних устройств: 5 накопителей на магнитных дисках, 8 накопителей на магнитных лентах, 2 контроллера для дисков и лент соответственно, 2 устройства ввода с перфокарт, 1 устройство ввода с перфолент, 1 устройство вывода на перфокарты, 1 устройство вывода на перфоленты, 2 пишущих машинки, 2 устройства подготовки данных на перфокартах и перфолентах, 1 алфавитно-цифровой и графический экранный пульт (дисплей). Как уже отмечалось, ЭВМ ЕС имеет техническую возможность изменять количество и номенклатуру внешних устройств, наращивать оперативную память.

Для общения оператора с ЭВМ используется пишущая машинка — обязательный компонент базового набора внешних устройств. С помощью клавиатуры оператор передает в ЭВМ управляющую информацию и получает на машинке различного рода справочную информацию. Дисплеи имеют большую скорость обмена информацией с ЭВМ, чем пишущая машинка, и в настоящее время чаще используются.

Системное программное обеспечение ЕС ЭВМ. Программное обеспечение ЕС ЭВМ содержит наборы операционных систем и программ технического обслуживания. Основные операционные системы — ДОС ЕС и ОС ЕС, причём ОС ЕС имеет большие возможности для пользователей.

ЭВМ начинает выполнять расчёты или другие действия после того, как операционная система получит задание от пользователя. *Задание* — основная независимая единица работы — описывается с помощью управляющих операторов специального языка управления заданиями. Имеются несколько типов операторов: задания, выполнения, описания данных, процедуры и др.

О п е р а т о р з а д а н и я имеет имя и несколько параметров, определяющих возможности выполнения задания при аварийных ситуациях, присвоения приоритетов заданию и т.д.

О п е р а т о р в ы п о л н е н и я определяет шаги в задании и программы, выполняющиеся на каждом шаге. (Шаг задания — составная часть задания, выполняется самостоятельно. При выполнении программы на ЭВМ шагами могут быть трансляция, редактирование программы и т.п.) Оператор выполнения имеет параметры для управления выполнением шага задания.

О п е р а т о р о п и с а н и я д а н н ы х содержит форматы данных.

О п е р а т о р п р о ц е д у р ы определяет последовательность нескольких заданий, оформленных в виде одной процедуры, хранящейся в библиотеке системы.

Несколько заданий могут быть сгруппированы в пакет, который образует *входной поток заданий*. Часть операционной системы, постоянно находящаяся в оперативной памяти, называется *ядром системы*. Часть программ операционной системы вызывается в память только для выполнения определённых функций и не хранится там постоянно.

Ряд функций операционных систем ЭВМ ЕС совпадает с функциями операционных систем ПЭВМ (см. гл. 2), поэтому в данном параграфе они не рассматриваются.

На ЭВМ ЕС задачи решаются в одно- или мультипрограммном режиме. В мультипрограммном режиме в оперативной памяти хранится несколько одновременно выполняемых программ. Память, предоставляемая программам, заранее при постановке операционной системы на ЭВМ делится на разделы. Число таких разделов зависит от ресурсов ЭВМ и операционной системы и колеблется от 3 до 15 в зависимости от мощности системы. Предусматриваются специальные меры для защиты памяти разделов при обращении к ним программ, выполняемых в других разделах. Каждый раздел памяти имеет свой приоритет и каждому разделу предписывается определённый входной поток заданий, а также наборы внешних устройств.

Операционная система (ОС) ЕС. Эта система обеспечивает эксплуатацию практически всех моделей ЕС ЭВМ; ОС ЕС размещается на магнитных дисках. Для выполнения заданий под руководством ОС ЕС требуется наличие у ЭВМ ёмкости оперативной памяти не менее 256 К байт.

С помощью ОС ЕС осуществляется пакетная обработка, удаленная пакетная обработка, режим разделения времени, диалоговые режимы, режим работы в реальном масштабе времени.

Пакетная обработка заданий предусматривает обработку потока заданий в порядке их следования. В случае использования режима пакетной обработки с мультипрограммированием одновременно в каждом разделе памяти выполняется одно задание.

Удаленная пакетная обработка обеспечивает обработку заданий на абонентских пунктах, связанных через модемы телефонными, телеграфными или другими каналами связи с ЭВМ. В состав абонентских пунктов входят

устройства для ввода потоков заданий, а также устройства для вывода результатов счета в ЭВМ. Обработка потоков заданий осуществляется как в однопрограммном, так и в мультипрограммном режимах работы. Режим мультипрограммирования в ОС ЕС устанавливается при генерации системы с фиксированным и переменным числом задач. Максимальное количество одновременно выполняемых задач не превышает 256.

Режим разделения времени характеризуется тем, что для каждого задания выделяется определенный промежуток времени — квант. После окончания промежутка времени одного задания выделяется очередной промежуток времени для следующего задания, находящегося в очереди, и т.д. Задания, находящиеся в очереди, имеют одинаковый приоритет. Величину промежутка времени задают при генерации ОС. Если задание не выполняется в течение выделенного ему времени, то промежуточные результаты решения задачи в данном задании сохраняются и при следующем кванте времени выполнение задания продолжается. Если задание не выполняется, то оно находится во внешней памяти; при полечении кванта времени задание переписывается в оперативную память и затем выполняется. Режим разделения времени используется для обслуживания удаленных абонентских пунктов.

Операционная система ОС ЕС имеет программные средства и методы, обеспечивающие реализацию *диалоговых режимов работы*. Наиболее широко используются для диалога дисплеи (ЕС ЭВМ имеет дисплейные комплексы ЕС-7906, ЕС-7920, ЕС-7905).

Режим работы в реальном масштабе времени используется в тех случаях, когда данные для обработки поступают в ЭВМ от объекта (производственный, исследовательский и т.д.) по каналам связи и обрабатываются в определенные промежутки времени, а результаты используются для управления объектом. В таком режиме работы ЭВМ находится в постоянной готовности к приему информации. Кроме того, время реакции ЭВМ укладывается в отведенные для этого промежутки времени. Для обеспечения работы с объектом используется специальная аппаратура сопряжения.

Для реализации перечисленных режимов работы ОС ЕС имеет большой набор системных программ и специальных методов доступа.

Структура ОС ЕС представлена на рис. 3.2.

Семейство системы малых ЭВМ (СМ ЭВМ). Появление управляющих вычислительных комплексов (УВК) в конце 60-х годов на базе миниЭВМ, а затем микропроцессорной техники в 70-х годах определило новые подходы к построению систем управления, сбора и обработки информации. Системы по мере развития УВК становились более мобильными, адаптируемыми к появляющимся новым функциям, надежными. Наметилась тенденция к снижению их стоимости, децентрализации вычислительных средств в процессах управления и обработки информации.

Система миниЭВМ, известная как СМ ЭВМ, получила широкое распространение. В состав этого семейства входят СМ-1 и СМ-2 на базе процессоров СМ-1П и СМ-2П, СМ-3 и СМ-4 на базе процессоров СМ-3П и СМ-4П, СМ1300 и СМ1420 на базе процессоров СМ2300 и СМ2420 и другие системы. Производительность процессоров составляет от

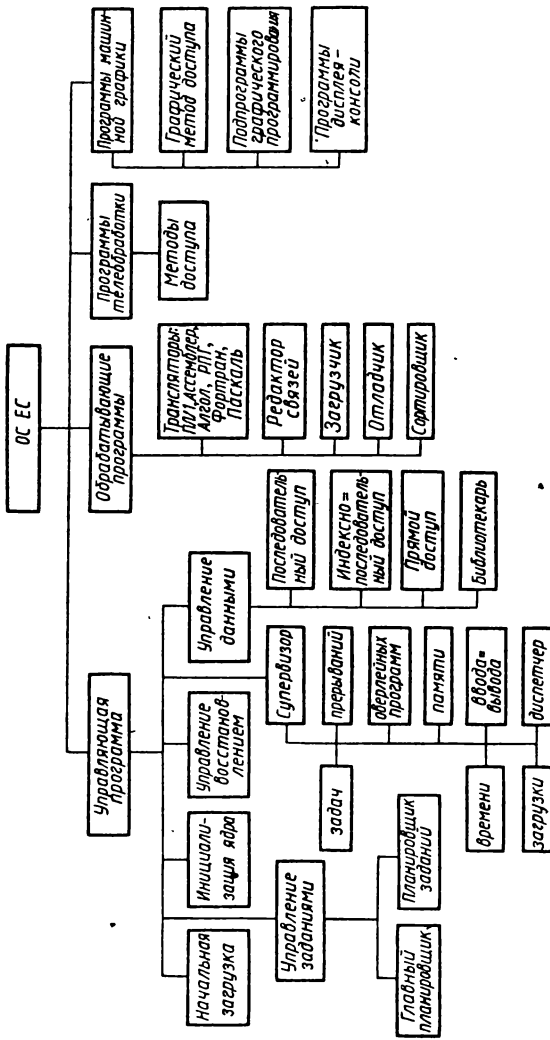


Рис. 3.2

200 тыс. оп./с до 1 млн. оп./с. Имеется много периферийных устройств, используемых в УВК различных назначений. Основные особенности СМ ЭВМ — наличие интерфейса «общая шина»(ОШ), создание многопроцессорных и многомашинных систем, обработка данных с форматами различных длин, высокая скорость обработки прерываний.

Модели более позднего выпуска СМ1300 и СМ1420 превосходят СМ -3 и СМ-4 по производительности и другим характеристикам, хотя по своей архитектуре они совместимы с СМ-3 и СМ-4. Производительность процессора комплекса СМ-4 превышает производительность комплекса СМ-3 в четыре раза, а также имеет развитые системные возможности.

Рассмотрим более подробно комплекс СМ1420, применяемый в системах управления технологическими процессами; сбора, подготовки и обработки данных; автоматизации научных экспериментов; измерительных; автоматизации научно-технических и экономических расчетов; в сетях ЭВМ.

Технические характеристики комплекса. *Процессоры:* центральный и сопроцессор с плавающей запятой, способ обработки информации — параллельный, принцип организации управления — микропрограммный, быстроедействие при выполнении команд с фиксированной запятой типа «регистр-регистр» — 1 млн. оп./с, формат команд — безадресный, одноадресный и двухадресный, разрядность данных с фиксированной запятой — 8, 16 и 32 разряда, с плавающей запятой — 32 и 64 разряда.

Память: емкость ОЗУ — 256 К байт с возможностью расширения до 1 М байт.

Внешняя память: магнитные диски — 4,9 и 10 М байт, сменные магнитные диски — 20 и 48 М байт, гибкие магнитные диски — 256 К байт, магнитные ленты — 4 накопителя.

Дисплеи: от 1 до 8 шт.

Печатающие устройства: скорость вывода до 500 строк/мин.

Мультиплексор передачи данных: обеспечивает обмен данными между УВК и 16 удаленными терминалами.

Устройство сопряжения вычислительных машин используется для организации многомашинных иерархиче-

ских комплексов на базе ЕС ЭВМ в качестве центральных машин и СМ1420 в качестве периферийной машины.

Устройство ввода данных в УВК с датчиков объекта и вывода данных на объект обеспечивает 50 000—200 000 преобразований сигналов в секунду.

Из набора перечисленных внешних устройств, процессоров, модулей памяти комплектуются 9 типовых комплексов СМ1420.

Программное обеспечение СМ ЭВМ. В состав программного обеспечения СМ ЭВМ входят операционные системы различных назначений и пакеты прикладных программ. В свою очередь, операционные системы по назначению подразделяются на системы общего назначения, реального времени и разделения времени.

Использовать все операционные системы, основными из которых являются РАФОС и ОС РВ позволяет УВК СМ1420.

На применение в комплексах, в состав которых входят несколько процессоров, ориентирована РАФОС. На базе этой системы строятся комплексы для решения задач реального времени. При этом обеспечивается многопользовательская работа в режиме разделения времени. Используемые языки программирования — ФОРТРАН, БЕЙСИК, ДИАСП, ПАСКАЛЬ, КОБОЛ, Макроассемблер.

Решение разнообразных задач, включая задачи управления в реальном масштабе времени, обеспечивает ОС РВ.

Большинство функций операционных систем ДОС ЕС и ОС ЕС, такие, как мультипрограммирование, телеобработка, динамическое распределение памяти, диалоговый режим работы и т.д., реализуется операционными системами СМ ЭВМ.

В состав программного обеспечения УВК на базе СМ ЭВМ входит большое количество пакетов прикладных программ, ориентированных на ведение банков данных, управление базами данных, реализацию математических методов обработки данных (численный анализ, математическая статистика, оптимизация, сетевое планирование), научно-технические расчеты и т.д.

3.2. Диалоговые системы коллективного пользования

Современные системы коллективного пользования (СКП) позволяют пользователям непосредственно общаться с ЭВМ на языке, близком к естественному, вводить

информацию и быстро получать результаты ее обработки. Диалоговый режим использования ЭВМ сокращает расходы на установление контакта человека с ЭВМ, позволяет объединить высокое быстродействие и точность, присущие ЭВМ, с гибкостью мышления и способностью человека оперативно принимать решения в сложных ситуациях.

Имеется несколько широко распространенных СКП. В них в качестве технических средств для общения пользователей с вычислительной системой используются дисплеи. Работа пользователя в системе в диалоговом режиме практически идентична работе за терминалом ПЭВМ. Она обеспечивается соответствующими программными средствами СКП. Как правило, СКП включают в себя текстовые редакторы, сервисные программы по организации и ведению библиотек программ, средства общения на естественном языке и др. Совокупность средств СКП позволяет определенной категории пользователей (учащимся, профессионалам-непрограммистам и др.) работать с вычислительной системой, не зная операционную систему ЭВМ. Однако разработчикам системного программного обеспечения, инструментальных программных систем и другим обязательно знание операционных систем. Подробнее работа пользователей в СКП рассмотрена в параграфе 3.3.

Система ПРИМУС. Основные функции системы заключаются в обеспечении одновременной и независимой работы группы пользователей, получающих доступ к ресурсам вычислительной системы через алфавитно-цифровые дисплеи. Система позволяет обслуживать одновременно до 256 пользователей. Каждый пользователь использует вычислительные ресурсы как в режиме разделения времени, так и в пакетном режиме. Система организована на базе ЕС ЭВМ с алфавитно-цифровыми дисплейными станциями, работает под управлением ОС ЕС. Дисплейные комплексы ЕС-7906 устанавливаются в помещении, находящемся на расстоянии до 500 м от ЭВМ.

В р е ж и м е р а з д е л е н и я времени пользователь инициирует загрузку и выполнение произвольной программы. Система предоставляет специальные программные средства ввода-вывода, которые управляют обменом информацией с дисплеем и предназначаются для написания диалоговых программ на различных языках программирования.

В состав системы входит стандартный набор диалоговых программ, называемых *функциональными программами*

(ФП). Каждой ФП ставится в соответствие команда, с помощью которой эта программа вызывается для выполнения. Полный перечень команд и соответствующих им ФП образуют список команд системы. Команды представляют собой средства ввода и редактирования программ и данных, управления личными наборами данных, запуска программ в режиме разделения времени или заданий в пакетном режиме.

П а к е т н ы й р е ж и м работы обеспечивается стандартными средствами ОС ЕС. При этом командные средства системы позволяют оформить и передать задания на выполнение в пакетном режиме, проследить за ходом прохождения заданий в системе и получить на экране дисплея результаты выполнения заданий.

У пользователя, общающегося с системой с помощью дисплея, создается иллюзия монопольного использования ресурсов ЭВМ. ПРИМУС не обладает собственными средствами разделения ресурсов основной памяти. Это решается в общем виде в ОС ЕС. Пользователь инициирует выполнение как диалоговой, так и произвольной программы.

В системе ПРИМУС имеется подсистема защиты от несанкционированного доступа пользователей, регламентирующая доступ всех пользователей к системе и ее функциональным возможностям, к личным наборам данных. В справочнике системы содержится информация о пользователях, имеющих право доступа к системе. Пользователи разделяются на три категории: просто пользователь, администратор, системный программист. Права и возможности каждого пользователя зависят от статуса, приписанного ему в справочнике.

Система ЭКСПРЕСС. Обеспечивает выполнение в пакетном или диалоговом режиме следующих функций:

- ввод в библиотеку системы и редактирование текстов программ на языке ФОРТРАН, а также исходных данных;
- трансляцию исходных программ и их выполнение;
- хранение в библиотеке результатов трансляции и выполнения программ;
- вывод на экран пользователя или на АЦПУ результатов трансляции и выполнения программ;
- получение справочной информации о выделенных ресурсах и т.п.

Система обеспечивает одновременную работу до 60 пользователей на конфигурации ЭВМ ЕС с емкостью 1 М байт.

Время реакции системы в режиме редактирования программы составляет 0,5 с, время трансляции программы объемом 50 операторов составляет 1-2 с.

Система коллективного пользования ЭКСПРЕСС эффективно используется в учебных заведениях. За час работы в системе на базе ЭВМ ЕС-1033 можно выполнить до 1000 учебных студенческих заданий на языке ФОРТРАН (50-100 операторов). Сообщения системы и транслятора достаточно подробны и понятны для обучаемых.

Система ФОКУС. Система рассчитана на широкий круг пользователей, в том числе и не имеющих практики программирования на алгоритмических языках.

В основу системы ФОКУС положен принцип эффективного обслуживания запросов пользователей. При запуске системы начинает работать инициатор задач, который после распределения ресурсов каждому пользователю переходит в режим ожидания. При появлении сигнала ВНИМАНИЕ от дисплея пользователя обработчик прерываний посылает сигнал соответствующему модулю, который приступает к обработке поступившего запроса. После окончания обработки запроса модуль снова переходит в режим ожидания.

В оперативной памяти постоянно находятся только управляющие модули системы, все остальные модули системы (целевые) загружаются по мере необходимости. Исходя из требований быстродействия системы, для каждого дисплея в оперативной памяти выделяется буфер в объеме экрана и область для управляющих блоков (всего 1,5 — 2 К байт).

Система ФОКУС имеет средства для обслуживания удаленных абонентских пунктов — терминальных станций.

В системе имеется несколько разделов, позволяющих выполнять различные виды работ. Наиболее широко используемый раздел программистов обеспечивает выполнение следующих функций:

- формирование символьных библиотек и наборов данных;
- редактирование программ и просмотр на экране результатов выполнения заданий;
- формирование очереди выполнения заданий;

— просмотр на экране содержимого оперативной памяти магнитных дисков и изменения их;

— вывод результатов выполнения заданий на устройствах печати и т.д.

В других разделах системы можно работать с обучающими программами, базой данных.

Для работы системы используются ЭВМ ЕС-1022 и старшие модели с объемом оперативной памяти не менее 256 К байт и набором периферийных устройств. В состав терминального оборудования входят дисплейные комплексы ЕС-7906, локальные дисплейные комплексы ЕС-7920-01 и удаленные дисплейные комплексы ЕС-7920-11. Допускается использование ОС ЕС различных версий. Максимальное число пользователей определяется объемом оперативной памяти из расчета 1,5 К байт на один дисплей плюс 20 К байт для управляющих модулей и 20 К байт для динамического распределения памяти буферов и целевых модулей.

Кроме перечисленных СКП на базе ЕС ЭВМ имеется также ряд систем на базе ЭВМ типа СМ ЭВМ, БЭСМ-6, обеспечивающих коллективный доступ многих пользователей к вычислительным ресурсам. В сравнении с автономными ЭВМ СКП представляет, несомненно, шаг вперед в отношении рационального применения ЭВМ. За счет более полного использования ресурсов уменьшаются затраты на приобретение новых ЭВМ, сокращается эксплуатационный персонал, экономится площадь вычислительных центров и т.д.

3.3. Многомашинные и многопроцессорные вычислительные системы

Основные преимущества вычислительных систем перед однопроцессорными ЭВМ — более высокая достоверность результатов обработки данных, надежность и производительность систем. Повышение производительности достигается путем распределения алгоритма решения задач (распараллеливание вычислительного процесса) между несколькими связанными между собой процессорами или машинами.

Комплексообразование систем. Вычислительные системы различаются по назначению, режимам работы, способу управления компонентами системы, типам ЭВМ, территориальному признаку, видам связи и др.

По **н а з н а ч е н и ю** вычислительные системы разделяются на *универсальные* и *специализированные*.

Комплексирование многомашинной вычислительной системы осуществляется на основе оперативной памяти, внешних устройств, каналов ЭВМ.

При *комплексировании на основе оперативной памяти* устанавливается связь двух процессоров и более с одним устройством оперативной памяти. При *комплексировании на основе каналов* устанавливаются связи между селекторными каналами ЭВМ, при этом одна ЭВМ является как бы внешним устройством другой ЭВМ. Для организации такой связи используется дополнительное устройство — адаптер канал — канал. При *комплексировании на основе внешних устройств* к одному из внешних устройств подключаются два процессора и более. Если в качестве внешних устройств используется запоминающее устройство, то тем самым расширяется внешняя память для каждой ЭВМ. Возможно *комплексирование на основе прямой связи между устройствами управления несколькими процессорами*. При этом одна из ЭВМ определяется как центральная и управляет другой ЭВМ. *Комплексирование на основе аппаратуры передачи данных* позволяет в вычислительной сети осуществлять обмен данными между центральной ЭВМ и абонентскими пунктами.

Операционная система ЕС обеспечивает двухпроцессорную систему с общим полем оперативной памяти для моделей ЕС-1030, ЕС-1040 и ЕС-1050, а также имеет средства для комплексирования многомашинных комплексов на основе каналов, периферийной внешней памяти, прямого управления. Используя указанные программные средства, можно создавать многомашинные вычислительные системы для решения разнообразных задач в различных отраслях народного хозяйства.

По **р е ж и м а м р а б о т ы** вычислительные системы называются *однопрограммными* и *многопрограммными*, когда все устройства системы используются для выполнения соответственно одной программы или нескольких одновременно выполняемых программ (пакетная обработка, разделение времени).

По **с п о с о б у у п р а в л е н и я** вычислительные системы делятся на *централизованные* и *децентрализованные*. В централизованных системах имеется центральная ЭВМ (диспетчер), управляющая работой всех других ЭВМ в процессе решения задач. В децентрализованных системах функции управления распределены между ЭВМ.

По **т и п а м ЭВМ** вычислительные системы являются *однородными* и *неоднородными*. В неоднородных системах центральной ЭВМ чаще всего является более производительная ЭВМ типа ЕС ЭВМ или СМ ЭВМ, а периферийными — микроЭВМ.

По **т е р р и т о р и а л ь н о м у п р и з н а к у** вычислительные системы различаются способом передачи информации. Информация передается от одного ус-

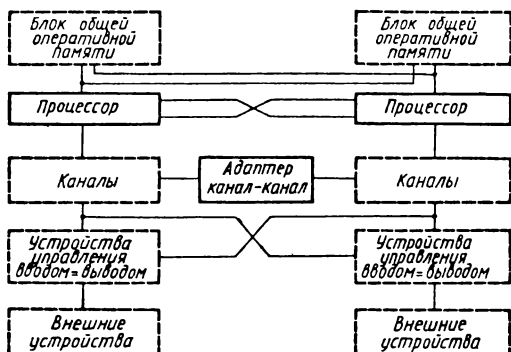


Рис. 3.3

тройства к другому по каналам связи с применением телефонных или телеграфных линий либо с помощью проводной связи между устройствами, находящимися на небольших расстояниях друг от друга.

На рис. 3.3 приведена схема двухмашинной системы, включающей в себя несколько видов связей. В вычислительной системе (комплексе) ВК-1010 на базе двух машин модели ЕС-1033 используются эти виды связей.

Комплекс обеспечивает доступ каждого процессора к различным блокам оперативной памяти, обмен управляющей информацией через каналы прямого управления, обмен информацией с помощью адаптера канал — канал, подключение внешних запоминающих устройств к любой машине. Комплекс работает в нескольких режимах, при этом одна машина является основной, а другая — резервной. Резервная ЭВМ одновременно дублирует работу основной ЭВМ или выполняет другую программу, находится в профилактическом режиме или в состоянии ремонта. В случае выхода из строя основной ЭВМ резервная переключается на выполнение ее программы.

Имеются также двухмашинные вычислительные комплексы на базе ЕС-1045, ЕС-1060.

В вычислительных комплексах в зависимости от области применения ЭВМ используются по-разному. Так, в системах коллективного пользования одна ЭВМ является центральной, она распределяет потоки задач между другими ЭВМ, ведет анализ их загруженности. В информационно-справочных системах ЭВМ работают, не обмениваясь

информацией между собой; одна из машин находится в резерве. В системах реального времени, не связанных с управлением сложных устройств, объектов, например, в автоматизированной системе продажи железнодорожных билетов одна из ЭВМ может постоянно находиться в резерве. В системах управления аппаратными комплексами, наоборот, требуется параллельная работа, например, двух ЭВМ, так как выдача неправильной команды или перерыв в управлении комплексом приводит к неустранимым последствиям.

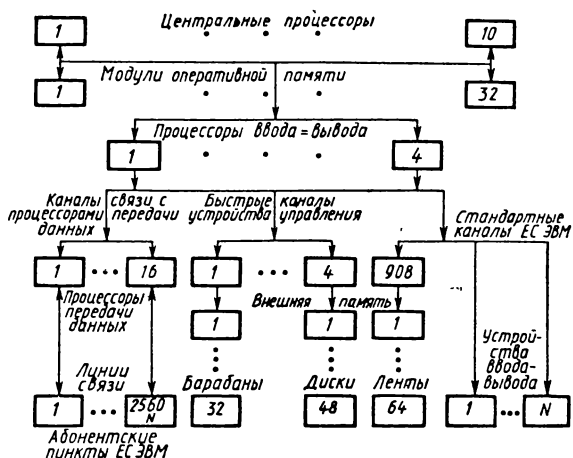
Многопроцессорные системы. Для решения ряда задач, требующих высокого быстродействия вычислительных операций, исчисляемых в миллионах операций в секунду, как, например, управление аэропортом, расчет вариантов экономических планов и др., лучше применять не многомашинные, а многопроцессорные вычислительные системы. В многомашинной системе каждая ЭВМ управляет своей операционной системой, имеет оперативную память и периферийные устройства. В многопроцессорной системе работа всей системы управляется единой операционной системой, а оперативная память и периферийные устройства находятся в общем пользовании нескольких процессоров.

Связь компонентов в многопроцессорной вычислительной системе бывает радиальная, древовидная, магистральная, матричная и др.

В системах с *радиальной и древовидной структурами* внутренних связей функциональных модулей производительность увеличивается с ростом числа процессоров в системе. При этом решаемая задача разделяется на определенное число подзадач, выполняемых процессорами параллельно. В системах с *магистральной (последовательной) структурой* процессоры соединяются таким образом, что информация на выходе одного процессора является входной информацией для другого процессора и т.д. При этом каждая команда разбивается на несколько шагов, выполняемых отдельными процессорами. После выполнения первого шага команды первый процессор приступает к выполнению первого шага второй команды и т.д. Наиболее часто используются многопроцессорные системы с *магистральной и матричной структурами*. Объединение в систему нескольких процессоров, так же как и ЭВМ, производится на основе процессоров с общей оперативной памятью и процессоров с прямым управлением.

На рис. 3.4 представлена структура многопроцессорного вычислительного комплекса «Эльбрус-1» с производительностью 1,5 - 15 млн. оп./с. Производительность повышается наращиванием числа центральных процессоров от 1 до 10 и дополнительных (1 — 4 процессора ввода-вывода, 1 — 16 процессоров передачи данных). Оперативная память содержит 4 — 32 модуля (от 64 К до 512 К 72-разрядных слов), внешняя память: 4 — 48 накопителей на магнитных дисках, 2 — 32 накопителей на магнитных барабанах, 4 — 64 накопителей на магнитных лентах. Число терминалов: 1 — 8 алфавитно-цифровых и графических дисплеев (ЕС-7064), 1 — 32 алфавитно-цифровых дисплеев (ЕС-7096). К комплексу могут подключаться и другие устройства ввода-вывода и подготовки данных.

«Эльбрус-1» имеет модульную структуру. Каждый модуль имеет встроенную диагностику, которая при обнаружении неисправности оповещает систему реконфигурации, последняя автоматически исключает модуль из состава комплекса и восстанавливает прерванный вычислительный процесс.



Р и с. 3.4

«Эльбрус-1» используется в высокопроизводительных информационно-вычислительных и управляющих системах, системах реального времени, а также в вычислительных центрах коллективного пользования в режиме разделения времени.

В составе системного программного обеспечения «Эльбрус-1» имеются трансляторы с языков «Автокод Эльбрус», ФОРТРАН, АЛГОЛ — 60 и др.

Специальный процессор СВС-1, подключаемый к комплексу вместо любого из десяти процессоров, обеспечивает программную совместимость с программами БЭСМ-6. Производительность его 3 млн. оп./с.

Особенности структуры центральных процессоров — наличие безадресной системы команд, организация параллельных процессов, динамическое распределение оперативной памяти и сверхоперативных регистров и др. Время выполнения операций сложения, умножения, деления 42-разрядных чисел с плавающей запятой составляет соответственно 0,85 мкс; 0,84 мкс; 2,96 мкс.

Процессоры ввода-вывода обеспечивают обмен данными оперативной и внешней памяти, устройств ввода-вывода и абонентских пунктов.

Процессоры передачи данных обеспечивают взаимодействие «Эльбрус-1» с абонентскими пунктами, ЭВМ ЕС и СМ ЭВМ, вычислительными сетями и др. Возможно подсоединение до 160 линий связи, включая телефонные и телеграфные.

Для универсального использования разработаны четыре типовые комплектации в одно-, двух- и десятипроцессорном исполнении.

«Эльбрус-1» по элементной базе относится к ЭВМ третьего поколения, а «Эльбрус-2», построенный на БИС, — к ЭВМ четвертого поколения. Производительность его свыше 100 млн. оп./с.

Сети ЭВМ. Развитие вычислительной техники, внедрение ее во все сферы человеческой деятельности, усложнение форм управления народным хозяйством из-за необходимости участия в них коллективов, удаленных друг от друга, потребность в оперативном использовании информации, хранящейся на других ЭВМ или вычислительных системах, расширение круга пользователей вычислительных средств — основные причины, побудившие объединять отдельные ЭВМ и вычислительные системы в сети. Предпосылкой их создания явилась разработка аппаратных и программных средств для реализации телеобработки данных в вычислительных системах, а также разработка локальных вычислительных сетей.

Локальные вычислительные сети (ЛВС) охватывают небольшие территории в пределах учреждения, учебного заведения и т.п. и имеют физическую связь (проводное соединение ЭВМ) — обычно общий канал, через который передаются сообщения между ЭВМ. С помощью средств ЛВС пользователь со своей ЭВМ имеет возможность обращаться к другим машинам за данными, программами и использовать их в работе. По существу, ЛВС представляет собой систему распределенной обработки данных. В последнее время в качестве ЭВМ в сетях используются микроЭВМ, что позволяет приблизить их непосредственно к источникам информации, устанавливать на рабочих местах пользователей.

Примерами ЛВС, серийно изготавливаемых промышленностью, являются "Эстафета", кольцевая ЛВС ДВК.

ЛВС "Эстафета" состоит из нескольких станций, объединенных в кольцо. Станция представляет собой микропроцессорную систему и содержит следующие узлы: 8-битовый микропроцессор, ОЗУ емкостью 4 К байт, ПЗУ емкостью 4 К байт, схему выхода в кольцо, контроллер стыка С2. Максимальное число станций в сети 125. К-станции подключаются ЭВМ, имеющие стык С2 (стандартизованная схема внешнего интерфейса). Скорость передачи данных между станциями 125 К бит/с. Обмен информацией между ЭВМ пользователя и станцией осуществляется через стык С2 со скоростью 300 — 9600 бит/с.

Технические характеристики кольцевой ЛВС ДВК следующие :

Топология — кольцо

Тип объединяемых ЭВМ — микроЭВМ типа ДВК

Скорость передачи данных — 57600 бит/с

Количество ЭВМ в сети — 62
Расстояние между ЭВМ — не менее 15 м
Физический канал связи — витая пара проводов

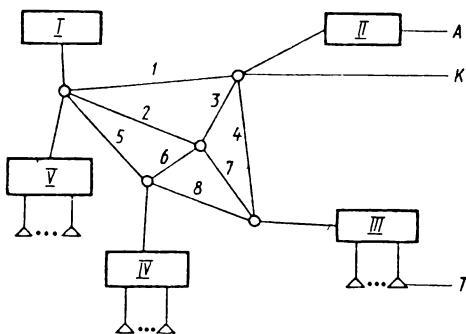
Кольцевая ЛВС ДВК используется в учебных классах вузов, техникумов, школ. В классах одна микроЭВМ с подсоединенными к ней печатающим устройством и накопителями на магнитных дисках закрепляется за преподавателем, а другие микроЭВМ — на рабочих местах учащихся.

Ряд принципов, определяющих управление доступом к локальной сети, способы соединения ЭВМ и организации обмена сообщениями, получил распространение и развитие в больших вычислительных сетях, предназначенных для охвата территории регионов страны и всей страны в целом.

Имея доступ к сети ЭВМ, пользователь может решать задачу, например, на своей ЭВМ, включенной в сеть, а исходной, справочной информацией пользоваться из банков данных других машин; и наоборот — для вычислений использовать программы и ЭВМ, имеющиеся в сети, а результаты вычислений получать на своем терминале. Такое использование объединенных вычислительных ресурсов, распределенных на большой территории, непосредственно на рабочем месте — мечта каждого пользователя.

Вычислительные машины в сети выполняют разные функции. Одни ЭВМ выполняют все необходимые вычисления, поиск информации и т.д., другие — только преобразование и передачу информации от одной машины к другой. Одни называются *абонентскими*, другие — *коммуникационными*. На рис. 3.5 представлена одна из структур сети ЭВМ. Коммуникационные ЭВМ (К) соединены каналами, с помощью которых устанавливается связь между абонентскими ЭВМ. Например, пользователь с одного из терминалов (Т) абонентской ЭВМ IV (А) может обратиться к абонентской ЭВМ II при свободных каналах связи 6 и 3, а если они заняты для других пользователей, то с помощью 8 и 4 или 5, 2, 3 и т.д.

Передача сообщений в сетях осуществляется несколькими способами. Один из перспективных и используемых в сетях способов — способ коммутации пакетов. Сети с таким способом передачи сообщений называются *сетями коммутации пакетов*. Все сообщения перед их передачей разбиваются на короткие пакеты, а они в местах приема формируются снова в размерах сообщения. Как только пакет образуется, он отправляется в свободный канал. В узлах коммутации коммутационная ЭВМ расшифровывает адреса приемника и источника информации, преобразует при необходимости пакет сооб-



Р и с. 3.5

щений в форму, приемлемую для приемника, и отправляет пакет в свободный канал связи, связывающий с приемником напрямую через другой узел коммутации.

В некоторых сетях используется способ коммутации каналов. Недостатком его является то, что соединение, образованное каналами, например 6 и 3 из предыдущего примера, должно оставаться постоянным (занятым) на все время работы абонентских ЭВМ IV и II.

Объединение в сеть ЭВМ, зачастую неоднородных по архитектуре и другим признакам, ставит задачу их согласованного взаимодействия. Она решается с помощью комплекса специальных процедур — *протоколов*. Протоколы определяют некоторый набор правил, которыми следует руководствоваться при организации пакетов сообщений в сети: управление физическим каналом, сетью, передачей, сеансом связи, передачей по информационному каналу, представлением, программами пользователей. Всего семь уровней правил, т.е. семь уровней протоколов. В соответствии с каждым протоколом пакет сообщения с помощью специальных программ обрамляется различной вспомогательной информацией (добавляются заголовочные записи), в результате чего получается кадр, готовый для передачи. Кадры отделяются один от другого специальными символами, называемыми *флагами*. Например, программа управления сетью на конечном этапе создания кадра добавляет заголовок пакету. В нем содержится вся управляющая информация, необходимая для продвижения кадра по маршруту сети к приемнику (ЭВМ). Коммутационная ЭВМ, "прочитав" адрес доставляемого кадра, передаст его в необходимый канал. На приемной стороне специальными программами кадр расшифровывается посредством разбора сопроводительных записей-заголовков. Записи-заголовки в пакетах сообщений являются как бы языками общения, с помощью которых регламентируются действия пользователей и вычислительных средств в сети. Например, седьмой уровень обеспечивает стыковку ЭВМ с сетью, шестой — преобразование передаваемой информации в необходимую форму для передачи в сеть и т.д.

Для использования сетей ЭВМ на территориях различных стран применяют международные стандарты на протоколы сетей.

Абонентские и коммутационные ЭВМ соединяются следующими каналами связи: телефонными, телеграфными, непосредственной проводной связью, коаксиальными, радиоканалами, спутниковыми каналами, стекловолоконными и др. Например, физический канал связи абонентской ЭВМ с коммутационной ЭВМ с помощью телефонных станций включает в себя три канала: первый канал устанавливает связь аппаратуры передачи данных через модем с первой междугородной телефонной станцией; второй канал — связь двух междугородных телефонных станций; третий канал — связь второй междугородной станции через модем с аппаратурой передачи данных коммутационной ЭВМ. На основе физических каналов создаются информационные и транспортные каналы сети, управляемые протоколами в соответствии с накладываемыми стандартами.

3.4. Примеры применения ЭВМ и вычислительных комплексов

Научно-технический прогресс немислим без применения вычислительных средств (микропроцессоров, микроЭВМ и др.), автоматизирующих труд человека, управляющих работой автоматизированных производств. Применение некоторых ЭВМ стало привычным. Например, в автоматизированной системе продажи авиационных или железнодорожных билетов ЭВМ большой мощности одновременно работает с большим числом пользователей (рис. 3.6), которыми являются кассиры пунктов продажи билетов. Во внешней памяти машины в форме определенных записей хранятся сведения о местах на рейсы самолетов и поездов в течение какого-то времени. На рабочем месте кассира находится пишущая машинка и печатающее устройство. По запросу кассира с пишущей машинки информация через каналы связи поступает в ЭВМ. При удовлетворении запроса информация о месте на данный рейс исключается из ЭВМ и печатающее устройство кассира заполняет бланк билета. В случае отсутствия места по запросу кассира ЭВМ предлагает другие варианты.

Это лишь один из примеров применения ЭВМ, сфера использования которых стремительно расширяется.

ЭВМ в управлении объектами. Одно из применений мини- и микроЭВМ — управление различными объектами (станками, агрегатами и др.) и процессами. Информация, снимаемая с реального объекта с помощью различных датчиков, поступает в ЭВМ, где в соответствии с программой обрабатывается, после чего из ЭВМ на объект поступает управляющая информация. В большинстве случаев информация, снимаемая с реального объекта, имеет анало-

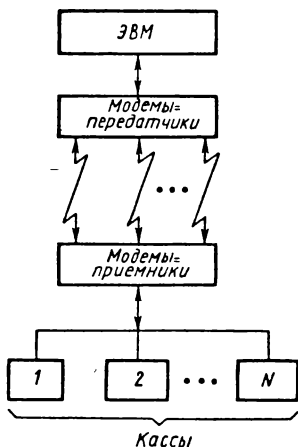


Рис. 3.6

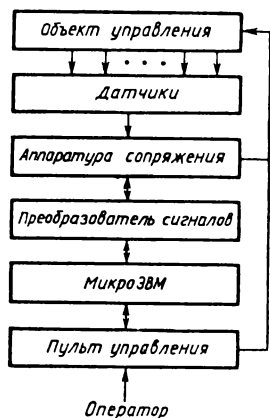


Рис. 3.7

говым, непрерывным характер (например, напряжение, сила), а ЭВМ обрабатывает только цифровую информацию. Поэтому для связи ЭВМ с объектом используются специальные устройства — аналого-цифровые преобразователи (АЦП) и цифроаналоговые преобразователи (ЦАП). АЦП принимает сигналы с датчиков, устанавливаемых в разных точках объекта, и преобразует эти сигналы в цифровые, удобные для обработки ЭВМ. ЦАП выполняет обратную функцию.

Когда осуществляется ввод и вывод данных через телеграфные и телефонные линии, рассчитанные на передачу аналоговых сигналов, также применяются АЦП и ЦАП. Например, для согласования выводов микроЭВМ с телефонной линией, применяются модемы — устройства, выполняющие функции АЦП и ЦАП. В зависимости от модемов скорость передачи информации в таких системах составляет 500—5000 бит/с и более.

Характерным для микроЭВМ является их использование в автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУ ТП). Любая автоматизация технологического процесса или оборудования конечной целью ставит повышение производительности труда, улучшение условий работы человека за счет перекладывания вредной или опасной работы на исполнительные механизмы, приборы, управляемые с помощью вычислительной техники. Основные функции микроЭВМ в АСУ ТП — контроль и управление станками, агрегатами, процессами (рис. 3.7). Для работы микроЭВМ получает информацию от связанных с ней объектов управления с помощью датчиков и другой сопрягающей аппаратуры, сравнивает ее с предельными значениями из имеющегося диапазона и выдает управляющие сигналы в соответствующие моменты времени. В вычислительной машине, как известно, все действия выполняются по программам. Поэтому для управления процессом или оборудованием в микроЭВМ имеется программа, отражающая алгоритм работы какого-то устройства или протекания процесса и вырабатывающая управляющие сигналы.

Действия управляющих сигналов микроЭВМ на объект управления осуществляются через исполнительные механизмы и рабочие органы (сверла,

фрезы, резцы и т.д.) объекта. В АСУ ТП устройство, с помощью которого во внешнюю среду выдаются управляющие сигналы, называется *программатором*. МикроЭВМ является компонентом программатора.

На производстве программу работы и управления процессом или оборудованием готовит технолог. Затем программа, отперфорированная на ленте, вводится наладчиком в микроЭВМ, после чего начинается производственный процесс.

С объекта управления с помощью датчиков снимаются сигналы, например, о расходе материалов, засоленности, сахаристости, влажности и т.д., которые преобразуются в электрические сигналы, а те, в свою очередь, из непрерывных сигналов преобразуются в цифровые и поступают на вход микроЭВМ (рис. 3.7). Для отсчета времени в микроЭВМ имеются специальные часы — таймер, с помощью которого сигналы поступают в машину в строго определенные промежутки времени; при этом выдаются управляющие сигналы. После обработки информации микроЭВМ вырабатывает управляющие сигналы, которые, пройдя через аппаратуру сопряжения, преобразуются в непрерывные сигналы неэлектрического характера, далее, воздействуя на исполнительные механизмы оборудования, заставляют их перемещать рабочие органы объекта. Кроме того, с микроЭВМ поступает сигнальная информация на пульт управления оператора и отображается на индикаторах. Оператор, наблюдая за индикаторами, в случае аварийных сигналов вмешивается в производственный процесс.

Для автоматизации производственных участков, цехов и т.п. программаторы соединяются с центральной ЭВМ, обладающей большой мощностью и памятью (рис. 3.8).

В АСУ ТП применяется *числовое программное управление (ЧПУ)* — микроЭВМ обрабатывает задаваемую ей последовательность чисел, представляющую собой программу какого-то устройства. Пусть, например, устройство на производстве работает в нескольких режимах, характеризующихся определенной температурой. Последовательность и продолжительность режимов (часы):

Последовательность.... 1 3 1 2

Продолжительность100 60 140 75

В данном случае управление устройством с помощью микроЭВМ заключается в поддержании температуры в течение определенного времени для одного режима, затем — для другого и т.д. Структурная схема программы для микроЭВМ, управляющей устройством, представлена на рис. 3.9.

Исходная программа для ЧПУ перфорируется на 8-дорожечной перфоленте или наносится на магнитную ленту. Для указания исполнительного механизма станка используются специальные коды в виде прописных букв латинского алфавита. Последовательность операций, выполняемых в цикле работы станка, кодируется числовыми номерами. Числовые параметры после адресных букв *A, B, S, D, E, P, Q, R, U, V, W, X, Y, Z* указывают повороты вокруг осей и перемещения вдоль них исполнительных механизмов. После каждого адреса указываются несколько соответствующих числовых параметров. Режим работы станка кодируется буквой *G*, номер кадра на перфоленте — *M*, код номера инструмента — *T*, скорость движения — *S*. Для расшифровки адресов на перфоленте и выполнения циклов используется ряд подпрограмм. Программное обеспечение станков с ЧПУ занимает несколько тысяч ячеек оперативной памяти ЭВМ. Разработка его — сложный и трудоемкий процесс.

Управление промышленными роботами осуществляется по программам встроенной микроЭВМ. Рабочий орган робота — манипулятор, выполняющий движения, подобные движению рук человека. Применение роботов в

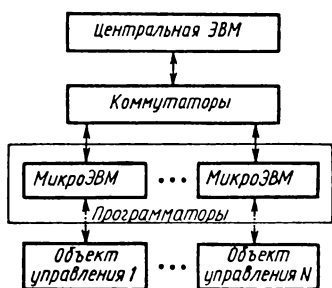


Рис. 3.8

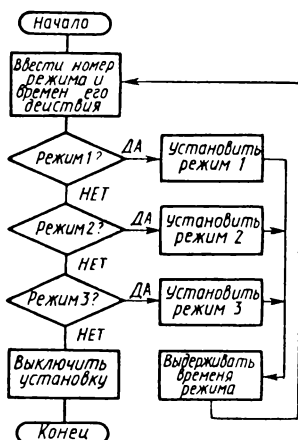


Рис. 3.9

машиностроении и других отраслях увеличивается с каждым годом. На многих заводах роботы устанавливают заготовки в станках с ЧПУ, снимают обработанные детали, укладывают их на конвейер. На сборочных конвейерах автомобильных заводов роботы сваривают кузовы, красят, заворачивают гайки, сверлят и т.д. Роботы с гибким управлением имеют датчики для связи с окружающей средой, которые передают информацию во встроенные вычислительные устройства; после обработки ее роботы управляются выработанными сигналами.

Управление технологическими процессами и оборудованием стало возможным и эффективным с появлением недорогих, малогабаритных микропроцессоров и микроЭВМ, которые встраиваются в оборудование, приборы и т.п., в отличие от больших ЭВМ. Гибкость управления заключается в легкой смене одной программы другой в короткие промежутки времени.

Некоторые автомобили выпускаются со встроенными микропроцессорами, управляющими системами зажигания. Это делается для повышения эффективности работы двигателей внутреннего сгорания, их экономичности, снижения токсичности выхлопных газов. Система зажигания с микропроцессором обеспечивает автоматическую регулировку зажигания в зависимости от числа оборотов двигателя, температуры и т.д. Если момент зажигания оказывается сдвинутым по отношению к оптимальному, то экономичность двигателя уменьшается из-за увеличения окиси азота в выхлопных газах. Определить время от момента подачи импульса зажигания до возгорания рабочей смеси, подать импульс зажигания в нужный момент — задачи управления системой зажигания. Наряду с решением таких задач в автомобиле с помощью встроенных микропроцессоров обеспечивают: а) оптимальное управление впрыском топлива с целью его экономии; б) повышение безопасности движения; в) повышение эффективности торможения.

Приборы со встроенными микропроцессорами обладают высокой точностью измерений, большой надежностью, быстродействием и возможностью решения задач, не решаемых с помощью других приборов. Появился новый класс так называемых интеллектуальных приборов, выбирающих оптимальные режимы работы. Промышленностью изготавливаются измерительные

приборы со встроенными микропроцессорами, такие, как цифровой частотомер, вольтметр, мультиметр, электронный осциллограф.

Управление вентиляцией воздуха в помещениях, микроклиматом в сельскохозяйственных теплицах, потоками транспорта, работой электростанций — далеко не полный перечень дополнительных примеров применения микроЭВМ и микропроцессоров в управляющих системах.

Вычислительные комплексы в автоматизации научных исследований и проектировании. Автоматизированная система научных исследований (АСНИ) состоит из трех основных частей: экспериментальной установки со средствами съема и преобразования информации; вычислительной машины со средствами отображения, накопления и обработки информации; устройства сопряжения ЭВМ с экспериментальной установкой.

ЭВМ в АСНИ не только обрабатывает информацию, но и управляет работой всех отдельных частей системы. В сложных по реализации системах ЭВМ используются на нескольких уровнях. На нижнем уровне используются микроЭВМ, непосредственно связанные с объектом исследований, на верхнем уровне — ЭВМ большей мощности для хранения массивов информации и сложной обработки данных.

Устройство сопряжения обеспечивает совместную работу различной аппаратуры, называемой в АСНИ электронным интерфейсом. В настоящее время используются средства сопряжения, выполненные в соответствии с международными стандартами — КАМАК и МЭК. Стандарт КАМАК предусматривает создание устройств сопряжения из наборов функциональных модулей, МЭК — систем из отдельных программируемых приборов. В стандарте КАМАК отдельные блоки — модули, составляющие устройство сопряжения, решают задачи ввода и вывода аналоговых и цифровых сигналов, промежуточного хранения и преобразования информации из аналогового вида в цифровой и наоборот, синхронизации работы блоков, управления модулями и связи с ЭВМ.

Программное обеспечение АСНИ включает в себя пакеты программ различных назначений. Имеются пакеты программ, предназначенные для вычисления элементарных и специальных функций, интерполяции, решения систем уравнений, численного интегрирования и дифференцирования, статистической обработки и т.д. Разрабатываются специальные пакеты программ для обработки и преобразования экспериментальных данных, приема информации с датчиков, управления экспериментальной установкой и другие.

Промышленностью изготавливаются специальные измерительно-вычислительные комплексы (ИВК) для автоматизации научных исследований на базе типовых вычислительных средств СМ-1, СМ-2, СМ-3, СМ-4, СМ1300, СМ1420 и т.д.

ИВК-1 и ИВК-2 — комплексы широкого применения: они используют вычислительные средства СМ ЭВМ первой очереди, а также средства КАМАК. По своим функциональным возможностям эти комплексы рассматриваются как простые, обеспечивающие решение несложных задач.

ИВК-3 использует специальные приборы для измерения и его рассматривают как проблемно-ориентированный комплекс.

Комплекс ИВК-4 предназначен для решения сложных задач. Строится он на базе СМ ЭВМ более высокой производительности, а также средств КАМАК; имеет устройства для ввода и вывода графической информации.

При проведении научно-технических экспериментов и испытаний ИВК-7 и ИВК-8 обеспечивают высокую точность измерений. Строят их на основе СМ-3, СМ-4 и других типов СМ ЭВМ.

Комплексы для автоматизации проектирования используются в качестве автоматизированных рабочих мест конструкторов радиоэлектронной аппаратуры (АРМ-Р) и машиностроения (АРМ-М). В состав их входят следующие основные устройства: процессор СМ-3П или СМ-4П, алфавитно-цифровой дисплей, графический дисплей, устройство для связи с ЕС ЭВМ, устройство ввода-вывода на перфоленты, устройство ввода с перфокарт, накопители на магнитных дисках и лентах, графопостроители, печатающее устройство.

Кроме ранее названных УВК имеются комплексы на базе СМ1300, СМ1420, а также многомашинные и многопроцессорные комплексы на различных средствах СМ ЭВМ.

Особенности применения мини- и микроЭВМ в вычислительных комплексах. Широкое применение мини- и микроЭВМ в системах управления, сбора и обработки информации обеспечивает уменьшение стоимости функционирования систем, повышение их живучести, возможность по-новому подойти к использованию вычислительных средств — децентрализовать их в АСУ ТП и других системах. В связи с тем, что новое поколение вычислительных средств — микропроцессоры, микроЭВМ имеют небольшие габаритные размеры, их можно приближать к объектам управления или встраивать в мелкие агрегаты и управлять ими. Ранее подобные агрегаты управлялись центральной ЭВМ. Вместе с тем децентрализация вычислительных средств в распределенной обработке информации усложняет процессы управления сообщениями в каналах связи.

Рассмотрим типичную схему распределения вычислительных средств в АСУ ТП при использовании мини- и микроЭВМ. МикроЭВМ и контроллеры, имеющие устройства связи с объектами, располагаются непосредственно у технологических объектов. Центральная микроЭВМ или миниЭВМ, содержащая внешние устройства, линии связи с ЭВМ объектов, управляет ими и может быть связана с главной ЭВМ, обладающей высокой производительностью и системами телеобработки данных.

Дальнейшее расширение использования ЭВМ во всех сферах человеческой деятельности состоит в развитии вычислительных сетей, позволяющих рационально использовать объединенные ресурсы ЭВМ, в расширении терминального оборудования в сетях путем установления его на рабочих местах научных сотрудников, работников учреждений и т.п. Упрощение общения человека с ЭВМ, расширение круга решаемых на ЭВМ задач — характерные тенденции вовлечения в контакт с ЭВМ все большей части населения страны.

Вопросы для самопроверки

- 3.1. Что такое вычислительная система?
- 3.2. Из каких основных устройств состоит ЭВМ ЕС?
- 3.3. Что представляет собой канал в ЕС ЭВМ?
- 3.4. Назовите основные характеристики ЭВМ ЕС.
- 3.5. Чем различаются мультиплексорные и селекторные каналы?
- 3.6. Назовите устройства ввода-вывода ЭВМ ЕС.
- 3.7. Чем характерна ОС ЕС?
- 3.8. Что представляет собой задание для ЭВМ ЕС?
- 3.9. Чем характеризуется мультипрограммный режим?
- 3.10. Какие режимы работ обеспечивает ОС ЕС?
- 3.11. В чем сущность удаленной пакетной обработки?
- 3.12. Чем характеризуется режим разделения времени?
- 3.13. Где используется ЭВМ ЕС, работающая в режиме реального времени?

ни?

- 3.14. Что такое телеобработка данных?
- 3.15. Какими преимуществами обладают диалоговые системы коллективного пользования перед автономными ЭВМ?
- 3.16. Назовите наиболее используемые системы коллективного пользования.
- 3.17. Что явилось причиной появления многомашинных и многопроцессорных вычислительных комплексов?
- 3.18. На основе каких устройств объединяются ЭВМ в комплексы?
- 3.19. Назовите способы объединения процессоров в многопроцессорную вычислительную систему.
- 3.20. Назовите характеристики системы «Эльбрус-1». Какие режимы работы обеспечивает «Эльбрус-1»?
- 3.21. Чем отличаются сети ЭВМ от вычислительных комплексов?
- 3.22. Чем характерна локальная сеть ЭВМ?
- 3.23. Какие каналы связи используются в сетях ЭВМ?
- 3.24. В чем состоит суть передачи сообщений способом коммутации пакетов?
- 3.25. Какие функции выполняют абонентские и коммутационные ЭВМ в сети?
- 3.26. Что такое протокол в сети и какие существуют типы протоколов?
- 3.27. Что представляет собой физический канал в сети?
- 3.28. Назовите основные характеристики СМ ЭВМ.
- 3.29. В чем состоят особенности применения мини- и микроЭВМ в вычислительных комплексах и сетях?
- 3.30. Назовите основные направления применения управляющих вычислительных комплексов на базе СМ ЭВМ.

ГЛАВА 4

АНАЛОГОВЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

4.1. Принцип работы и общая характеристика АВМ

Аналоговые вычислительные машины (АВМ) исторически были первыми вычислительными устройствами, изобретенными и используемыми людьми. Простейшим устройством такого типа является логарифмическая линейка, первый образец которой был сконструирован в 1620 г. Несмотря на универсальность принципа построения АВМ, они достаточно разнообразны: механические, гидравлические, электронные. Здесь рассмотрим наиболее распространенный класс АВМ — электронных.

В последние годы в связи с бурным развитием электронной и микропроцессорной техники в производстве и совершенствовании ЭВМ произошел гигантский качественный скачок. АВМ развивались и совершенствовались более медленно и в значительной степени утратили свое значение, уступив цифровым ЭВМ. По существу АВМ скорее специализированные, нежели универсальные ЭВМ. Тем не менее отдельные устройства в приборах и установках во многих отраслях техники работают именно по аналоговому принципу: либо самостоятельно, либо совместно с цифровыми составляя единую гибридную цифроаналоговую вычислительную систему. Поэтому знание принципов построения и работы АВМ необходимо специалистам различных профессий.

АВМ работают по принципу моделирования изучаемого явления или решаемой математической задачи, основу которого составляет известный в естественных и технических науках факт, что закономерности протекания многих различных по своей природе явлений в математической форме описываются аналогичными по структуре уравнениями.

Так, сила трения F связана с изменением кинетической энергии твердого тела E уравнением

$$F = dE / dx, \quad (4.1)$$

где x — перемещение.

Зависимость теплового потока Q при передаче тепловой энергии в направлении x от температуры описывается законом Фурье:

$$Q = -\lambda dT / dx \quad (4.2)$$

Зависимость силы электрического тока I от напряжения U (разности потенциалов) по длине проводника x описывается уравнением

$$I = -(1/r) (dU/dx), \quad (4.3)$$

где r — сопротивление.

Перенос вещества диффузией (массовый поток G) в зависимости от его концентрации C в направлении x описывается законом Фика:

$$G = -D dC/dx,$$

где D — постоянный коэффициент диффузии.

Приведенные уравнения аналогичны по структуре: переменная величина в левой части пропорциональна производной другой переменной по независимой координате x , причем коэффициенты пропорциональности, хотя и различны, но все постоянны, лишь в уравнении (4.1) коэффициент равен 1 и имеет обратный знак, но это не имеет значения.

Именно аналогия уравнений и позволяет изучать одни явления (их обычно называют объектом, реже—оригиналом) с помощью других, называемых моделями, в тех случаях, когда это удобнее, доступнее, быстрее, дешевле.

Проиллюстрируем идею такого изучения на приведенных примерах.

Пусть требуется изучить закономерности диффузии веществ с помощью прохождения электрического тока через проводник. Очевидно, это можно сделать, если, во-первых, все величины в уравнении (4.3) можно измерить и, во-вторых, эти величины пропорциональны величинам в уравнении (4.4):

$$I = k_1 G; \quad U = k_2 C; \quad x = k_3 x, \quad (4.5)$$

где k_1, k_2, k_3 — некоторые коэффициенты пропорциональности, значения которых пока неизвестны, но условлено, что они постоянны и не равны нулю:

$$(k_1, k_2, k_3 = \text{const}) \neq 0. \quad (4.6)$$

Подставив соотношения (4.5) в (4.3) с учетом (4.6):

$$k_1 G = -\frac{1}{r} \frac{k_2}{k_3} \frac{dC}{dx}$$

или

$$G = \frac{1}{r} \frac{k_2}{k_1 k_3} \frac{dC}{dx}. \quad (4.7)$$

Из сравнения (4.7) с (4.4) видно, что оба уравнения совпадают, если обеспечивается условие

$$D = 1/r (k_1 k_2) / k_3. \quad (4.8)$$

Если D известно (об известности величины r условлено ранее), то уравнение (4.8) представляет собой уравнение с тремя неизвестными k_1, k_2 и k_3 , для которого имеется бесконечное множество решений. Следовательно, величины k_1, k_2 и k_3 можно всегда подобрать так, чтобы они соответствовали условию (4.8). А это значит, что диффузию веществ можно изучить с помощью другого явления — прохождения электрического тока через проводник, для чего достаточно знать лишь значение коэффициента диффузии D . При этом никаких ограничений на величины явлений — G, C, x, I, U, r, x — не накладывается. В приведенном примере явление диффузии — объект изучения, прохождение электрического тока через проводник — его модель (обычно говорят "физическая модель", подчеркивая тем самым, что эта модель физически, реально существует).

Аналоговые вычислительные машины структурно состоят из различных блоков, описывающих закономерности прохождения тока через сложные цепи разными уравнениями. Часть этих блоков может соединяться в более сложную цепь так, чтобы закон изменения тока в ней был аналогичен, полностью соответствовал решаемой математической задаче.

Таким образом, возможности АВМ определяются набором ее блоков, а класс решаемых на АВМ задач ограничивается множеством комбинаций блоков между собой, точнее, математическими выражениями закона изменения тока при таких комбинациях. На первый взгляд кажется, что таких комбинаций может быть сколько угодно. Однако

это не так, поэтому класс задач, успешно решаемых на АВМ, намного уже, чем на ЭВМ. По существу, лишь при решении дифференциальных уравнений и их систем достоинства АВМ проявляются особенно заметно.

4.2. Сопоставительный анализ АВМ и ЭВМ

Между АВМ и ЭВМ существуют принципиальные отличия, которые необходимо знать, прежде чем решить, какой тип ЭВМ наиболее подходит для решения данной конкретной математической задачи. Рассмотрим подробнее важнейшие из этих отличий.

Способ представления информации. Как известно, в АВМ все переменные любой математической задачи моделируются электрическими величинами—напряжениями, в качестве независимой переменной используется только время.

В ЭВМ обрабатываемая информация—числовая, буквенно-символьная и т.п. — представляется, хранится и перерабатывается в виде цифровых кодов, причем число переменных определяется объемом памяти ЭВМ и, вообще говоря, может быть любым.

Возможности решения математических задач на АВМ по числу переменных значительно ниже, чем на ЭВМ, а логические и текстовые задачи вообще не решаются на АВМ.

Из различий в способах представления информации следует ряд специфических особенностей при обработке информации на ЭВМ обоих типов:

1. В ЭВМ информация дискретна, т.е. любой переменной величине решаемой задачи соответствует ряд кодовых значений с тем или иным шагом. Величину этого шага надо выбрать и задать при программировании. Далеко не всегда это является простой формальностью: часто от выбора шага зависит накопление погрешностей, устойчивость решения и т.п.

В АВМ информация непрерывна, ее можно измерить, узнать, записать в любой момент, ничего не предусматривая заранее.

2. В ЭВМ диапазон и точность представления числовой информации определяются длиной разрядной сетки и являются заведомо достоверными для большинства технических, экономических и научных задач (см. параграф 1.4).

В АВМ диапазон изменения напряжений, моделирующих переменные решаемых задач, ограничен и составляет

от 0 до 100 В в ламповых машинах (которые все еще используются) и до 10—30 В — в полупроводниковых, а точность измерения из-за использования реальных приборов и по другим причинам составляет не более 0,1—1,0%.

Таким образом, АВМ не только решают с большой погрешностью, но и требуют при предварительной подготовке задачи применения специальной операции (масштабирования), чтобы "загнать" переменные в указанные пределы. Естественно, что эта лишняя операция требует дополнительного труда и времени пользователя, да и не всегда такое представление числовых данных удобно.

Способ решения задачи. ЭВМ—машины алгоритмического типа : для всякой задачи надо разработать алгоритм ее решения, представить этот алгоритм в виде программы, написанной на том или ином алгоритмическом языке, ввести программу в ЭВМ и запустить ее. Через некоторое время ЭВМ решит задачу и выведет результаты (естественно, если в программе выявлены и устранены все возможные ошибки).

В АВМ решаемой задаче соответствует электрическая схема соединения блоков, для составления которой требуется знание не алгоритмов, а некоторых других специальных приемов. С ростом сложности задачи, решаемой в ЭВМ, соответственно увеличивается программа, а решаемой в АВМ — схема. Однако ЭВМ имеет огромную память, куда можно поместить программу; кроме того, часто программу можно обработать по частям. В АВМ такой возможности нет, и если все блоки машины задействованы, то более сложную задачу на этой машине уже решить нельзя.

Таким образом, способ решения задач в АВМ представляет ограниченные возможности, а круг решаемых задач, следовательно, много уже.

Последовательность работы. ЭВМ — машины последовательного действия; процессор машины последовательно, одну за другой, реализует заданные программой операции. Поэтому, чем сложнее задача и больше программа, тем больше время решения задачи.

АВМ — машины параллельного действия. Все блоки, задействованные в схему, сколько бы их ни было, включены в работу одновременно. Поэтому время решения за-

дачи не зависит от ее сложности и выбирается так, как удобно пользователю.

Заметим, что тенденции развития и совершенствования ЭВМ, переход к многопроцессорным системам направлены в сторону распараллеливания работы устройств машины. В этом смысле ЭВМ как бы стремятся к принципу работы АВМ, однако распараллеливание удается реализовать лишь частично.

Длительное время считалось, что АВМ по сравнению с ЭВМ имеют преимущества в простоте изменения программ, сводящегося к пересоединению блоков; гибкости управления машиной; удобстве сочленения с реальной аппаратурой; наглядности представления решения задач. Однако успехи микроэлектроники и совершенствования ЭВМ несомненно вывели вперед ЭВМ по многим показателям. Но все же научно-технический прогресс во многих отраслях науки и техники приводит к увеличению числа и способов измерения параметров и в ряде случаев — именно по аналогу принципу, что и определяет область эффективного применения АВМ.


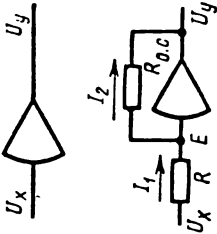

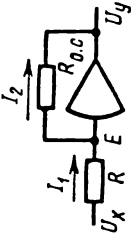

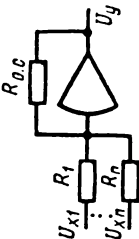
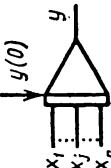
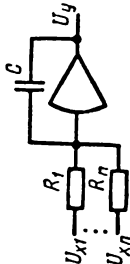
4.3. Основные функциональные блоки АВМ


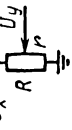




Как указывалось, структурно АВМ состоят из отдельных блоков, каждый из которых воспроизводит простую математическую зависимость. Проведем краткий обзор типовых блоков, приведенных в табл. 4.1.

Основу любого блока составляет операционный усилитель постоянного тока, схема и машинные управления которого приведены в строке 1. Это, как правило, многокаскадный усилитель напряжения, коэффициент усиления которого k весьма велик и составляет обычно 10^4 — 10^5 . Усилитель всегда строится из нечетного числа каскадов, поэтому его выходное напряжение U_y , моделирующее функцию y , по знаку противоположно входному напряжению U_x , моделирующему аргумент x . Самостоятельно операционный усилитель в схемах не используется.

Для реализации математических зависимостей усилитель снабжается входной цепью и цепью обратной связи. Токи, проходящие через них, суммируются непосредственно на входе в операционный усилитель в точке E (табл. 4.1, строка 2). Легко убедиться в том, что потенциал в точке E практически близок к нулю, так как он равен U_y/k , а напряжение U_y ограничено и не превышает 30 — 100 В.

Таблица 4.1

№ п/п	Название блока и воспроизводимое уравнение	Обозначение блока на схемах	Структура блока в машине	Машинное уравнение
1	Операционный усилитель $y = kx$			$U_y = k U_x, \quad k \gg 10^4,$ <p>где k — коэффициент усиления</p>
2	Масштабный усилитель $y = \alpha x$			$U_y = -\frac{R_{0,c}}{R} U_x, \quad \alpha = \frac{R_{0,c}}{R},$ <p>где α — коэффициент передачи масштабного усилителя</p>
3	Сумматор $y = \sum_{i=1}^n x_i$			$U_y = -\sum_{i=1}^n \alpha_i U_{x_i}, \quad \alpha_i = \frac{R_{0,c}}{R_i},$ <p>где α_i — коэффициент передачи сумматора по i-му входу</p>
4	Интегратор (интегросумматор) $y = \int_0^t x_i(\tau) d\tau + y(0)$			$U_y = -\int_0^t \sum_{i=1}^n (U_{x_i} / T_i) d\tau + U(0);$ $T_i = R_i C; \quad \alpha_i = \frac{1}{T_i},$ <p>где α_i — коэффициент пере-</p>

№ п/п	Название блока и воспроизводимое уравнение	Обозначение блока на схемах	Структура блока в машине	Машинное уравнение
5	Делитель напряжения $y = \beta x$			<p>дачи интегратора по j-му входу</p> $U_y = \frac{r}{R} U_x, \beta = r/R;$ <p>где β — коэффициент передачи, $0 \leq \beta \leq 1$</p>
6	Блок перемножения $z = xy$			$U_z = 0,01 U_x U_y,$ <p>где 0,01 — схемный масштаб блока перемножения</p>
7	Блок деления $z = x/y$			$U_z = 10 \frac{U_x}{U_y},$ <p>где 10 — схемный масштаб блока деления</p>

Различные математические операции получаются варьированием вида и величин входной цепи и цепи обратной связи или тем и другим одновременно. Рассмотрим основные математические операции.

Линейные операции. Линейными называют математические операции, удовлетворяющие условию

$$\left. \begin{aligned} f(x_1, x_2) &= f(x_2, x_1); \\ f(\alpha(x)) &= \alpha(f(x)), \end{aligned} \right\} \quad (4.9)$$

составляющим *принцип суперпозиции*. Первое из условий указывает, что операция не зависит от последовательности аргументов, а второе, что постоянный множитель может быть вынесен за знак (точнее — оператор) операции (в (4.9) буква f условно обозначает операции). Линейные операции в ЭВМ имеют простейшие структуры цепей входной и обратной связей.

Умножение на постоянный коэффициент (масштабный усилитель). Структура масштабного усилителя приведена в строке 2 табл. 4.1. При этом входная цепь R и цепь обратной связи $R_{o.c}$ представляют собой резисторы, отношение номиналов их равно коэффициенту α , на который производится умножение:

$$\alpha = R_{o.c}/R. \quad (4.10)$$

Действительно, по закону Кирхгофа сумма токов в точке разветвления E равна нулю :

$$I_1 + I_2 = 0 \quad (4.11)$$

(напомним, что током, проходящим через операционный усилитель, можно пренебречь). В свою очередь, каждый ток в уравнении (4.11) можно выразить через напряжения по закону Ома:

$$I_1 = (U_x - E)/R ; I_2 = (U_y - E) / R_{o.c} \quad (4.12)$$

Так как $E = U_y/k$, то, подставляя (4.12) в (4.11), после несложных алгебраических преобразований получаем

$$U_y [1 + (R_{o.c}/R) / k] = -(R_{o.c}/R) U_x. \quad (4.13)$$

Отношение $R_{o.c}/R$, называемое *коэффициентом передачи*, обычно выбирается от 0,01 до 100, иначе работа на АВМ становится технически очень сложной. Так как $k \geq 10^4$, то выражением в круглых скобках можно пренебречь. При этом окончательно получаем

$$U_y = -(R_{o.c.}/R)U_x. \quad (4.14)$$

При технической реализации масштабного усилителя в АВМ резистор R конструируется переменным и устанавливается таким, чтобы α можно было выбрать с точностью до третьей значащей цифры.

На некоторых типах АВМ реализация операции умножения на постоянный коэффициент α через масштабный усилитель — не единственный способ. Для этой цели используется также делитель напряжения (табл.4.1, строка 5). Это единственный блок АВМ, реализуемый без помощи операционного усилителя. Особенность делителя напряжения—изменение коэффициента β в пределах

$$0 \leq \beta \leq 1, \quad (4.15)$$

что не всегда удобно, особенно когда требуется задать его больше единицы. Поэтому схему часто комбинируют, включая последовательно с масштабным усилителем. Тогда математическое выражение комбинированной схемы имеет вид

$$U_y = -\beta(R_{o.c.}/R)U_x \quad (4.16)$$

и подбором номиналов двух величин β и R всегда можно задать требуемое значение постоянного коэффициента.

Если $R_{o.c.} = R$, то масштабный усилитель реализует математическую зависимость

$$U_y = -U_x, \quad (4.17)$$

т.е. меняет знак входного напряжения U_x на обратный. Такая перемена знака называется *инвертированием*, а масштабный усилитель с установленными значениями $R_{o.c.} = R$ или $\alpha = 1$ —соответственно *инвертором*.

С у м м и р о в а н и е . Суммирование нескольких величин

$$y = \sum_{j=1}^n x_j \quad (4.18)$$

реализуется на операционном усилителе, во входной цепи которого включается параллельно столько резисторов R_j , сколько величин суммируется (табл.4.1, строка 3). При этом каждое слагаемое умножается на собственный коэффициент передачи $R_{o.c.}/R_j$, а знак суммы U_y меняется на обратный по отношению к величине j . Если такого

умножения не требуется, то надо знать $R_j = R_{0.c}$ для всех j (или части из них).

И н т е г р и р о в а н и е. Операция интегрирования реализуется на операционном усилителе, во входную цепь которого включается резистор R , а в цепь обратной связи — конденсатор C . Так как ток, проходящий через цепь обратной связи,

$$I_2 = \frac{1}{C} \frac{dU_y}{dt}, \quad (4.19)$$

где t — время, то после подстановки (4.19) и первого уравнения (4.12) в (4.11) получаем

$$U_y = -\frac{1}{T} \int_0^t U_x dt, \quad (4.20)$$

где $T = RC$ — постоянная интегрирования. Особо подчеркнем, что эта величина — размерная и имеет физическую размерность времени. Обычно на АВМ сопротивление резистора R выбирается в мегаомах, емкость конденсатора C — в микрофарадах, тогда постоянная времени T имеет физическую размерность секунд.

Выражение (4.20) является интегралом по переменному верхнему пределу: нижний предел определяет момент запуска АВМ в режиме работы. Иными словами, интеграторы АВМ начинают работать с момента пуска машины до тех пор, пока (вручную или схемно, автоматически), работа АВМ не прекращается. Поэтому современные АВМ кроме цифровых вольтметров для изменения машинных параметров (напряжений) имеют еще и цифровые счетчики времени.

Операцию интегрирования легко совместить с суммированием, если в качестве выходной цепи задать столько параллельных резисторов, сколько величин суммируется. Пример такой операции приведен в табл.4.1, строка 4. Заметим, что постоянная интегрирования $T_j = R_j C$ для каждого слагаемого зависит от номинального значения резистора. Интегратор имеет специальную схему задания нулевых начальных условий.

Д и ф ф е р е н ц и р о в а н и е. Дифференцирование реализуется на АВМ так же легко, как и интегрирование. Операционный усилитель имеет в данном случае во входной цепи конденсатор C , а в обратной связи — резистор R . Тогда зависимость (4.19) справедлива для тока I_1 , проходящего через входную цепь. В соответствии с этим утверждением, чтобы получить математические выражения для схемы дифференцирования, необходимо в (4.11) величину I_1

заменить правой частью уравнения (4.19), а величину I_2 — правой частью второго уравнения (4.12). Окончательное математическое выражение для дифференцирующего блока АВМ имеет вид

$$U_y = -TdU_x/dt, \quad (4.21)$$

где $T=RC$ так же, как у интегратора, выражается в единицах времени.

Однако на АВМ дифференцирующие блоки усиливают шумы и помехи, что резко снижает точность вычислений, и без того довольно невысокую. Поэтому дифференцирующие блоки стремятся не использовать в схемах для решения разных задач.

Нелинейные операции. Математические операции называются нелинейными, если хотя бы одно условие принципа суперпозиции (4.9) не выполняется. Так, операция возведения в степень, допустим в квадрат, не является линейной:

$$y=x^2. \quad (4.22)$$

Если заменить $x = x_1 x_2$, то

$$y = x^2 = x_1^2 x_2^2 = x_2^2 x_1^2, \quad (4.23)$$

что свидетельствует о выполнении первого условия (4.9). Однако при $x = \alpha x_1$

$$y = x^2 = (\alpha x_1)^2 = \alpha^2 x_1^2 \quad (4.24)$$

(за знак операции выносится не постоянный множитель α , а его величина в квадрате), что не соответствует второму условию (4.9).

Нелинейные операции выполняются на АВМ с помощью более сложных цепей входной и обратной связи операционного усилителя, реализующих кусочно-линейную аппроксимацию нелинейных математических функций. Специальный блок АВМ — *функциональный преобразователь* — позволяет, таким образом, воспроизводить любую произвольную нелинейную функцию. Например, зависимости (4.22) на функциональном преобразователе

$$U_y = k U_x^2, \quad (4.25)$$

где коэффициент k выбирается так, чтобы при $U_x = \text{тах}$ напряжение U_y также было максимально возможным. Знак в (4.25) выбирается по усмотрению пользователя.

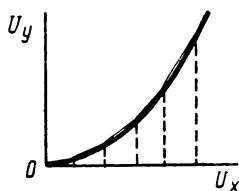


Рис. 4.1

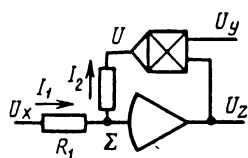


Рис. 4.2

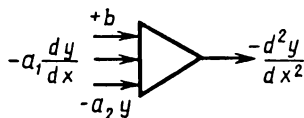


Рис. 4.3

Парабола (4.22) для реализации на АВМ разбивается на n участков (n зависит от типа АВМ: обычно $n = 20$ или 10), на каждом участке зависимости заменяется отрезком прямой. Интервалы необязательно одинаковые; замена отрезками прямой производится пользователем при подготовке задачи к решению на АВМ. Кусочно-линейная аппроксимация вносит погрешность, поэтому линейные операции на АВМ имеют точность воспроизведения примерно на порядок ниже линейных.

Умножение переменных. Блок умножения переменных в АВМ (табл.4.1, строка 6) представляет собой сдвоенный функциональный преобразователь и одну схему суммирования: он реализует умножение переменных через вспомогательные операции (возведение в квадрат суммы и разности переменных):

$$U_y = k_1 [(U_{x1} + U_{x2})^2 - (U_{x1} - U_{x2})^2] = k U_{x1} U_{x2} \quad (4.26)$$

Каждая операция возведения в квадрат воспроизводится кусочно-линейной аппроксимацией, как показано на рис.4.1.

Схемный масштабный коэффициент (4.26) $k = 4k_1$ представляет собой величину, обратную максимально допустимому напряжению для данного типа АВМ. В строке 6 табл.4.1 его значение 0,01 указано для ламповых АВМ.

Деление переменных. Блок деления переменных на многих типах АВМ отсутствует, хотя операция деления переменных встречается довольно часто. Это объясняется тем, что деление переменных легко реализуется через операцию умножения и, по существу, блок деления (табл.4.1, строка 7) представляет собой схему, изображенную на рис.4.2.

Действительно, пренебрегая потенциалом в точке E , получим

$$I_1 = U_x/R_1; \quad (4.27)$$

$$I_2 = U/R_2. \quad (4.28)$$

Но, в свою очередь,

$$U = k U_z U_y. \quad (4.29)$$

Из (4.28) следует, что

$$I_2 = k U_z U_y / R_2. \quad (4.30)$$

Подставляя (4.27) и (4.30) в (4.11), после несложных преобразований получаем

$$U_z = k' U_x / U_y, \quad (4.31)$$

где $k' = R_2 / (k R_1)$ — схемный масштабный коэффициент блока деления, который варьированием величин сопротивления R_1 и R_2 чаще всего выбирается равным 10.

Обычно АВМ кроме перечисленных имеют специальные схемы воспроизведения типовых нелинейностей, таких, как релейная, зоны нечувствительности, ограничения и т.п.

4.4. Подготовка математических задач к решению на АВМ

При подготовке математических задач для решения на АВМ необходимо составить схему коммутации блоков, соответствующую решаемой математической задаче, и произвести масштабирование переменных с целью обеспечения диапазона их изменения в допустимых для данного типа АВМ пределах.

Общий метод составления схемы коммутации блоков. В большинстве случаев схемы коммутации блоков составляются общим методом, который проиллюстрируем на примере решения дифференциального уравнения второго порядка

$$d^2y/dx^2 + a_1 dy/dx + a_2 y = b \quad (4.32)$$

с начальными условиями при $x=0$:

$$y=0, \quad dy/dx=0 \quad (4.33)$$

(или, другими условиями, что не имеет принципиального значения).

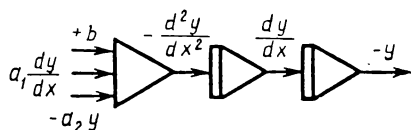


Рис. 4.4

Схема коммутации блоков общим методом составляется последовательно по этапам.

Э т а п 1. Приведение исходного дифференциального уравнения к явному виду относительно старшей производной или любой переменной, если уравнение не является дифференциальным (что далее специально не оговаривается):

$$-d^2 y/dx^2 = b - a_1 dy/dx - a_2 y. \quad (4.34)$$

Из этого уравнения следует, что старшую производную можно получить на выходе сумматора с тремя слагаемыми, хотя пока неизвестно, как задать эти слагаемые.

Предусмотрим на схеме сумматор (рис.4.3), имеющий три входа, обозначенные стрелками. У входов расставлены знаки соответственно знакам правой части уравнения (4.34)—одно слагаемое со знаком плюс и два слагаемых со знаком минус. На выходе сумматора получим вторую производную $d^2 y/dx^2$. Так как сумматор реализуется на операционном усилителе, то знак производной $d^2 y/dx^2$ противоположен знаку левой части уравнения (4.34), т.е. отрицательный.

Э т а п 2. Получение искомой функции y . Так как вторая производная (с точностью до знака) получена на выходе сумматора, то, используя ее в качестве входной величины к интегратору, можно "понизить" порядок производной и получить на выходе интегратора первую производную dy/dx . Повторив то же самое применительно к dy/dx и использовав при этом второй интегратор, получим на выходе искомую функцию y . Схема выполнения этапа 2 примет вид, представленный на рис.4.4. Интегрирование, как и суммирование, реализуется на операционном усилителе, на каждом интеграторе знак выходной величины противоположен знаку входной.

Итак, искомая функция y получена, однако построение структурной схемы на этом не может считаться закончен-

ным, поскольку входные величины сумматора все еще остаются неизвестными и незадаанными. Это и определяет цель следующего этапа построения схемы.

Э т а п 3. Воспроизведение входа сумматора. В соответствии с правой частью уравнения (4.34) величина b является независимой и имеет знак плюс. Так как входные величины сумматора на АВМ моделируются напряжениями, то, следовательно, соответствующее величине b напряжение надо задать от имеющейся на каждом типе АВМ специальной схемы задания независимых напряжений и подать на верхний (рис.4.3 и 4.4) вход сумматора. Для сохранения единства обозначений укажем в схеме величину b , а не моделирующее ее напряжение U_b .

Второе слагаемое правой части уравнения (4.34) — $a_1 dy/dx$ можно получить операцией умножения на постоянный коэффициент a_1 (см. схему делителя напряжений в табл.4.1, строка 5) величины dy/dx на выходе первого интегратора. Однако выходная величина интегратора имеет знак плюс, что требует использовать схему масштабного усилителя, комбинируя его с потенциометром (табл.4.1, строка 2). При этом выход масштабного усилителя следует подавать на нижний вход сумматора (рис. 4.5).

Может возникнуть вопрос: а надо ли комбинировать две схемы, может быть, можно обойтись одной схемой, например, масштабного усилителя? Ответ на этот вопрос неоднозначен. В одних типах АВМ входные резисторы усилителей — переменные. Тогда можно обойтись только схемой масштабного усилителя, настроив соответствующим образом величину входного резистора. В других типах АВМ номинальные значения резисторов заданы, и соотношение R_{oc} можно подобрать лишь кратным 2,5 или 10. В таких случаях приходится масштабный усилитель комбинировать с потенциометром, т.е. получается общий, более сложный случай с двумя схемами.

Третье слагаемое уравнения (4.34) — $a_2 u$ можно также получить умножением величины u — выхода второго интегратора — на постоянный коэффициент a_2 . Так как выходная величина второго интегратора соответствует требуемому знаку в уравнении (4.34), то достаточно использовать только схему потенциометра (табл.4.1, строка 5).

Схема коммутации блоков для решения задачи, выраженной уравнением (4.32), составленная общим методом, после этапа представлена на рис. 4.5.

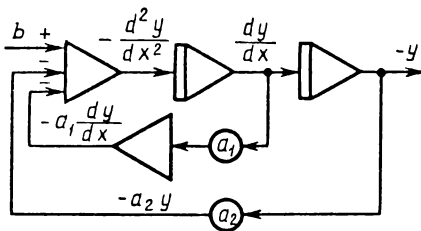


Рис. 4.5

Этап 4. Задание ненулевых начальных условий интеграторов в данном примере (см. (4.33)) не требуется. Операции на этом этапе выполняются довольно просто, ненулевые начальные условия в схеме (см. рис.4.5) указываются так же, как и в табл. 4.3, строка 3.

Этим этапом заканчивается построение схемы.

Примечания: 1. Схему решения задачи можно было бы упростить, совместив суммирование с интегрированием, т.е. используя интегратор-сумматор. Тогда знаки производной dy/dx и переменной y поменялись бы на обратные, для второго слагаемого (4.34) не потребовался бы масштабный усилитель, однако он понадобился бы при реализации величины $a_2 y$. В целом же схема упростилась бы на один операционный усилитель.

2. Выходы блоков, кроме потенциометра, можно размножить на АВМ сколько угодно раз. Поэтому тот факт, что выход первого интегратора подается на два входа — второго интегратора и потенциометра a_2 — не вызывает никаких затруднений на АВМ.

3. В схеме стремятся исключить пересечение линий или свести их к минимуму, чтобы не путать пересечение с умножением выходов.

4. Схема коммутации блоков построена правильно, если она замкнута: всякая входная величина (кроме независимых переменных) должна быть выходной для другого блока.

5. Если по условиям задачи величину y требуется получить обязательно со знаком плюс, надо либо упростить схему в соответствии с примечанием 1, либо, наоборот, усложнить, добавив после второго интегратора инвертор — масштабный усилитель с коэффициентом передачи, равным единице.

Метод определяющих дифференциальных уравнений. Если исходная математическая задача не является дифференциальным уравнением, приведенным к явному виду относительно старшей производной, то обычно, прежде чем приступить к составлению структурной схемы для АВМ, эту задачу преобразовывают. Подробно методы преобразования задач различных классов приведены в литературе (26), здесь же рассмотрим лишь один из наиболее распространенных методов — метод определяющих (или воспроизводящих) дифференциальных уравнений. Этот метод применяется тогда, когда в исходной математической задаче содержатся элементарные математические функции-

логарифмы, экспоненты, тригонометрические и другие функции.

Из курса математики известно, что существуют дифференциальные уравнения, решениями которых являются указанные элементарные функции.

Эти дифференциальные уравнения и называют определяющими. Общий путь их нахождения —

последовательное дифференцирование элементарной функции — проиллюстрируем на следующем примере.

Пусть необходимо на АВМ исследовать решение следующего уравнения:

$$dy/dx + a_1 y = a_2 \sin x. \quad (4.35)$$

Представим (4.35) следующей системой уравнений :

$$dy/dx + a_1 y = z ; z = a_2 \sin x. \quad (4.36)$$

Структурную схему для первого дифференциального уравнения системы (4.36) составим общим методом и представим верхней цепочкой блоков (рис. 4.6). Для реализации второго уравнения найдем определяющее дифференциальное уравнение, для чего продифференцируем обе части второго уравнения (4.36) по x :

$$dz/dx = a_2 \cos x. \quad (4.37)$$

Уравнение (4.37) вряд ли можно считать окончательным, определяющим, так как входящий в правую часть (4.37) $\cos x$ реализовать не проще, чем $\sin x$ в (4.35) и (4.36). Поэтому продолжим процедуру последовательного дифференцирования применительно к уравнению (4.37):

$$d^2z/dx^2 = -a_2 \sin x. \quad (4.38)$$

Из (4.38) с помощью второго уравнения (4.36) можно исключить $\sin x$:

$$d^2z/dx^2 = -z. \quad (4.39)$$

Полученное уравнение (4.39) можно программировать для АВМ общим методом. Это и есть определяющее дифференциальное уравнение. Как известно, для однозначного

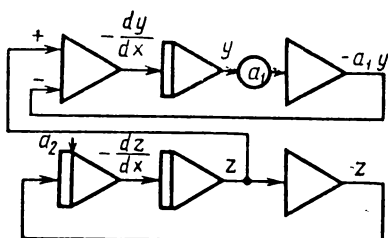


Рис. 4.6

решения дифференциального уравнения надо задать столько начальных условий, каков порядок этого уравнения. Для (4.39) их два. Из (4.36) и (4.37) их можно получить, подставив $x = 0$:

$$z = 0 ; dz/dx = a_2. \quad (4.40)$$

Отметим, что постоянный коэффициент a_2 "перешел" в начальные условия (4.40), в определяющем дифференциальном уравнении его в явном виде нет. Окончательный вид схемы коммутации блоков для задачи (4.35) приведен на рис. 4.6, где нижняя цепочка блоков соответствует определяющему уравнению (4.39). Отметим, что в данном случае нет необходимости начинать построение схемы с сумматора: так как на вход первого интегратора подается всего одна величина, третий блок представляет собой инвертор, меняющий знак величины z . Такая необходимость очевидна из сопоставления (4.36) и (4.39).

Масштабирование переменных. В рассмотренных уравнениях и схемах все величины указаны в соответствии с обозначениями математических постановок задач. Для реализации схем на АВМ необходимо выполнить специальную операцию масштабирования, определяемую двумя особенностями.

1) на АВМ все переменные имеют физическую размерность напряжения вольты ; в исходной задаче они могут иметь иную размерность или быть безразмерными. Значит, надо пересчитать размерность ;

2) на АВМ диапазон изменения переменных ограничен, в то время как в исходной задаче он, как правило, не оговорен и в общем случае может быть любым.

Методика масштабирования включает в себя несколько последовательных этапов, проиллюстрируем ее на примере схемы, изображенной на рис.4.5.

Этап 1. По независимым переменным выбирается масштабный коэффициент. На рис.4.5 такая переменная b — одна. Пусть ей соответствует напряжение U_1 , связанное с b соотношением

$$U_1 = b/M_1, \quad (4.41)$$

где M_1 — масштабный коэффициент величины b . Значение M_1 выбирается обычно одним из двух способов:

1) величина M_1 задается так, чтобы U_1 имела максимально возможное для данного типа АВМ значение (тогда относительная погрешность реализации на АВМ будет ми-

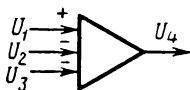


Рис. 4.7



Рис. 4.8

нимальной). Например, для ламповых АВМ — это 100 В. Тогда из (4.41) следует, что

$$M_1 = b/100 ;$$

2) если величина b имеет конкретный физический смысл, то величина U_1 выбирается так, чтобы можно было пересчитать ее в размерность величины b . При этом масштаб M_1 выбирается кратным 10,5 или 2, а значение U_1 — от 20 до 100 В, т.е. не слишком малым. Например, если $b = 0,546$, то значение M_1 можно выбирать равным 0,001, а $U_1 = 54,6$ В, т.е. напряжение U_1 как бы моделирует величину в тысячных долях.

Далее выбираются масштабные коэффициенты величин последовательно для всех блоков, начиная с блока, на который подается независимая переменная, в данном случае с сумматора (см. рис. 4.5).

Этап 2. Для сумматора масштабные коэффициенты величины на входе и выходе выбираются одинаковыми. Следовательно, схема, изображенная на рис.4.3, при реализации на АВМ соответствует схеме, приведенной на рис. 4.7.

В соответствии с табл.4.1 уравнение для схемы, приведенной на рис.4.7, имеет вид

$$U_4 = \frac{R_{oc}}{R_1} U_1 + \frac{R_{oc}}{R_2} U_2 + \frac{R_{oc}}{R_3} U_3 , \quad (4.42)$$

причем

$$U_4 = y''/M_2 , \quad (4.43)$$

где $y'' = d^2y/dx^2$.

Как известно,

$$M_2 = M_1. \quad (4.44)$$

Номиналы R_1, R_2, R_3, R_{oc} , можно выбирать произвольно, например $R_1 = R_2 = R_3 = R_{oc}$.

Этап 3. Выбираются масштабные коэффициенты для первого интегратора схемы (см.рис.4.5). Ему на АВМ соответствует схема, приведенная на рис.4.8, и справедливо соотношение

$$U_3 = y_1' / M_3, \quad (4.45)$$

где $y' = dy/dx$.

Согласно (4.20), уравнение, связывающее вход и выход, представляется в виде

$$U_3 = -1/T \int U_4 dt, \quad (4.46)$$

где t — время

Далее применяется типовой прием: величины "машинного" уравнения (4.46) выражаются через переменные исходной задачи с помощью масштабных коэффициентов и далее сравниваются с соответствующими величинами схемы. Для этого подставляются (4.43) и (4.45) в (4.46) и, кроме того, время t выражается через величину x :

$$t = x / M_t. \quad (4.47)$$

После несложных преобразований

$$\frac{y'}{M_3} = \frac{1}{T} \int \frac{y''}{M_2} \frac{dx}{M_t} \quad (4.48)$$

получаем уравнение следующего вида (4.46):

$$y' = \frac{M_3}{M_2 M_t T} \int y'' dx, \quad (4.49)$$

причем в (4.48) и (4.49) учтено, что коэффициенты

$$(M_2, M_t) = \text{const},$$

а поэтому можно вынести их за знак дифференциала и за знак интеграла. Первый интегратор на рис.4.4. и 4.5 реализует зависимость

$$y' = \int y'' dt. \quad (4.50)$$

Сопоставляя (4.50) и (4.49) , получаем

$$M_3 / (M_2 M_t T) = 1 \quad (4.51)$$

или

$$T = R C = M_3 / (M_2 M_t). \quad (4.52)$$

Так как в (4.52) масштаб M_2 выбран , т.е. известно, что масштаб $M_2=M_3$, остальные величины выбираются произвольно, при этом используются косвенные соображения

Т а б л и ц а 4.2

№ п/п	Типовой функциональный блок АВМ	Соотношение масштабов	Примечание
1	Независимая переменная x	$U_x = x/M_x$	$0 \leq U_x \leq 100$ В, где 100В — максимально допустимое напряжение данного типа АВМ
2	Масштабный усилитель $y = \alpha x$	$R_{o.c.}/R = \alpha M_y/M_x$	
3	Делитель напряжения $y = \beta x$	$\beta = M_y/M_x$	β -коэффициент передачи делителя
4	Сумматор $y = \sum_{i=1}^n x_i$	$M_y = M(x_i)$	
5	Интегратор	$RC = M_y/(M_x M_t)$	
6	Блок умножения	$M_z = M_y/(100M_x)$	
7	Блок деления	$M_z = M_y/(10M_x)$	

— масштаб по выходной величине интегратора можно выбрать, ориентируясь на начальные условия этапа 1. Например, таким образом можно выбрать масштаб для первого интегратора, определяющего уравнения и соответствующего схеме на рис. 4.6. Естественно, эта рекомендация неприменима, если начальные условия — нулевые;

— масштаб по времени M_t выбирается так, чтобы решение длилось несколько секунд и его удобно было наблюдать. Слишком быстрое решение вносит погрешность при регистрации, а слишком медленное приводит к нерациональным тратам времени; соотношение RC или $R_{o.c.}/R$ выбирается обычно от 0,1 до 10, реже — от 0,01 до 100 из-за ограничений в выборе номиналов.

Этап 2 повторяется до тех пор, пока не будут рассчитаны масштабные коэффициенты для всех величин.

Подчеркнем, что масштаб по времени M_t одинаков для всех интеграторов схемы; все величины в точке разветвления имеют один и тот же масштаб.

В табл. 4.2 приведены соотношения масштабных коэффициентов входных M_x и выходных M_y величин типовых функциональных блоков АВМ. Пользуясь табл.4.2, можно пересчитать значения переменных на входах и выходах

блоков схемы в "машинные" напряжения, при этом может потребоваться изменение постоянных коэффициентов, как это следует из табл.4.2, строка 3. Отметим также, что если соотношения масштабов блоков умножения и деления не соответствуют приведенным в табл.4.2, то это потребует изменения масштабных коэффициентов одного из входов и, возможно, повторения некоторых расчетов.

Вопросы для самопроверки

- 4.1. Назовите основные недостатки и преимущества АВМ, ЦВМ .
- 4.2. С помощью каких блоков в АВМ осуществляются операции : умножения на постоянный коэффициент; инвертирования; суммирования; интегрирования?
- 4.3. Почему при решении задач на АВМ избегают использования дифференциальных блоков ?
- 4.4. Для каких целей используются в АВМ функциональные преобразователи?
- 4.5. В чем заключается подготовка математических задач к решению на АВМ ?
- 4.6. В чем суть этапа масштабирования переменных ?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Профессиональные персональные ЭВМ «Искра-226» / *Абрамович С.Н.; Бойко В.В., Бутрин Б.П.* и др. - Микропроцессорные средства и системы, 1985, N 2, С. 29-36.
2. *Пентковский В.Н.* Автокод Эльбрус. Принципы построения языка и руководство к использованию / Под ред. *А.П.Ершова*. -М.: Наука, 1982.
3. *Балашов Е.П., Григорьев В.Л., Петров Г.А.* Микро- и мини-ЭВМ.-Л.: Энергоиздат, 1984.
4. *Вейцман К.* Распределенные системы мини- и микроЭВМ/Пер.с англ. *В.И.Шядукулиса и В.А.Шапошникова*; Под ред. *Г.П.Васильева*.-М.: Финансы и статистика, 1982.
5. *Горбунов В.Л., Панфилов Д.И., Преснухин Д.Л.* Микропроцессоры. Кн.4. Основы построения микроЭВМ /Под ред. *Л.Н.Преснухина*.-М.: Высшая школа, 1984.
6. Малые ЭВМ и их применение / *Дедов Ю.А., Островский М.А., Песелев К.В.* и др.; Под ред. *Б.Н.Наумова*.-М.: Статистика, 1980.
7. МикроЭВМ /Пер. с англ.; Под ред. *А.Дирксена*.-М.: Энергоиздат, 1982.
8. *Нестеров П.В.* Микропроцессоры. Кн. 1. Архитектура и ее оценка/Под ред. *Л.Н.Преснухина*.-М.: Высшая школа, 1984.
9. *Панфилов И.В., Половко А.М.* Вычислительные системы /Под ред. *А.М.Половко*.-М.: Советское радио, 1980.
10. *Прангвишвили И.В.* Микропроцессоры и локальные сети микроЭВМ в распределенных системах управления.-М.: Энергоатомиздат, 1985.
11. Применение диалоговых систем коллективного пользования в вузах / *Сазонов А.А., Когдов Н.М., Лукьянов С.Э.* и др.; Под ред. *А.Я.Савельева и Л.Н.Преснухина*.-М.: НИИВШ, 1983.
12. *Соботка Э., Стары Я.* Микропроцессорные системы.- М.: Энергоиздат, 1981.
13. *Трохименко Я.К., Любич Ф.Д.* Инженерные расчеты на микрокалькуляторах.-Киев.: Техника, 1980.
14. *Цветков А.Н., Епанечников В.А.* Прикладные программы для микроЭВМ.-М.: Финансы и статистика, 1984.
15. *Якубайтис Э.А.* Архитектура вычислительных сетей.-М.: Статистика, 1980.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	3
Введение.....	7
Глава 1. Микрокалькуляторы.....	17
1.1.Классификация, устройство, принцип работы микрокалькуляторов.....	17
1.2.Решение задач на микрокалькуляторах.....	25
1.3.Особенности программируемых микрокалькуляторов.....	32
1.4.Язык и программы микрокалькуляторов.....	37
1.5.Подготовка и решение задач на программируемых микрокалькуляторах.....	43
1.6.Примеры составления программ.....	50
Вопросы для самопроверки.....	54
Глава 2. Персональные ЭВМ.....	57
2.1.Общая структура персональных ЭВМ.....	57
2.2.Устройства ввода-вывода.....	63
2.3.Операционная система.....	73
2.4.Файловая система.....	77
2.5.Системы программирования и прикладные системы.....	81
2.6.Типовой сеанс работы на персональной ЭВМ.....	90
2.7.Основные области применения ПЭВМ.....	99
Вопросы для самопроверки.....	106
Глава 3. Вычислительные машины и системы.....	107
3.1.Семейства ЕС и СМ ЭВМ.....	107
3.2.Диалоговые системы коллективного пользования.....	117
3.3.Многомашинные и многопроцессорные вычислительные системы	121
3.4.Примеры применения ЭВМ и вычислительных комплексов	129
Вопросы для самопроверки.....	134
Глава 4. Аналоговые вычислительные машины.....	136
4.1.Принцип работы и общая характеристика АВМ.....	136
4.2.Сопоставительный анализ АВМ и ЭВМ.....	139
4.3.Основные функциональные блоки АВМ.....	141
4.4.Подготовка математических задач к решению на АВМ.....	149
Вопросы для самопроверки.....	158
Список литературы.....	159

Введение в ЭВМ
 Основы информатики
 Технология подготовки задач для решения на ЭВМ
 Языки программирования (ФОРТРАН IV, ФОРТРАН 77, ПЛ/1)
 Языки программирования (ПАСКАЛЬ, ПЛ/М)
 Средства общения с ЭВМ
 Практикум по программированию
 Решение прикладных задач

2 3 4 5 6 7 8

2	4220+1000.00 ₁₀ *05	2	4400-	.00	
2	4221+	62.50	2	4401+	25.00
2	4222-	.00	2	4402+	17.50
2	4223-	57.00	2	4403+1000.00 ₁₀ *05	
2	4224-	25.64	2	4404+	3.00
2	4225-	.00	2	4405-	.00
2	4226-	.00	2	4406+	25.00
2	4227+1000.00 ₁₀ *05		2	4407-	20.80
2	4230-	.00	2	4410+1000.00 ₁₀ *05	
2	4231-	.00	2	4411+	2.60
2	4232-	47.50	2	4412+	1.57
2	4233+1000.00 ₁₀ *05		2	4413+	24.00