

А.П. Пятибратов

Л.П. Гудыно

А.А. Кириченко

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ, СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

Под редакцией профессора А.П. Пятибратова

Рекомендовано УМО по образованию
в области прикладной информатики
в качестве **учебного пособия** для студентов вузов,
обучающихся по специальности
«Прикладная информатика (по областям)»
и другим экономическим специальностям

BOOK.ru

ЭЛЕКТРОННО-БИБЛИОТЕЧНАЯ СИСТЕМА

KNORUS • МОСКВА • 2024

УДК 004.738.5(075.8)

ББК 32.973.202я73

П99

Рецензенты:

С.В. Назаров, заведующий кафедрой архитектуры программных систем ГУ-ВШЭ, д-р техн. наук, проф.,

В.П. Поляков, проф. кафедры «Информационные технологии» ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», д-р пед. наук, канд. техн. наук

Пятибратов, Александр Петрович.

П99 Вычислительные системы, сети и телекоммуникации : учебное пособие / А.П. Пятибратов, Л.П. Гудыно, А.А. Кириченко ; под ред. А.П. Пятибратова. — Москва : КНОРУС, 2024. — 372 с. — (Бакалавриат).

ISBN 978-5-406-13351-4

Рассмотрены принципы построения, архитектура, структурная и функциональная организация одно- и многопроцессорных компьютерных систем, сетей различных классов и телекоммуникаций. Даны сведения о современных и перспективных многоядерных микропроцессорах, устройствах ввода-вывода информации, сетевом оборудовании и программном обеспечении, мультимедийных и интегрированных средствах и системах. Расширен материал по сетевым технологиям.

Соответствует ФГОС ВО последнего поколения.

Для студентов бакалавриата, обучающихся по специальности «Прикладная информатика (по областям)» и другим экономическим специальностям.

УДК 004.738.5(075.8)

ББК 32.973.202я73

Пятибратов Александр Петрович

Гудыно Лев Петрович

Кириченко Александр Аполлонович

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ,

СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

Изд. № 696977. Формат 60×90/16. Гарнитура «NewtonС».

Усл. печ. л. 23,5. Уч.-изд. л. 18,5.

ООО «Издательство «КноРус».

117218, г. Москва, ул. Кедрова, д. 14, корп. 2.

Тел.: +7 (495) 741-46-28.

E-mail: welcome@knorus.ru www.knorus.ru

Отпечатано в АО «Т8 Издательские Технологии».

109316, г. Москва, Волгоградский проспект, д. 42, корп. 5.

Тел.: +7 (495) 221-89-80.

© Пятибратов А.П., Гудыно Л.П.,

Кириченко А.А., 2024

© ООО «Издательство «КноРус», 2024

ISBN 978-5-406-13351-4

ОГЛАВЛЕНИЕ

Условные обозначения	6
Введение	10
РАЗДЕЛ 1. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И СИСТЕМЫ	
Глава 1. Принципы построения компьютера	
1.1. История и тенденции развития вычислительной техники	14
1.2. Основные характеристики компьютеров	23
1.3. Классификация компьютеров	26
1.4. Принципы построения компьютера	33
1.5. Структурные схемы и взаимодействие устройств компьютера	35
1.6. Кризис классической структуры компьютера	45
1.7. Структура программного обеспечения компьютера	46
Глава 2. Кодирование информации и элементная база компьютера	
2.1. Кодирование различных видов информации	51
2.2. Элементная база компьютера	61
Глава 3. Компьютерные системы	
3.1. Причины появления и развития вычислительных систем	78
3.2. Классификация вычислительных систем	81
3.3. Архитектура компьютерных систем	84
3.4. Типовые структуры вычислительных систем	87
3.5. Кластерные технологии и их развитие	95
Глава 4. Структурная и функциональная организация ядра компьютера	
4.1. Микропроцессор	102
4.2. Электронные запоминающие устройства ЭВМ	112
4.3. Функционирование ЭВМ	125
Глава 5. Основы построения периферии компьютера и управления ею	
5.1. Клавиатура	140
5.2. Системы визуального отображения информации (видеосистемы)	143
5.3. Внешние запоминающие устройства	154
5.4. Принтеры	160

Глава 6. Принципы построения системы ввода-вывода информации

6.1. Управление внешними устройствами. Принципы управления	165
6.2. Интерфейсы	167
6.3. Прямой доступ к памяти	171
6.4. Интерфейсы внешних запоминающих устройств IBM PC	175
6.5. Способы организации совместной работы периферийных и центральных устройств	176
6.6. Последовательный и параллельный интерфейсы ввода-вывода.	179
6.7. Инструментальные средства контроля и диагностики ЭВМ	183

РАЗДЕЛ 2. КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ**Глава 7. Характеристика компьютерных сетей**

7.1. Основные сведения о компьютерных сетях.	184
7.2. Эталонная модель взаимодействия открытых систем.	192
7.3. Управление доступом к передающей среде	198
7.4. Сетевые операционные системы	206

Глава 8. Телекоммуникационные системы в компьютерных сетях

8.1. Типы сетей связи и тенденции их развития.	213
8.2. Линии связи и их характеристики	216
8.3. Передача дискретных данных на физическом уровне	222
8.4. Передача дискретных данных на канальном уровне	231
8.5. Обеспечение достоверности передачи информации	235
8.6. Маршрутизация пакетов в ТКС	240
8.7. Способы коммутации в ТКС	247
8.8. Сети и технологии X.25	254
8.9. Технология и протокол Frame Relay.	257
8.10. Сети и технологии ISDN и SDH.	260
8.11. Сети и технологии ATM	264
8.12. Спутниковые сети связи	267

Глава 9. Локальные компьютерные сети

9.1. Характеристика и особенности ЛКС	273
9.2. Протоколы и технологии локальных сетей	278
9.3. Сетевые устройства ЛКС	290
9.4. Структурированная кабельная система и логическая структуризация ЛКС	293
9.5. Программное обеспечение и функционирование ЛКС	297

9.6. Организация и функционирование виртуальных локальных компьютерных сетей	303
Глава 10. Глобальные компьютерные сети. Сеть Internet	
10.1. Принципы построения, функции и типы ГКС	310
10.2. Сеть Internet. Семейство протоколов TCP/IP.	319
10.3. Адресация в IP-сетях.	328
10.4. Прикладные сервисы сети Internet	333
Глава 11. Корпоративные компьютерные сети	
11.1. Функции, характеристики и типовая структура корпоративных компьютерных сетей.	345
11.2. Программное обеспечение ККС	354
11.3. Сетевое оборудование ККС	359
11.4. Корпоративные информационные порталы	363
Список литературы	370

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

АЛУ	— арифметико-логическое устройство
АПО	— абонентское программное обеспечение
АС	— абонентская система
АУ	— арифметическое устройство
АЦП	— аналого-цифровой преобразователь
БД	— база данных
БЗ	— база знаний
БЗМ	— библиотека загрузочного модуля
БИС	— большая интегральная схема
БОМ	— библиотека объекта микроэкономики
ВЗУ	— внешнее запоминающее устройство
ВКА	— верхняя критическая амплитуда
ВОС	— взаимодействие открытых систем
ВС	— вычислительная система
ВТ	— вычислительная техника
ГВС	— глобальная вычислительная сеть
ГР	— графический редактор
ДК	— дополнительный код
ДОЗ	— дисциплина обслуживания запросов
ДОС, DOS	— дисковая операционная система
ДТА	— динамическая трансляция адресов
ДШ	— дешифратор
ЕС ЭВМ	— Единая система электронных вычислительных машин
ЗИП	— запасные инструменты и приборы
ЗМ	— загрузочный модуль
ЗУ	— запоминающее устройство
ИАМ	— импульсно-амплитудная модуляция
ИВУ	— информационно-вычислительные услуги
ИКМ	— импульсно-кодовая модуляция
ИМ	— исходный модуль
ИС	— интегральная схема
ИТ	— информационная технология
КВВ	— каналы ввода-вывода
КВС	— корпоративная вычислительная сеть
кГц	— килогерц
КИУ	— кольцевое интерфейсное устройство
КМОП	— технология

КПД	— контроллер прямого доступа к памяти
КПО	— клиентское программное обеспечение
КПТО	— комплект программ технического обслуживания
КС	— канал связи
КЦО	— комплексное централизованное обслуживание
Кэш	— память
ЛВС	— локальная вычислительная сеть
ЛФ	— логическая функция
МГц	— мегагерц
Мдк	— модификационный дополнительный код
МЕдк	— машинная единица дополнительного кода
МЕок	— машинная единица обратного кода
МКМД (MIMD)	— множественный поток команд — множественный поток данных
МКОД (MISD)	— множественный поток команд — одиночный поток данных
ММС	— многомашинные системы
Мок	— модифицированный обратный код
МОС	— международная организация по стандартизации
МП	— микропроцессор
МПС	— многопроцессорные системы
МЭ	— межсетевой экран
НГМД	— накопитель на гибких магнитных дисках
НКА	— нижняя критическая амплитуда
НМД (НЖМД)	— накопитель на жестких магнитных дисках
НМЛ	— накопитель на магнитных лентах
ОЗУ	— оперативное запоминающее устройство
ОК	— обратный код
ОКМД (SIMD)	— одиночный поток команд — множественный поток данных
ОКОД (SISD)	— одиночный поток команд — одиночный поток данных
ОМ	— объектный модуль
ОП	— основная память
ОПО	— общее программное обеспечение
ОС	— операционная система
ПАЛ	— немецкая система цветного телевидения
ПДП	— прямой доступ к памяти
ПЗС	— прибор с зарядовой связью
ПЗУ	— постоянное запоминающее устройство
ПК	— персональный компьютер

ПО	— программное обеспечение
ППД	— протокол передачи данных
ППос	— пакет программ, дополняющих возможности операционной системы
ППП	— пакеты прикладных программ
ППС	— прикладные программы сети
ПР	— поле резервирования
ПРФ	— первичные результаты функционирования
ПУ	— печатающее устройство
ПЭВМ	— персональная электронно-вычислительная машина
ПЭИ	— показатели экономической эффективности информатизации
РБД	— распределенная база данных
РВС	— региональная вычислительная сеть
РНТС	— регистр начала таблицы сегментов
РОН	— регистры общего назначения
РОС	— распределенная операционная система
РС	— рабочая станция
САП	— средства автоматизации программирования
СБ	— служба безопасности
СВТИ	— средства вычислительной техники и информатики
СД	— система документации
СЕКАМ	— советско-французская система цветного телевидения
СК	— сетевой компьютер
СЛС	— станция локальной сети
СМ	— системная магистраль
СОБ	— система обеспечения безопасности
СОЗУ	— сверхоперативное запоминающее устройство
СОС	— сетевая операционная система
СПО	— специальное программное обеспечение
СУБД	— система управления базой данных
СЧМ	— система «человек — машина»
СЭОРЭ	— система эргономического обеспечения разработки и эксплуатации
Т	— триггер
ТК	— телеконференция
ТВС	— телекоммуникационные вычислительные сети
ТКС	— телекоммуникационная система
ТСС	— территориальная сеть связи
УАТС	— учрежденческая автоматическая телефонная станция

УВВ	— устройство ввода-вывода
УПК	— удаленный персональный компьютер
УСАПП	— универсальный синхронно-асинхронный приемопередатчик
УУ	— устройство управления
ЦАП	— цифроаналоговый преобразователь
ЦКК	— центр коммутации каналов
ЦКП	— центр коммутации пакетов
ЦКС	— центр коммутации сообщений
ЦОИ	— центр обработки информации
ЦП	— центральный процессор
ЦСС	— цифровые сети связи
ЦУБ	— центр управления безопасностью
ЦУС	— центр управления сетью
ША	— шина адреса
ШД	— шина данных
ШР	— шифратор
ШУ	— шина управления
ЭВМ	— электронная вычислительная машина
ЭДО	— электронная доска объявлений
ЭЛТ	— электронно-лучевая трубка
ЭП	— электронная почта
ЭР	— эргономическая разработка
Autoexec. bat	— файл автозагрузки
ASCII	— американский стандартный код передачи информации
BIOS	— базовая система ввода-вывода
Boot Record	— программа начальной загрузки
Command.com	— командный процессор
Config. sys	— файл конфигурации
ISO	— международная организация стандартов
MPP	— системы массового параллелизма
RISC, CISC	— компьютеры
RS-, YK-, D-, RST-, YKRS-, DRS-	— триггеры
SMP	— мультипроцессирование с разделением памяти
VLIW	— ЭВМ (ЭВМ с «длинным» командным словом)
WP	— Word Processor
Yava	— интерпретационный язык

ВВЕДЕНИЕ

С учетом основных областей использования средств вычислительной техники и информатики современные и перспективные электронно-вычислительные машины (ЭВМ) можно подразделить на следующие классы (группы):

- ЭВМ вычислительного ресурса, предназначенные для решения научных, проектно-конструкторских задач, задач управления объектами, процессами и производствами. При решении этих задач выполняются большие объемы вычислительных работ и предъявляются жесткие требования по времени их выполнения. В обоих случаях определяющими характеристиками ЭВМ этого класса являются быстродействие и производительность;
- ЭВМ информационного ресурса, ориентированные на использование в центрах обработки информации и крупных узлах связи компьютерных сетей. Определяющими характеристиками ЭВМ этого класса являются производительность (требования по производительности существенно ниже, чем к машинам первого класса), емкость оперативной и внешней памяти;
- ЭВМ, используемые в составе абонентских систем компьютерных сетей и автоматизированных рабочих мест различного назначения. Эти машины (персональные компьютеры) должны быть сравнительно дешевыми, простыми и удобными в эксплуатации. Требования по производительности и емкости памяти не отличаются жесткостью, так как имеется в виду, что информационные и вычислительные ресурсы в нужном для пользователей виде, форме и качестве абонентские системы будут брать из сетей.

Совершенствование и развитие ЭВМ указанных классов сопровождаются удовлетворением ряда требований, к которым относятся:

- реализация наиболее совершенных и удобных для пользователей работы и дисциплин обслуживания запросов, в том числе в реальном масштабе времени;
- развитие аппаратных и программных средств комплексирования, обеспечивающих построение многомашинных и многопроцессорных комплексов;
- возможность использования локальных и распределенных баз данных и баз знаний;
- внедрение новейших методов и средств защиты от несанкционированного доступа к информации, хранящейся в памяти ЭВМ;

- обеспечение переменной конфигурации и динамической реконфигурации компьютерной системы;
- повышение надежности как за счет использования встроенного контроля и диагностики, так и за счет внедрения более совершенных технологий производства.

Превосходство по технико-эксплуатационным характеристикам вновь создаваемых ЭВМ любого класса по сравнению с предшествующими образцами, как правило, достигается за счет улучшения элементной и технологической базы, новых структурных и функционально-логических решений, создания новых периферийных устройств, совершенствования математического и программного обеспечения. Дальнейшее повышение производительности ЭВМ требует использования быстродействующих элементов, работа которых основана на освоении новых физических принципов и эффектов. Однако главный путь увеличения производительности — повышение уровня совмещения по времени выполняемых в машине операций, т.е. повышение уровня параллелизма, что связано с необходимостью усложнения структуры ЭВМ. Значительный прирост производительности ЭВМ достигается благодаря перераспределению функций, выполняемых машиной, между аппаратными и программными средствами в пользу первых. Повышение удельного веса функций, реализуемых аппаратными средствами, объясняется и обуславливается высоким уровнем развития микроэлектроники.

В развитии ЭВМ основное внимание уделяется персональным машинам, которые являются средством компьютеризации и информатизации общества. Доступность и широта сфер их применения определяются не только их небольшой стоимостью, но и преимущественно простотой и удобством в использовании людьми, не имеющими специальной подготовки для работы с вычислительной техникой.

Компьютерные сети (КС) аккумулируют все лучшее, что создано и создается в области вычислительной техники и информатики, информационных технологий, средств и систем передачи данных. Для разработчиков открыты широкие возможности по развитию как сетей в целом, так и отдельных их систем, звеньев, узлов.

Высокие темпы совершенствования и развития сетей обусловлены их важной ролью во всех сферах человеческой деятельности, в решении задач информатизации общества, в обеспечении перехода от индустриального общества к информационному.

К основным направлениям и путям развития компьютерных сетей можно отнести следующие.

1. Развитие топологии сетей, направленное на обеспечение одновременного обслуживания запросов от большого количества абонентских систем, и увеличение оперативности и надежности доставки пакетов адресатам за счет создания альтернативных маршрутов.

2. Создание новых, более совершенных протоколов обмена информацией и управления сетями, развитие информационных и телекоммуникационных технологий.

3. Совершенствование существующих и создание новых аппаратных средств передачи и обработки информации, расширение работ по проектированию и производству многофункциональных мультиплексоров, коммутаторов и др., по оснащению центров коммутации каналов, сообщений, пакетов более совершенным оборудованием.

4. Развитие программного обеспечения сетей. В этом направлении постоянно работают многие коллективы, предлагающие новые версии операционных систем (обладающих более широкими возможностями по управлению функционированием сетей и более удобных для пользователей), прикладных программных систем, программ технического, в том числе дистанционного, обслуживания аппаратных средств КС.

5. Повышение надежности сетей, совершенствование и развитие методов и средств обеспечения высоких показателей по всем аспектам проблемы надежности КС: техническому, программному, информационному, функциональному.

6. Развитие методов и средств, традиционных и специфических, обеспечения более высокого уровня безопасности информации, циркулирующей в сетях, повышение эффективности служб безопасности и механизмов реализации их функций.

7. Расширение перечня предоставляемых информационно-вычислительных услуг, повышение их интеллектуального уровня за счет широкого использования интеллектуальных систем и баз знаний.

8. Повышение эргономичности компьютерных сетей, достигаемое путем оптимизации трудовой деятельности пользователей сети, ее управленческого и обслуживающего персонала.

9. Интенсивный переход на использование методов и средств, определяющих процессы интеграции в системах передачи информации. Основные направления интеграции: электронизация, цифровизация, компьютеризация, интеллектуализация, унификация, персонализация, глобализация, стандартизация.

10. Создание и непрерывное совершенствование глобальной интеллектуальной сети, объединяющей сети всех государств. В рамках такой сети вполне реально решение задачи по удовлетворению запроса пользователя из любой точки планеты и в любое время.

Основные этапы создания и развития глобальной интеллектуальной сети:

- телефонизация страны, участвующей в создании сети;
- цифровизация сети, т.е. повсеместный переход на использование цифровых сетей связи, входящих в состав глобальной интеллектуальной сети;
- интеграция услуг, т.е. обеспечение возможности удовлетворения любого запроса (из числа тех, которые входят в перечень удовлетворяемых запросов) в любом звене сети;
- интеллектуализация сети, т.е. повышение интеллектуального уровня предоставляемых услуг, базирующееся на широком использовании интеллектуальных систем и баз знаний.

Очевидно, что эти этапы работы реализуются параллельно и по каждому из них государства, участвующие в создании и реализации глобальной интеллектуальной сети, находятся на различных уровнях.

Вопросы создания, организации и исследования процессов функционирования, совершенствования и развития компьютерных сетей в той или иной степени нашли отражение в трудах ряда отечественных и зарубежных ученых. Особенно следует отметить работы Н.П. Бусленко, В.С. Семенихина, В.М. Глушкова, И.А. Мизина, А.П. Пятибратова, Е.А. Дроздова, С.В. Назарова, Э.А. Якубайтиса, Т.И. Ивановой, Н.В. Макаровой, Ю. Блэк, Б. Нанс, С. Шатт и др.

РАЗДЕЛ 1

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И СИСТЕМЫ

ГЛАВА 1. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ КОМПЬЮТЕРА

1.1. История и тенденции развития вычислительной техники

Первые электронные вычислительные машины (ЭВМ) появились примерно 65 лет назад. За это время микроэлектроника, вычислительная техника и вся индустрия информатики стали основными составляющими мирового научно-технического прогресса. Их развитие осуществлялось темпами, которых не знала ни одна отрасль деятельности человека. Влияние вычислительной техники на все сферы деятельности человека продолжает расширяться. В настоящее время ЭВМ используются не только для выполнения сложных расчетов, но и в управлении производственными процессами, в образовании, здравоохранении, экологии и т.д. Это объясняется тем, что ЭВМ способны обрабатывать любые виды информации: числовую, текстовую, табличную, графическую, звуковую, видеoinформацию.

Первая электронная вычислительная машина UNIAC была построена в 1946 г. в рамках одного научно-исследовательского проекта, финансируемого министерством обороны США. Годом ранее Дж. фон Нейман издал статью, в которой были изложены основные принципы построения компьютеров. В основу проекта был положен макет вычислителя, разработанный американцем болгарского происхождения Дж. Атанасовым, занимавшимся крупномасштабными вычислениями. В осуществлении проекта принимали активное участие такие крупные ученые, как К. Шеннон, Н. Винер, Дж. фон Нейман и др. С этого момента началась эра вычислительной техники. С отставанием в 10—15 лет стала развиваться и отечественная вычислительная техника.

Математические основы автоматических вычислений к этому времени были уже разработаны (Г. Лейбниц, Дж. Буль, А. Тьюринг и др.), но появление компьютеров стало возможным только благодаря развитию электронной техники. Многократные попытки создания разного рода автоматических вычислительных устройств (от простейших счетов до механических и электромеханических вычислителей) не позволяли построить надежные и экономически эффективные машины.

Появление электронных схем сделало возможным построение электронных вычислительных машин.

Электронная вычислительная машина, или *компьютер*, — это комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для автоматизации подготовки и решения задач пользователей. Следует отметить, что в настоящее время термин «электронная вычислительная машина» практически не используется, уступив место термину «компьютер».

Под *пользователем* понимают человека, в интересах которого проводится обработка данных. В качестве пользователя могут выступать заказчики вычислительных работ, программисты, операторы.

Компьютеры являются универсальными техническими средствами автоматизации вычислительных работ, т.е. они способны решать любые задачи, связанные с преобразованием информации. Однако подготовка задач к решению была и остается до настоящего времени достаточно трудоемким процессом, требующим от пользователей во многих случаях специальных знаний и навыков. Как правило, время подготовки задач во много раз превышает время их решения.

Для снижения трудоемкости подготовки задач к решению, более эффективного использования отдельных технических, программных средств и компьютера в целом, а также облегчения их эксплуатации создается специальный комплекс программных средств. Обычно аппаратные и программные средства взаимосвязаны и объединяются в одну структуру.

Структура представляет собой совокупность элементов и их связей. В зависимости от содержания различают структуры технических, программных, аппаратно-программных и информационных средств.

Часть программных средств обеспечивает взаимодействие пользователей с компьютером и является своеобразным «посредником» между ними. Она получила название *операционная система* и является ядром программного обеспечения.

Под *программным обеспечением* понимают комплекс программных средств регулярного применения, предназначенный для создания необходимого сервиса для работы пользователей.

Программное обеспечение (ПО) отдельных компьютеров и вычислительных систем (ВС), созданных на их основе, может сильно различаться составом используемых программ, который определяется классом используемой вычислительной техники, режимами ее применения, содержанием вычислительных работ пользователей и т.п. Развитие ПО в значительной степени носит эволюционный и эмпирический характер, но можно выделить закономерности в его построении.

Рассмотрим основные вехи и тенденции развития компьютеров, их аппаратных и программных средств (рис. 1.1).

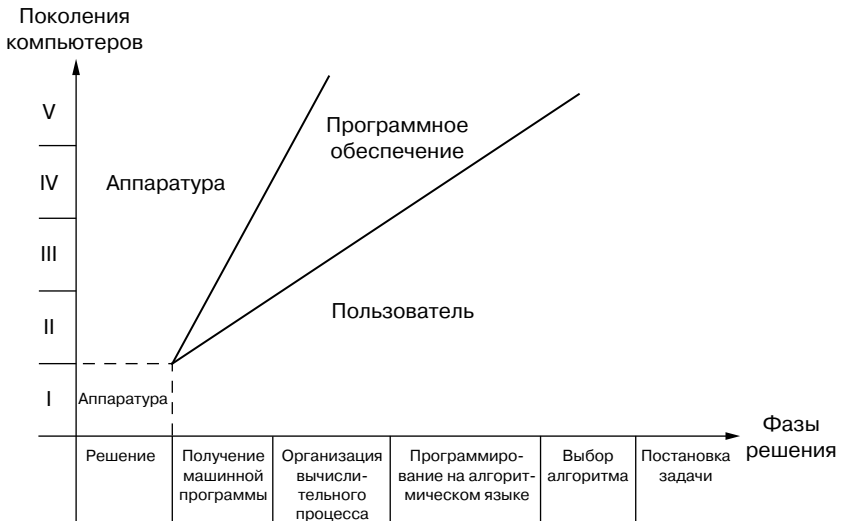


Рис. 1.1. Автоматизация подготовки и решения задач на компьютере

В общем случае процесс подготовки и решения задач предусматривает обязательное выполнение следующей последовательности этапов:

- 1) формулировка проблемы и математическая постановка задачи;
- 2) выбор метода и разработка алгоритма решения;
- 3) программирование (запись алгоритма) с использованием некоторого алгоритмического языка;
- 4) планирование и организация вычислительного процесса — порядка и последовательности использования ресурсов компьютеров и вычислительных систем;
- 5) формирование «машинной программы», т.е. программы, которую непосредственно будет выполнять компьютер;

б) собственно решение задачи — выполнение вычислений по готовой программе.

По мере развития вычислительной техники автоматизация этих этапов идет снизу вверх.

На пути развития электронной вычислительной техники до настоящего времени можно выделить четыре поколения компьютеров, отличающихся элементной базой, функционально-логической организацией, конструктивно-технологическим исполнением, программным обеспечением, техническими и эксплуатационными характеристиками, степенью доступа к ресурсам со стороны пользователей.

Смене поколений сопутствовало изменение основных технико-эксплуатационных и технико-экономических показателей компьютеров, и в первую очередь таких, как быстродействие, емкость памяти, надежность и стоимость. При этом одной из основных тенденций развития было и остается стремление уменьшить трудоемкость подготовки программ решаемых задач, облегчить связь операторов с машинами, повысить эффективность использования последних. Это диктовалось и диктуется постоянным ростом сложности и трудоемкости задач, решение которых возлагается на компьютеры в различных сферах их применения.

Возможности улучшения технико-эксплуатационных показателей компьютеров в значительной степени зависят от элементов, используемых для построения их электронных схем. Поэтому при рассмотрении этапов развития компьютеров каждое поколение в первую очередь, как правило, характеризуется используемой элементной базой.

Основным активным элементом компьютеров **первого поколения** являлась электронная лампа, остальные компоненты электронной аппаратуры — это обычные резисторы, конденсаторы, трансформаторы. Для построения оперативной памяти уже с середины 1950-х гг. начали применяться специально разработанные для этой цели элементы — ферритовые сердечники с прямоугольной петлей гистерезиса. В качестве устройства ввода-вывода сначала использовалась стандартная телеграфная аппаратура (телетайпы, ленточные перфораторы, трансмиттеры, аппаратура счетно-перфорационных машин), а затем специально были разработаны электромеханические запоминающие устройства на магнитных лентах, барабанах, дисках и быстродействующие печатающие устройства.

Компьютеры этого поколения имели значительные размеры, потребляли большую мощность. Быстродействие этих машин составляло от нескольких сотен до нескольких тысяч операций в секунду, емкость

памяти — несколько тысяч машинных слов, надежность исчислялась несколькими часами работы.

В этих ЭВМ автоматизации подлежал только шестой этап, так как практически отсутствовало какое-либо программное обеспечение. Все пять предыдущих этапов пользователь должен был готовить вручную самостоятельно, вплоть до получения машинных кодов программ. Трудоемкий и рутинный характер этих работ был источником большого количества ошибок в заданиях. Поэтому в компьютерах следующих поколений появились сначала блоки, а затем целые системы, облегчающие процесс подготовки задач к решению.

На смену лампам пришли транзисторы в машинах **второго поколения** (начало 1960-х гг.). Использование постоянно совершенствуемых транзисторов позволило преобразовать окружающий человека мир (радио, телевидение, бытовая аппаратура, системы связи и т.п.). Компьютеры стали обладать большими быстродействием, емкостью оперативной памяти, надежностью. Все основные характеристики постоянно улучшались. Существенно были уменьшены размеры, масса и потребляемая мощность. Большим достижением явилось применение печатного монтажа. Повысилась надежность электро-механических устройств ввода-вывода, состав которых значительно расширился. Машины второго поколения стали обладать большими вычислительными и логическими возможностями.

Особенность машин второго поколения — их дифференциация по применению. Появились компьютеры для решения научно-технических и экономических задач, для управления производственными процессами и различными объектами (управляющие машины).

Наряду с техническим совершенствованием ЭВМ развивались методы и приемы программирования, высшей ступенью которых стало появление систем автоматизации программирования, значительно облегчающих труд математиков-программистов. Большое развитие и применение получили алгоритмические языки, существенно упрощающие процесс подготовки задач к решению. С появлением алгоритмических языков резко сократились штаты программистов, поскольку составление программ на этих языках стало под силу самим пользователям.

Широкое применение алгоритмических языков (Автокоды, Алгол, Фортран и др.) и соответствующих им трансляторов, позволяющих автоматически формировать машинные программы по их описанию на алгоритмическом языке, привело к созданию библиотек стандартных программ, что в свою очередь позволило строить машинные

программы блоками, используя накопленный и приобретенный программистами опыт. Новые программные средства здесь еще не объединялись в отдельные пакеты под общим управлением. Отметим, что временные границы появления всех этих нововведений достаточно размыты. Обычно их истоки можно обнаружить уже в недрах ЭВМ предыдущих поколений.

Третье поколение компьютеров (конец 1960-х — начало 1970-х гг.) характеризуется широким применением интегральных схем. *Интегральная схема* представляет собой законченный логический и функциональный блок, соответствующий достаточно сложной транзисторной схеме. Благодаря использованию интегральных схем удалось еще более улучшить технические и эксплуатационные характеристики машин. Вычислительная техника стала иметь широкую номенклатуру устройств, позволяющих строить разнообразные системы обработки данных, ориентированные на различные применения. Они охватывали широкий диапазон по производительности, чему способствовало также повсеместное применение многослойного печатного монтажа.

В компьютерах третьего поколения значительно расширился набор различных электромеханических устройств ввода и вывода информации. Развитие этих устройств носит эволюционный характер: их характеристики улучшаются гораздо медленнее, чем характеристики электронного оборудования.

Отличительной особенностью развития программных средств этого поколения является появление ярко выраженного программного обеспечения и развитие его ядра — операционных систем, отвечающих за организацию и управление вычислительным процессом. Именно здесь понятие «ЭВМ» все чаще стало заменяться понятиями «компьютер» и «вычислительная система», что в большей степени отражало усложнение как аппаратной, так и программной частей. Стоимость программного обеспечения стала расти, и в настоящее время она намного опережает стоимость аппаратуры (рис. 1.2). Наибольшая крутизна графика соответствует времени появления операционных систем — началу 1980-х гг.

Операционная система (ОС) является ядром программного обеспечения. ОС планирует последовательность распределения и использования ресурсов вычислительной системы, а также обеспечивает их согласованную работу. Под ресурсами обычно понимают те средства, которые используются для вычислений: машинное время отдельных процессоров или компьютеров, входящих в систему; объемы оперативной и внешней памяти; отдельные устройства, информационные

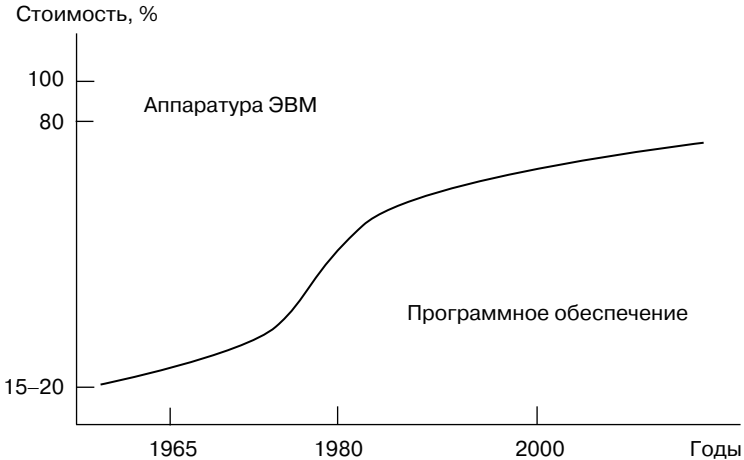


Рис. 1.2. Динамика изменения стоимости аппаратных и программных средств

массивы; библиотеки программ; отдельные программы как общего, так и специального применения и т.п.

Интересно, что наиболее употребительные функции ОС в части обработки внештатных ситуаций (защита программ от взаимных помех, системы прерываний и приоритетов, служба времени, сопряжение с каналами связи и т.д.) были полностью или частично реализованы аппаратно. Одновременно были реализованы более сложные режимы работы: коллективный доступ к ресурсам, мультипрограммные режимы. Часть этих решений стала своеобразным стандартом и начала использоваться повсеместно в компьютерах различных классов.

В машинах третьего поколения были существенно расширены возможности доступа к ним со стороны абонентов, находящихся на различных, в том числе и значительных, в десятки и сотни километров, расстояниях. Удобство общения абонента с компьютером достигалось за счет развитой сети абонентских пунктов, связанных с ним информационными каналами связи, и соответствующего программного обеспечения.

Например, в режиме разделения времени многим абонентам предоставлялась возможность одновременного, непосредственного и оперативного доступа к компьютеру. Вследствие большого различия инерционности человека и машины у каждого из одновременно работающих абонентов складывалось впечатление, будто ему одному предоставлено машинное время.