

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ГОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра менеджмента и ВЭД предприятия

В.П. Часовских

# **ПОНЯТИЕ И СРЕДСТВА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕНЕДЖМЕНТЕ**

Методические указания  
для студентов направления «Менеджмент»

Екатеринбург  
2010

Печатается по рекомендации методической комиссии ФЭУ.  
Протокол № 1 от 01 сентября 2009 г.

Рецензент канд. техн. наук доцент, зав. кафедрой информационных технологий и моделирования УГЛТУ В.А. Попов

Редактор О.В. Атрошенко  
Оператор компьютерной верстки Г.И. Романова

---

Подписано в печать 30.12.10		Поз. 34
Плоская печать	Формат 60x84 1/16	Тираж 100 экз.
Заказ №	Печ. л. 2,79	Цена 14 руб. 64 коп.

---

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ  
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

## Оглавление

Введение .....	4
1. Основные категории и понятия информационных технологий .....	5
1.1. Понятие информации.....	5
1.2. Информация: структура, форма, измерение .....	10
Вопросы для самопроверки.....	16
2. Информационные технологии в деятельности человека .....	17
2.1. Возникновение информационных технологий.....	17
2.2. Управление в системах .....	19
2.3. Информационные модели.....	25
2.4. Человек и информационные технологии.....	27
2.5. Процесс принятия решения.....	29
2.6. Информатика и информационная технология.....	30
Вопросы для самопроверки.....	32
3. История развития вычислительной техники .....	33
3.1. Эволюция средств вычислительной техники .....	33
3.2. Поколения современных компьютеров .....	35
3.2.1. Первое поколение компьютеров (1945–1956 г.) .....	35
3.2.2. Второе поколение компьютеров (1956–1963 г.) .....	39
3.2.3. Третье поколение компьютеров (1964–1971 г.).....	41
3.2.4. Четвертое поколение компьютеров (с 1971 г. по настоящее время) .....	43
Вопросы для самопроверки .....	48

## Введение

Информационные системы в XXI в. становятся важнейшим инструментом социально-экономического развития общества, играя существенную роль в менеджменте организации. Влияя на качество интеллектуальных решений организации, информационные системы повышают уровень развития самой организации.

Управление современными организациями в условиях рыночной экономики представляет собой сложный процесс, включающий выбор и реализацию определенных управленческих воздействий на текущих временных отрезках для решения стратегических задач по обеспечению его устойчивого финансового и социально-экономического развития. Информационные системы, достигшие в последнее десятилетие нового качественного уровня, в значительной мере расширяют возможности эффективного управления, поскольку предоставляют в распоряжение менеджеров всех уровней новейшие методы обработки и анализа экономической, управленческой информации, необходимой для принятия решения. Это методы по переработке разрозненных исходных данных в надежную и оперативную информацию механизма принятия решения с помощью аппаратных и программных средств для достижения оптимальных рыночных параметров объекта управления. Следует понимать, что в настоящее время информация является важнейшим ресурсом любой организации. Она радикально отличается от всех ресурсов тем, что не подпадает под категорию редких или ограниченных. Напротив, информация обладает свойством безграничности, что служит категориальной характеристикой не ресурса, а потребностей. Если организация продает некий предмет, например машину, то после продажи у организации этого предмета больше нет. Если организация продает информацию, то эта информация по-прежнему остается у неё. Более того, информация становится тем более ценной, чем больше людей владеет ею.

Значение этого факта для менеджеров не рассматривается в данных методических указаниях, хотя сам факт требует изменений в ключевых представлениях менеджмента. Информация не привязана ни к одному из видов промышленности, ни к одной из форм предпринимательской деятельности. Она не имеет явно выраженной формы конечного использования, равно как ни один вид конечного использования не требует специфического вида информации и не зависит ни от одного конкретного вида информации.

Данные методические указания формируют у студентов знания в области практики применения информационных систем в управлении организацией, необходимом для принятия решений касательно целесообразности и обоснованности их внедрения в конкретных условиях деятельности организации. В результате освоения данного курса предполагается

создание у студентов упорядоченной системы знаний о реальных возможностях новейших информационных систем.

Каждая глава методических указаний завершается контрольными вопросами. Их структура и содержание полностью соответствуют требованиям государственного образовательного стандарта второго поколения специальности «Менеджмент организации».

Материалы работы могут использоваться при изучении последующих дисциплин «Исследование систем управления», «Логистика», «Антикризисное управление», «Управление качеством» и других из учебного плана специальности «Менеджмент организации», а также в курсовом и дипломном проектировании.

Методические указания могут быть рекомендованы как основные для изучения дисциплин «Информационные технологии в экономике», «Автоматизированные системы управления лесопромышленными предприятиями», «Информационные системы в лесохозяйственной деятельности», как вспомогательные – в дисциплинах «Информатика», «Информационные технологии в маркетинге», «Геоинформационные системы» и во многих других.

## **1. Основные категории и понятия информационных технологий**

### **1.1. Понятие информации**

Изучение любой дисциплины так или иначе начинается с формулировки определений ее фундаментальных терминов и категорий. Основоположающим понятием данной дисциплины является *информация*. Термин *информация* происходит от лат. *informatio* «разъяснение, осведомление, изложение». Особенностью этого термина является то, что, с одной стороны, он является интуитивно понятным практически для всех, а с другой – общепризнанной его трактовки в научной литературе не существует. Приведем несколько определений информации, данных основоположниками кибернетики и информатики.

Н. Винер: «Информация – это обозначение содержания, которое черпается нами из внешнего мира в процессе нашего приспособления к нему и приведения в соответствие с ним нашего мышления».

К. Шеннон: «Информация – снятая неопределенность».

Куфиньяль: «В кибернетике информацией называется всякое физическое действие, сопровождающееся действием психическим» или «сочетание носителя с семантикой».

Флехтнер: «Сообщение содержит информацию, когда оно – “важно” для получателя, например, информирует его о чем-то».

Приведем еще несколько определений, данных в современной литературе.

Информация – это совокупность сигналов, воспринимаемых нашим сознанием, которые отражают те или иные свойства объектов и явлений окружающей нас действительности. Природа данных сигналов подразумевает наличие принципиальных возможностей по их сохранению, передаче и трансформации (обработке).

Информация – это сведения, знания, сообщения, являющиеся объектами хранения, преобразования, передачи и помогающие решить поставленную задачу.

Информация – это сообщение, осведомление о положении дел, сведения о чём-либо, передаваемые людьми.

Информация – это уменьшаемая, снимаемая неопределённость в результате получения сообщений.

Информация – это сообщение, неразрывно связанное с управлением, сигналы в единстве синтаксических, семантических и прагматических характеристик.

Информация – это передача, отражение разнообразия в любых объектах и процессах (неживой и живой природы).

В обыденной жизни мы вкладываем в это слово весьма широкий смысл и часто можем пояснить его только на интуитивном уровне. Говоря *информация*, мы имеем в виду и сообщения по радио и телевидению, и содержание газет, книг, баз данных, библиотек, и знания, почерпнутые из общения с людьми и полученные в научных журналах. Информацию хранят в книгах, библиотеках, в базах данных, на бумаге и машинных носителях. Передают информацию устно и письменно, с помощью электрических сигналов и радиоволн. Получают с помощью органов чувств, электрических датчиков фото- и видеокамер.

Отдельные данные и сообщения обрабатывают, преобразовывают, систематизируют, сортируют и получают новую информацию или новые знания.

Следует особо отметить, что как научная категория информация составляет предмет изучения для самых различных областей знания: философии, информатики, теории систем, кибернетики и т. д.

В философском смысле информация есть отражение реального мира; это сведения, которые один реальный объект содержит о другом реальном объекте. Таким образом, понятие информации связывается с определенным объектом, свойства которого она отражает.

Сама по себе информация может быть отнесена к абстрактным понятиям типа математических. Однако ряд ее особенностей приближает информацию к материальному миру. Так, информацию можно получить, записать, передать, стереть. Информация не может возникнуть из ничего. Но есть и особенности, отличающие информацию от реального мира. При передаче информации из одной системы в другую ее количество в передающей системе не уменьшается, хотя в принимающей системе оно, как

правило, увеличивается. Кроме того, наблюдается независимость информации от ее носителя, так как возможны ее преобразование и передача по различным физическим средам с помощью разнообразных физических сигналов безотносительно к ее семантике, т. е. содержательности, смыслу. Информация о любом материальном объекте может быть получена путем наблюдения, натурального или вычислительного эксперимента или путем логического вывода. В связи с этим информацию делят на доопытную, или априорную, и послеопытную, или апостериорную, полученную в результате проведенного эксперимента.

Другой подход к определению информации отталкивается от схематичного представления процесса ее передачи. Для того чтобы в материальном мире происходили обмен информацией, ее преобразование и передача, должны быть носитель информации, передатчик, канал связи, приемник и получатель информации. Среда передачи объединяет источник и получателя информации в информационную систему (рис. 1).

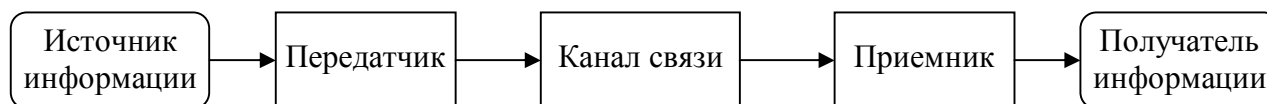


Рис. 1. Информационная система

При взаимодействии источника и получателя, собственно говоря, и возникает информация – некоторое сообщение, которое тем или иным способом уменьшает незнание получателя о некотором объекте, факте или явлении.

Подобные информационные системы возникают не только среди людей. Обмен информацией происходит и в животном, и в растительном мире. Если же участником информационной системы является человек, то речь идет о смысловой информации, т. е. информации, выражаемой человеком.

В одном терминологическом ряду с информацией стоят понятия *данные* и *знания*.

Под *данными* обычно понимают информацию, представленную в конкретных формах, которые адекватны возможным (ожидаемым) процессам ее обработки. *Знания* – это информация, на основании которой путем логических рассуждений могут быть получены определенные выводы.

Также под знаниями иногда понимают данные, имеющие сложную организацию, обладающие фактографической и семантической составляющими. Под *фактографической* составляющей понимается информация, связанная с регистрацией событий и явлений, а под *семантической* – информация, касающаяся содержательного (смыслового) толкования зарегистрированных фактов.

Получатель информации оценивает ее в зависимости от того, для какой цели информация будет использована. Поэтому информация имеет свойство относительности. Одна и та же информация для одного получателя имеет глубокий смысл и обладает чрезвычайной ценностью, а для другого – является либо давно уже известной, либо бесполезной. Например, информация о последних достижениях в физике частиц высоких энергий очень важна для физика-ядерщика и совершенно бесполезна для агронома.

При оценке информации различают такие ее аспекты, как синтаксический, семантический и прагматический.

**Синтаксический аспект** связан со способом представления информации вне зависимости от ее смысловых и потребительских качеств. На синтаксическом уровне рассматриваются формы представления информации для ее передачи и хранения. Обычно информация, предназначенная для передачи, называется сообщением. Сообщение может быть представлено в виде знаков и символов, преобразовано в электрическую форму, закодировано, т. е. представлено в виде определенной последовательности электрических сигналов, однозначно отображающих передаваемое сообщение, и промодулировано для того, чтобы имелась возможность его передачи по выбранному каналу связи. Характеристики процессов преобразования сообщения для его передачи определяют синтаксический аспект информации. При хранении синтаксический аспект определяется другими формами представления информации, которые позволяют наилучшим образом осуществить поиск, запись, обновление, изменение информации в информационной базе. Информацию, рассмотренную только в синтаксическом аспекте, часто называют *данными*.

**Семантический аспект** передает смысловое содержание информации и соотносит ее с ранее имевшейся информацией. Смысловые связи между словами или другими элементами языка отражает словарь-тезаурус. Тезаурус состоит из двух частей: списка слов и устойчивых словосочетаний, сгруппированных по смыслу, и так называемого ключа, например алфавитного, позволяющего расположить слова в определенном порядке. При получении информации тезаурус может изменяться, и степень этого изменения характеризует воспринятое количество информации.

**Прагматический аспект** определяет возможность достижения поставленной цели с учетом полученной информации. Этот аспект отражает потребительские свойства информации. Если информация оказалась ценной, поведение ее потребителя меняется в нужном направлении. Проявляется прагматический аспект информации только при наличии единства информации (объекта), потребителя и поставленной цели.

Информация относительно ее возникновения и последующих преобразований проходит три этапа, которые, собственно говоря, и определяют ее семантический, синтаксический и прагматический аспекты. Человек



сначала наблюдает некоторый факт окружающей действительности, который отражается в его сознании в виде определенного набора данных. Здесь проявляется синтаксический аспект. Затем после структуризации этих данных в соответствии с конкретной предметной областью человек формирует знание о наблюдаемом факте. Это семантический аспект полученной информации. Информация в виде знаний имеет высокую степень структуризации, что позволяет выделять полную информацию об окружающей нас действительности и создавать информационные модели исследуемых объектов. Полученные знания человек затем использует в своей практике, т. е. для достижения поставленных целей, что и отражает прагматический аспект информации.

Выделяются следующие виды информации.

*Научная информация* – это информация, наиболее полно отражающая объективные закономерности природы, общества и мышления. Ее подразделяют по областям получения или пользования на политическую, экономическую, техническую, биологическую, физическую и т. д., по назначению – на массовую и специальную.

В системах организационного управления выделяют *экономическую* информацию, связанную с управлением людьми, и *техническую* информацию, связанную с управлением техническими объектами.

Экономическая информация отражает процессы производства, распределения, обмена и потребления материальных благ и услуг. В связи с тем, что экономическая информация большей частью связана с общественным производством, ее часто называют *производственной* информацией.

Экономическая информация характеризуется большим объемом, многократным использованием, обновлением и преобразованием, большим числом логических операций и относительно несложных математических расчетов для получения многих видов *результатной* информации.

Структурной единицей экономической информации является *показатель*. Показатель представляет собой контролируемый параметр экономического объекта и состоит из совокупности реквизитов. Реквизит имеет законченное смысловое содержание и потребительскую значимость. *Реквизит* – это логически неделимый элемент показателя, отражающий определенные свойства объекта или процесса. Реквизит нельзя разделить на более мелкие единицы без разрушения его смысла. Каждый показатель состоит из одного реквизита-основания и одного или нескольких реквизитов-признаков. *Реквизит-признак* характеризует смысловое значение показателя и определяет его наименование. *Реквизит-основание* характеризует, как правило, количественное значение показателя.

## 1.2. Информация: структура, форма, измерение

Важнейшими характеристиками информации являются ее структура и форма. *Структура информации* – это то, что определяет взаимосвязи между ее элементами. Фундаментальным свойством информации является свойство системности. Как известно, системой называют совокупность, у которой есть такие свойства, которыми не обладает ни один из входящих в нее элементов в отдельности. Без труда можно привести массу примеров, демонстрирующих, что соединение разрозненных информационных сигналов порождает систему, обладающую более высокой содержательной ценностью.

Другой стороной информации является *форма ее представления*. Среди основных фиксируемых форм могут быть названы:

- символно-текстовая (информация, представленная в виде совокупности букв, цифр, знаков и т. п.);
- графическая (изображение и т. п.);
- звуковая.

Для того чтобы оценить и измерить количество информации, применяются различные подходы и методы. Среди них выделяются статистический, семантический, прагматический и структурный подходы. Исторически наибольшее развитие получил статистический подход.

**Статистический подход.** Он изучается в обширном разделе кибернетики, называемом теорией информации. Основоположником этого подхода считается К. Шеннон, опубликовавший в 1948 г. свою математическую теорию связи. Большой вклад в теорию информации до него внесли ученые Найквист и Хартли, которые соответственно в 1924 и 1928 г. напечатали работы по теории телеграфии и передаче информации. Признаны во всем мире исследования по теории информации российских ученых А.Н. Колмогорова, А.Я. Хинчина, В.А. Котельникова, А.А. Харкевича и др.

К. Шенноном было введено понятие количества информации как меры неопределенности состояния системы, снимаемой при получении информации. Количественно выраженная неопределенность состояния получила название энтропии по аналогии с подобным понятием в статистической механике. При получении информации уменьшается неопределенность, т. е. энтропия системы. Очевидно, что чем больше информации получает наблюдатель, тем больше снимается неопределенность, и энтропия системы уменьшается. При энтропии, равной нулю, о системе имеется полная информация, и наблюдателю она представляется целиком упорядоченной. Таким образом, получение информации связано с изменением степени неосведомленности получателя о состоянии этой системы.

До получения информации ее получатель мог иметь некоторые предварительные (априорные) сведения о системе  $X$ . Оставшаяся неосведомленность и является для него мерой неопределенности состояния (энтро-

пией) системы. Обозначим априорную энтропию системы  $X$  через  $H(X)$ . После получения некоторого сообщения наблюдатель приобрел дополнительную информацию  $I(X)$ , уменьшившую его начальную неосведомленность так, что апостериорная (после получения информации) неопределенность состояния системы стала  $H'(X)$ . Тогда количество информации  $I$  может быть определено как

$$I(X) = H(X) - H'(X).$$

Другими словами, количество информации измеряется уменьшением (изменением) неопределенности состояния системы.

Если апостериорная энтропия системы обратится в нуль, то первоначально неполное знание заменится полным знанием и количество информации, полученной в этом случае наблюдателем, будет

$$I(X) = H(X),$$

то есть энтропия системы может рассматриваться как мера недостающей информации.

Если система  $X$  обладает дискретными состояниями (т. е. переходит из состояния в состояние скачком), их количество равно  $N$ , а вероятность нахождения системы в каждом из состояний —  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_N$  (причем  $\sum_{i=1}^N P_i = 1$  и  $P_i \leq 1$ ), то согласно теореме Шеннона энтропия системы  $H(X)$  равна

$$H(X) = -K_0 \sum_{i=1}^N P_i \log_a P_i.$$

Здесь коэффициент  $K_0$  и основание логарифма  $a$  определяют систему единиц измерения количества информации. Логарифмическая мера информации была предложена Хартли для представления технических параметров систем связи как наиболее удобная и наиболее близкая к восприятию человеком, привыкшим к линейным сравнениям с эталонами. Например, каждый чувствует, что две однотипные дискеты должны обладать вдвое большей емкостью, чем одна, а два идентичных канала связи должны иметь удвоенную пропускную способность.

Знак «минус» поставлен для того, чтобы значение энтропии было положительным, так как  $P_i \leq 1$  и логарифм в этом случае отрицательный.

Если все состояния системы равновероятны, т. е.  $P_i = \frac{1}{N}$ , ее энтропия

$$H(X) = -K_0 \sum_{i=1}^N \frac{1}{N} \log_a \frac{1}{N} = K_0 \log_a N.$$

Энтропия  $H$  обладает рядом интересных свойств. Вот некоторые из них.

Энтропия  $H$  равна нулю только тогда, когда все вероятности  $P_i$ , кроме одной, равны нулю, а эта единственная вероятность равна единице. Таким образом,  $H = 0$  только в случае полной определенности состояния системы.

При заданном числе состояний системы  $N$  величина  $H$  максимальна и равна  $K_0 \log_a N$ , когда все  $P_i$  равны.

Определим единицы измерения количества информации с помощью выражения для энтропии системы с равновероятными состояниями.

Пусть система имеет два равновероятных состояния, т. е.  $N = 2$ . Будем считать, что снятие неопределенности состояния такой системы дает одну единицу информации, так как при полном снятии неопределенности энтропия количественно равна информации  $H = I$ . Тогда

$$1 = K_0 \log_a 2.$$

Очевидно, что правая часть равенства будет тождественно равна единице информации, если принять  $K_0 = 1$  и основание логарифма  $a = 2$ . В общем случае при  $N$  равновероятных состояний количество информации будет

$$I = \log_2 N.$$

Эта формула получила название формулы Хартли. Она показывает, что количество информации, необходимое для снятия неопределенности системы с равновероятными состояниями, зависит лишь от количества этих состояний.

Информация о состояниях системы передается получателю в виде сообщений, которые могут быть представлены в различной синтаксической форме, например в виде кодовых комбинаций, использующих  $m$  различных символов и  $n$  разрядов, в каждом из которых может находиться любой из символов. Если код не избыточен, то каждая кодовая комбинация отображает одно из состояний системы. Количество кодовых комбинаций будет

$$N = m^n.$$

Подставив это выражение в формулу для  $I$ , получим

$$I = n \log_2 m.$$

Если код двоичный, т. е. используются лишь два символа (0 или 1), то  $m = 2$  и  $I = n$ . В этом случае количество информации в сообщении составит  $n$  двоичных единиц, называемых битами (binary digit (bit) – двоичная цифра).

От бита как наименьшей меры количества информации происходят производные единицы:

$$1 \text{ байт} = 8 \text{ бит},$$

$$1 \text{ килобайт (Кбайт)} = 1024 \text{ байт} = 2^{10} \text{ байт},$$

$$1 \text{ мегабайт (Мбайт)} = 1024 \text{ килобайт} = 2^{20} \text{ байт},$$

$$1 \text{ гигабайт (Гбайт)} = 1024 \text{ мегабайт} = 2^{30} \text{ байт} \text{ и т. д.}$$

Как можно заметить, приставки кило-, мега- и тому подобные здесь употребляются в отличающемся от традиционного смысле, означая умножение на  $1024 = 2^{10}$ , а не на тысячу. Это позволяет гармонично связать методы измерения информации с бинарной (двоичной) организацией системы ее хранения.

При использовании в качестве основания логарифма числа 10 единицы измерения информации могут быть десятичными, или *дитами*. Поскольку  $\log_2 N = \log_{10} N / \log_{10} 2 = 3,32 \log_{10} N$ , то десятичная единица составляет примерно 3,33 бита.

Иногда удобно применять натуральное основание логарифма  $e$ . В этом случае получающиеся единицы информации называются натуральными, или *натами*. Переход от основания  $a$  к основанию  $b$  требует лишь умножения на  $\log_b a$ .

Введенная количественная статистическая мера информации широко используется в теории информации для оценки собственной, взаимной, условной информации и других её видов. Рассмотрим в качестве примера собственную информацию. Под *собственной информацией* будем понимать информацию, содержащуюся в конкретном сообщении. А конкретное сообщение, как указывалось выше, дает получателю информацию о возможности существования конкретного состояния системы. Тогда количество собственной информации, содержащееся в сообщении  $X_i$ , определяется как

$$I(X_i) = -\log_2 P(X_i).$$

Собственная информация имеет следующие свойства.

- Собственная информация неотрицательна.
- Чем меньше вероятность возникновения сообщения, тем больше информации оно содержит. Именно поэтому неожиданные сообщения так воздействуют на психику человека, что содержащееся в них большое количество информации создает информационный психологический удар, который иногда приводит к трагическим последствиям.

- Если сообщение имеет вероятность возникновения, равную единице, то количество информации, содержащееся в нем, равно нулю, так как заранее известно, что может прийти только это сообщение, а значит, ничего нового потребитель информации не получает.

- Собственная информация обладает свойством аддитивности, т. е. количество собственной информации нескольких независимых сообщений равно их сумме. Например, для собственной информации двух сообщений  $X_i$  и  $Y_i$  может быть записано:

$$I(X_i, Y_i) = -\log_2 P(X_i) - \log_2 P(Y_i) = I(X_i) + I(Y_i).$$

Следует еще раз отметить, что статистический подход к количественной оценке информации был рассмотрен для дискретных систем, случайным образом переходящих из состояния в состояние, и, следовательно, сообщение об этих состояниях также возникает случайным образом.

Кроме того, статистический метод определения количества информации практически не учитывает семантического и прагматического аспектов информации.

**Семантический подход.** Этот подход является наиболее трудно формализуемым и до сих пор окончательно не определенным.

Наибольшее признание для измерения смыслового содержания информации получила *тезаурусная* мера, предложенная Ю.И. Шнейдером. Идеи тезаурусного метода были сформулированы еще основоположником кибернетики Н. Винером. Для понимания и использования информации ее получатель должен обладать определенным запасом знаний.

Если индивидуальный тезаурус потребителя  $S_{II}$  отражает его знания о данном предмете, то количество смысловой информации  $I_C$ , содержащееся в некотором сообщении, можно оценить степенью изменения этого тезауруса, произошедшего под воздействием данного сообщения. Очевидно, что количество информации  $I_C$  нелинейно зависит от состояния индивидуального тезауруса пользователя, и хотя смысловое содержание сообщения  $S$  постоянно, пользователи, имеющие отличающиеся тезаурусы, будут получать неодинаковое количество информации.

В самом деле, если индивидуальный тезаурус получателя информации близок к нулю ( $S_{II} \approx 0$ ), то в этом случае и количество воспринятой информации равно нулю ( $I_C = 0$ ).

Количество семантической информации  $I_C$  в сообщении также будет равно нулю, если пользователь информации абсолютно все знает о предмете, т. е. его тезаурус  $S_{II}$  и сообщение не дает ему ничего нового.

Интуитивно мы чувствуем, что между этими полярными значениями тезауруса пользователя существует некоторое оптимальное значение,  $S_{II.опт}$ , при котором количество информации  $I_C$ , извлекаемое из сообщения, становится для получателя максимальным. Эта функция зависимости количества информации  $I_C$  от состояния индивидуального тезауруса пользователя  $S_{II}$  приведена на рис. 2.

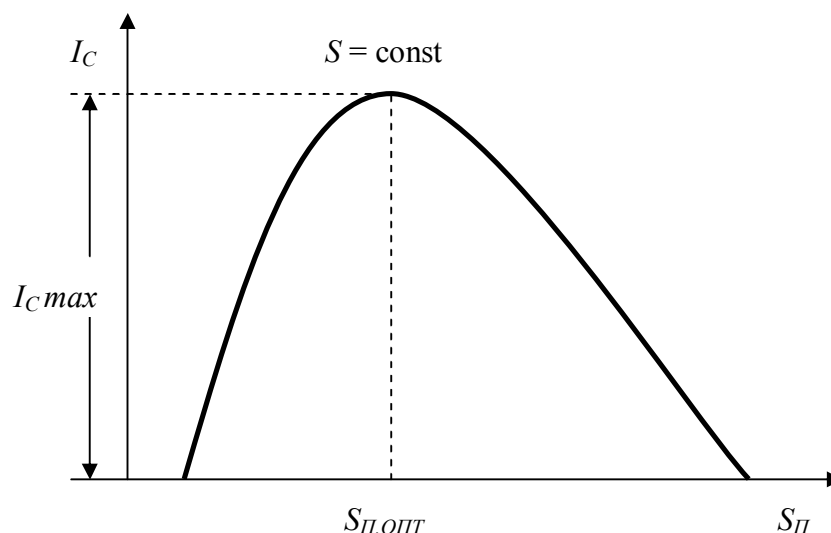


Рис. 2. Зависимость  $I_C = f$

Тезаурусный метод подтверждает тезис о том, что информация обладает свойством относительности и имеет, таким образом, относительную, субъективную ценность. Для объективной оценки научной информа-

ции используется понятие общечеловеческого тезауруса, степень изменения которого и определяет значительность получаемых человечеством новых знаний.

**Прагматический подход.** Он определяет количество информации как меру, способствующую достижению поставленной цели. Одной из первых работ, реализовавших этот подход, явилась статья А.А. Харкевича. В ней он предлагал принять за меру ценности информации количество информации, необходимое для достижения поставленной цели. Этот подход базируется на статистической теории Шеннона и рассматривает количество информации как приращение вероятности достижения цели. Так, если принять вероятность достижения цели до получения информации равной  $P_0$ , а после ее получения –  $P_1$ , то прагматическое количество информации  $I_{II}$  определяется как

$$I_{II} = \log \frac{P_1}{P_0}.$$

Если основание логарифма сделать равным двум, то  $I_{II}$  будет измеряться в битах, как и при статистическом подходе.

При оценке количества информации в семантическом и прагматическом аспектах необходимо учитывать и временную зависимость информации. Дело в том, что информация, особенно в системах управления экономическими объектами, имеет свойство стареть, т. е. ее ценность со временем уменьшается, и важно использовать ее в момент наибольшей ценности.

**Структурный подход.** Он связан с проблемами хранения, реорганизации и извлечения информации и по мере увеличения объемов накапливаемой в компьютерах информации приобретает все большее значение.

При структурном подходе абстрагируются от субъективности, относительной ценности информации и рассматривают логические и физические структуры информации. С изобретением компьютеров появилась возможность хранить на машинных носителях громадные объемы информации. Но для ее эффективного использования необходимо определить такие структуры информации, которые дадут возможность быстрого поиска, извлечения, записи, модификации информационной базы.

При машинном хранении структурной единицей информации является один байт, содержащий восемь бит (двоичных единиц информации). Менее определенной, но также переводимой в байты является неделимая единица экономической информации – реквизит.

Реквизиты объединяются в показатели, показатели – в записи, записи – в массивы, из массивов создаются комплексы массивов, а из комплексов – информационные базы. Структурная теория позволяет на логическом уровне построить оптимальную структуру информационной базы, которая затем с помощью определенных средств реализуется на физическом уровне – уровне технических устройств хранения информации. От выбранной

структуры хранения зависит такой важный параметр, как время доступа к данным, т. е. структура влияет на время записи и считывания информации, а значит, и на время создания и реорганизации информационной базы.

Информационная база совместно с системой управления базой данных (СУБД) формирует автоматизированный банк данных.

Значение структурной теории информации возрастает при переходе от банков данных к банкам знаний, в которых информация подвергается еще более высокой степени структуризации.

После преобразования информации в машинную форму (рис. 3) ее аналитический и прагматический аспекты как бы уходят в тень, и дальнейшая обработка информации происходит по «машинным законам», одинаковым для информации любого смыслового содержания. Информация в машинном виде, т. е. в форме электрических, магнитных и тому подобных сигналов и состояний, носит название данных. Для того чтобы понять их смысловое содержание, необходимо данные снова преобразовать в информацию.



Рис. 3. Преобразование «информация – данные»

Преобразования «информация – данные» производятся в устройствах ввода-вывода ЭВМ.

### Вопросы для самопроверки

1. Определение понятия информации.
2. В чем различие информации и данных?
3. В чем различие знаний и информации?
4. Свойства и роль информации в процессе управления.
5. Процесс обмена информацией.
6. Классификация информации.
7. Статистический подход к измерению информации.
8. Семантический подход к измерению информации.
9. Прагматический подход к измерению информации.
10. Показатели качества информации.



## 2. Информационные технологии в деятельности человека

### 2.1. Возникновение информационных технологий

Человечество в процессе своего развития, прежде всего, уделяло внимание созданию орудий труда, облегчающих и делающих более эффективным его труд. Существует мнение, что между появлением первых орудий труда и первыми попытками обмена информацией человечество проделало путь в миллионы лет.

Появление простейших информационных технологий можно отнести к началу письменности. Это и наскальные рисунки, и знаки и рисунки на коре, на папирусе и т. д. Мощным толчком к развитию информационных технологий явилось книгопечатание, позволившее тиражировать информацию и открывшее эру бумажной информационной технологии, занимающей и в настоящее время значительное место.

Потребность в передаче и обмене информацией человечество испытывало уже на ранних стадиях своего развития. Если сначала для ускорения передачи информации использовались костры, курьеры, потом почта, семафорный телеграф и пр., то с изобретением электрического телеграфа и телефона принципиально изменились возможности передачи информации.

Информация в качестве самостоятельного объекта исследования стала рассматриваться относительно недавно. Важным толчком к таким исследованиям явилось возникновение в конце 40-х гг. XX в. науки об управлении в сложных динамических системах – *кибернетики*. Основоположником ее явился американский математик Н. Винер.

Основопологающей предпосылкой выделения кибернетики в отдельное направление научных исследований явился тезис об общности процессов управления в объектах разной природы, которая проявляется в механизме действия обратной связи и информационной основе управления. Она обуславливает принципиальную возможность моделирования экономических и социальных процессов, использования ЭВМ для управления экономическими объектами. Кибернетика утверждает существование информационного нуля в объективной реальности, формулирует *закон необходимого разнообразия* для регулятора как органа управления. Главным его следствием является вывод о том, что степень сложности системы управления должна соответствовать степени сложности управляемого объекта. В сфере экономики он подтверждает объективную необходимость усложнения управления, увеличения его «мощности» по переработке информации и принятию решений.

Принципиальным моментом для общекибернетических теорий стало определение термина *управление*. Приведем следующую его формулировку.

Управление (англ. *control*) – это функция организованных систем различной природы (технических, биологических или социальных),

направленная на реализацию их целевых установок и поддержание внутренне присущей им структуры.

Статистическая теория информации, являясь одним из разделов кибернетики, связывает понятие информации с уменьшением неопределенности состояния (энтропии) объекта. К. Шеннон и Н. Винер предложили математический аппарат для количественного измерения неопределенности и информации. Предложенная мера оказалась плодотворной для технических приложений – оптимизации кодирования, передачи, хранения данных и некоторых других.

Этот подход имел также методологическое значение, он способствовал пониманию того, что нет абсолютной информации об объекте, определение информации зависит от составленной нами модели объекта. Поскольку для разных целей исследования составляются разные модели с различным описанием своих состояний, то и определение информации об объекте зависит от тех целей и задач, которые стоят перед исследователем. Так, в одних и тех же данных содержится разное количество информации для разных задач управления.

В то же время необходимо отметить, что в ходе развития кибернетики, помимо достигнутых успехов, очень быстро выявились проблемы, носившие принципиальный характер: слишком общие подходы к изучаемым процессам не давали значимых конструктивных результатов. Поэтому в ней достаточно быстро стали выделяться направления, ориентированные на более конкретные классы исследуемых объектов, – техническая кибернетика, экономическая кибернетика и т. д.

Параллельно с созданием и развитием фундаментальных теорий с конца XIX в. происходило бурное развитие в области создания аппаратных средств обработки и обмена информации. Изобретение радио и телевидения, а затем компьютера, цифровых систем связи и вычислительных сетей, создание в 1978 г. первого персонального компьютера, исключительно быстрое распространение компьютеров и развитие их именно в качестве инструментального средства накопления, преобразования и передачи информации и позволили новым, автоматизированным информационным технологиям внедриться практически во все области человеческой деятельности. Интеграция достижений человечества в области средств связи, обработки, накопления и отображения информации способствовала формированию автоматизированных информационных технологий (АИТ).

Основу автоматизированных информационных технологий составляют следующие технические достижения:

- создание средств накопления больших объемов информации на машинных носителях, таких как магнитные и оптические диски;
- создание различных средств связи, таких как радио- и телевизионная связь, телекс, телефакс, цифровые системы связи, компьютерные сети,

космическая связь, позволяющих воспринимать, использовать и передавать информацию практически в любой точке земного шара;

– создание компьютеров, особенно персональных, позволяющих по определенным алгоритмам обрабатывать и отображать информацию, накапливать и генерировать знания.

Автоматизированные информационные технологии направлены на увеличение степени автоматизации всех информационных операций и, следовательно, ускорение научно-технического прогресса общества.

## 2.2. Управление в системах

В изучаемом курсе автоматизированные информационные технологии рассматриваются применительно к управлению в организационных системах. Поэтому управление – одно из центральных понятий. *Управление* можно определить как функцию системы, обеспечивающую либо сохранение ее основных свойств, либо ее развитие в направлении к определенной цели. Следовательно, управление неразрывно связано с системой и без нее не существует.

Система (от греч. *systema*) – это целое, составленное из частей. Другими словами, *система* есть совокупность взаимосвязанных элементов, таким образом, образующих определенную целостность.

Количество элементов, из которых состоит система, может быть любым, важно, чтобы они были взаимосвязаны. Примеры систем: техническое устройство, состоящее из узлов и деталей; живой организм, состоящий из клеток; коллектив людей; предприятие; государство и т. д. Лекционная аудитория с лектором и студентами – система; каждый студент – это тоже система; оборудование аудитории – система; отдельный стол – это также система. А вот ножка стола уже не является системой. Но это с точки зрения макропредставлений. Если же рассматривать ножку стола с точки зрения микропредставлений, то это тоже система, образуемая совокупностью молекул и атомов.

Из этих примеров ясно, что системы весьма разнообразны, но все они имеют ряд общих свойств и понятий.

*Элемент* системы – часть системы, выполняющая определенную функцию (лектор читает лекцию, студенты ее слушают и конспектируют и т. д.). Элемент системы может быть сложным, состоящим из взаимосвязанных частей, т. е. тоже представлять собой систему. Такой сложный элемент часто называют подсистемой.

*Организация* системы – внутренняя упорядоченность и согласованность взаимодействия элементов системы. Организация системы проявляется, например, в ограничении разнообразия состояний элементов в рамках системы (во время лекции не играют в волейбол).

*Структура* системы – совокупность внутренних устойчивых связей между элементами системы, определяющая ее основные свойства. Например,

в иерархической структуре отдельные элементы образуют соподчиненные уровни, и имеются внутренние связи между этими уровнями.

*Целостность* системы – принципиальная несводимость свойств системы к сумме свойств ее элементов. В то же время свойства каждого элемента зависят от его места и функции в системе. Так, если вернуться к примеру с лекцией, то, рассматривая отдельно свойства лектора, студентов, предметов оборудования аудитории и т. д., нельзя однозначно определить свойства системы, где эти элементы будут совместно использоваться.

**Классификация систем.** Классификация систем может производиться по различным признакам. В наиболее общем плане системы можно разделить на материальные и абстрактные.

*Материальные* системы представляют собой совокупность материальных объектов. Среди материальных систем можно выделить неорганические (технические, химические и т. п.), органические (биологические) и смешанные, содержащие элементы как неорганической, так и органической природы. Среди смешанных систем следует обратить особое внимание на человеко-машинные (эрготехнические) системы, в которых человек с помощью машин осуществляет свою трудовую деятельность.

Важное место среди материальных систем занимают социальные системы с общественными отношениями (связями) между людьми. Подклассом этих систем являются социально-экономические системы, в которых связи между элементами – это общественные отношения людей в процессе производства.

*Абстрактные* системы – это продукт человеческого мышления: знания, теории, гипотезы и т. п.

По временной зависимости различают статические и динамические системы. В *статических* системах с течением времени состояние не изменяется, в *динамических* системах происходит изменение состояния в процессе их функционирования.

Динамические системы с точки зрения наблюдателя могут быть детерминированными и вероятностными (стохастическими). В *детерминированной* системе состояние ее элементов в любой момент полностью определяется их состоянием в предшествующий или последующий моменты. Иначе говоря, всегда можно предсказать поведение детерминированной системы. Если же это невозможно, то система относится к классу *вероятностных (стохастических)* систем.

Любая система входит в состав большей системы. Эта большая система как бы окружает ее и является для данной системы внешней средой. По тому, как взаимодействует система с внешней средой, различают закрытые и открытые системы. *Закрытые* системы не взаимодействуют с внешней средой, все процессы, кроме энергетических, замыкаются внутри системы. *Открытые* системы активно взаимодействуют с внешней

средой, что позволяет им развиваться в сторону совершенствования и усложнения.

По сложности системы принято делить на простые, сложные и большие (очень сложные).

*Простая* система – это система, не имеющая развитой структуры (например, нельзя выявить иерархические уровни).

*Сложная* система – система с развитой структурой, состоящая из элементов-подсистем, являющихся, в свою очередь, простыми системами.

*Большая* система – это сложная система, имеющая ряд дополнительных признаков: наличие разнообразных (материальных, информационных, денежных, энергетических) связей между подсистемами и элементами подсистем; открытость системы; наличие в системе элементов самоорганизации; участие в функционировании системы людей, машин и природной среды.

Понятие большой системы было введено, как следует из приведенных выше признаков, для обозначения особой группы систем, не поддающихся точному и подробному описанию. Для больших систем можно выделить следующие основные признаки:

- наличие структуры, благодаря которой можно узнать, как устроена система, из каких подсистем и элементов состоит, каковы их функции и взаимосвязи, как система взаимодействует с внешней средой;

- наличие единой цели функционирования, т. е. частные цели подсистем и элементов должны быть подчинены цели функционирования системы;

- устойчивость к внешним и внутренним возмущениям. Это свойство подразумевает выполнение системой своих функций в условиях внутренних случайных изменений параметров и дестабилизирующих воздействий внешней среды;

- комплексный состав системы, т. е. элементами и подсистемами большой системы являются самые разнообразные по своей природе и принципам функционирования объекты;

- способность к развитию. В основе развития систем лежат противоречия между элементами системы. Снятие противоречий возможно при увеличении функционального разнообразия, а это и есть развитие.

Изучение, анализ и синтез больших систем проводятся на основе системного подхода, который предполагает учет основных свойств таких систем.

***Структура системы управления.*** Процессы управления присущи как живой, так и неживой природе. С управлением мы сталкиваемся в своей жизни повсеместно. Это и государство, которым управляют соответствующие структуры; это и ЭВМ, работающая под управлением программы, и т. д.

Совокупность объекта управления (ОУ), управляющего органа (УО) и исполнительного органа (ИО) образует систему управления, в которой

выделяются две подсистемы: управляющая подсистема (УО и ИО) и управляемая подсистема (ОУ). На рис. 4 представлена укрупненная структурная схема системы управления, на которой выделены входящие в нее подсистемы.

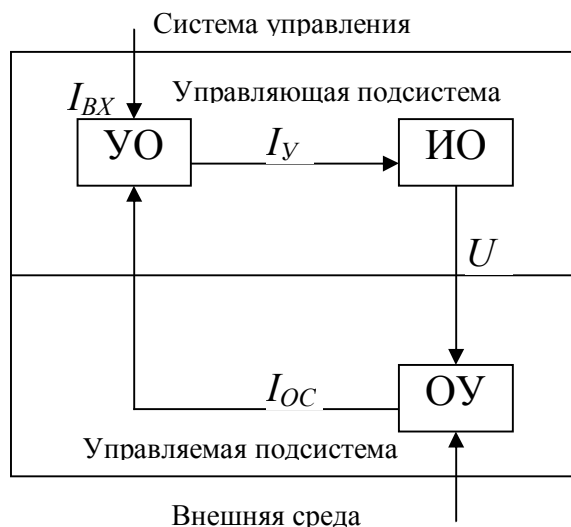


Рис. 4. Укрупненная структурная схема системы управления

В процессе функционирования этой системы управляющий орган (УО) получает осведомляющую информацию  $I_{OC}$  о текущем состоянии объекта управления (ОУ) и входную информацию  $I_{BX}$  о том, в каком состоянии должен находиться объект управления. Отклонения объекта управления от заданного состояния происходят под воздействием внешних возмущений  $V$ . Результатом сравнения информации  $I_{BX}$  и  $I_{OC}$  в управляющем органе является возникновение управляющей информации  $I_U$ , которая воздействует на исполнительный орган (ИО). На основе информации  $I_U$  исполнительный орган вырабатывает управляющее воздействие  $U$ , которое ликвидирует отклонение в объекте управления.

Наиболее сложным звеном в системе управления является управляющий орган. Здесь степень сложности определяется количеством выполняемых функций, т. е. управляющий орган должен уметь производить наибольшее разнообразие действий. Это естественно, так как на любое состояние объекта управления управляющий орган должен отреагировать соответствующим образом, своевременно обработав поступившую в него информацию и выработав управляющую информацию.

Как видно из структурной схемы системы управления, для ее функционирования необходима информация. На приведенной схеме изображены три ее потока:  $I_{BX}$ ,  $I_{OC}$  и  $I_U$ . Информация  $I_{BX}$  сообщает управляющему органу о множестве возможных состояний объекта управления и управ-

ляющего органа, а также о том, в каком из состояний должен находиться объект управления при заданных внешних условиях. Информация  $I_{OC}$  – это информация обратной связи. Понятие обратной связи является фундаментальным в теории управления. В общем случае под обратной связью понимают передачу воздействия с выхода какой-либо системы обратно на ее вход. В системах управления обратная связь является информационной, и с ее помощью в управляющую подсистему поступает информация о текущем состоянии управляемой подсистемы. Третий информационный поток  $I_Y$  – это информация, возникшая в результате обработки в управляющем органе информации  $I_{BX}$  и  $I_{OC}$  и управляющая работой исполнительного органа.

Очень важным компонентом входной информации  $I_{BX}$  является информация о цели управления, ибо управление бессмысленно, если не направлено на достижение определенной цели. Если управление наилучшим образом соответствует поставленной цели, то такое управление называется оптимальным. Критерием оптимальности управления является некоторая количественно измеряемая величина, отражающая цель управления. Математическая запись критерия оптимальности носит название целевой функции. При оптимальном управлении значение целевой функции достигает экстремума (максимума или минимума в зависимости от критерия оптимальности).

Ярко выраженный целевой информационный характер управления подтверждается кибернетическим его определением: *управление* есть процесс целенаправленной переработки информации.

В зависимости от того, в какой системе (простой, сложной, большой) осуществляется управление, различают системы автоматического управления (САУ) и автоматизированные информационные системы.

Автоматическое управление осуществляется, как правило, в простых системах, в которых заранее известны описание объекта управления и алгоритм управления им. По принципу управления системы автоматического управления могут быть разомкнутыми и замкнутыми. В *разомкнутых системах* измеряется возмущение, отклоняющее объект от заданного состояния, и вырабатывается воздействие, которое компенсирует возникшее возмущение. Такая система не способна длительное время управлять неустойчивым объектом. В *замкнутых системах* (рис. 5) реализуется идея обратной связи, благодаря которой информация об отклонении управляемого объекта от заданного состояния позволяет выработать воздействие, возвращающее объект в это состояние.

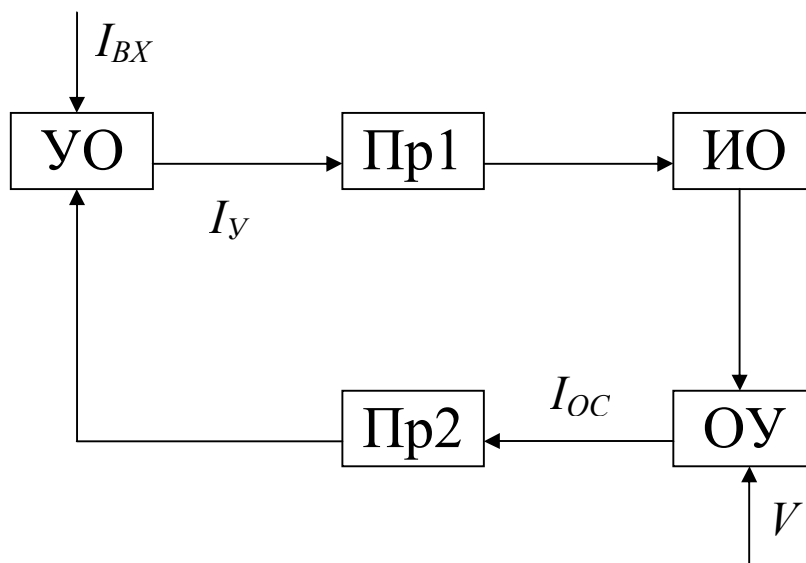


Рис. 5. Упрощенная структурная схема замкнутой САУ

Благодаря тому, что поведение объекта и алгоритм управления строго заданы, системы автоматического управления могут работать автономно, без участия человека (хотя, конечно, их создание и наблюдение за их функционированием невозможно без человека).

Как правило, САУ используются в технических системах, в качестве управляющего органа (УО) используется компьютер, который с помощью программы (для него это  $I_{BX}$ ) выдает результат обработки информации, обычно физический сигнал. Это сигнал управления  $I_y$ , который через преобразователь (Пр1) приводит в действие исполнительный орган (ИО), возвращающий объект управления (ОУ) в заданное программой компьютера состояние. Состояние ОУ, меняющееся под воздействием внешних возмущений  $V$ , определяет значение сигнала обратной связи  $I_{oc}$ , которое через преобразователь (Пр2) поступает в компьютер (УО). Преобразователи необходимы для изменения уровней или природы проходящих через них сигналов, так как элементы системы могут быть различны по своей физической сути.

С ростом и усложнением производства объекты управления приобретают характер сложных и больших систем, имеющих большое число элементов и подсистем, связи между которыми не всегда ясны, а критерии функционирования не обладают достаточной четкостью. В этих условиях использовать результаты теории автоматического управления в полной мере не удастся, и в контур управления, помимо человека – оператора ЭВМ, действующего по заданным алгоритмам, включается лицо, принимающее решения (ЛПР). Наличие ЛПР в контуре управления является от-



личительной чертой автоматизированных систем управления, которые в случае применения в организационно-экономическом управлении называют экономическими информационными системами (ЭИС) (рис. 6). Автоматизированное управление применяется в том случае, если нет возможности реализовывать автоматическое управление.

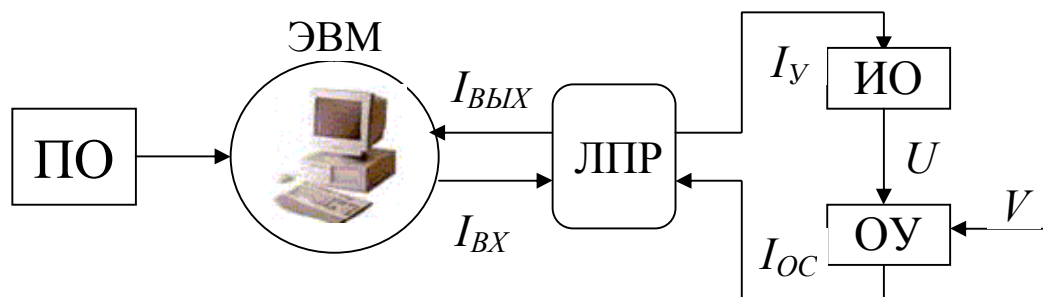


Рис. 6. Экономические информационные системы

Как видно из рис. 6, ЛПР, получив информацию об обратной связи  $I_{OC}$ , которая осведомляет его о состоянии объекта управления (ОУ), обращается к ЭВМ (поток  $I_{BX}$ ), имеющей определенное программное обеспечение (ПО) и вырабатывающей рекомендации к принятию решения (поток  $I_{ВЫХ}$ ). На основе анализа предложенных ЭВМ альтернатив ЛПР принимает решение, которое в виде управляющей информации  $I_U$  поступает в исполнительный орган (ИО), и переводит его в необходимое состояние. Например, министр (это ЛПР), получив информацию о состоянии отрасли (это ОУ), после обработки всей нужной информации на ЭВМ и просчета наборов вариантов поведения в сложившейся ситуации принимает решение, которое реализуется аппаратом министерства (это ИО) в управляемой отрасли производства.

### 2.3. Информационные модели

Важным инструментом исследования систем, да и не только систем, является метод моделирования. Суть этого метода состоит в том, что исследуемый объект заменяется его моделью, т. е. некоторым другим объектом, сохраняющим основные свойства реального объекта, но более удобным для исследования или использования.

Различают физические и абстрактные модели. При изучении автоматизированных информационных технологий наибольшее распространение получили *абстрактные* информационные модели.

*Информационная модель* – это отражение предметной области в виде информации. *Предметная область* представляет собой часть реального мира, которая исследуется или используется. Отображение предметной области в информационных технологиях представляется информационными моделями нескольких уровней (рис. 7).

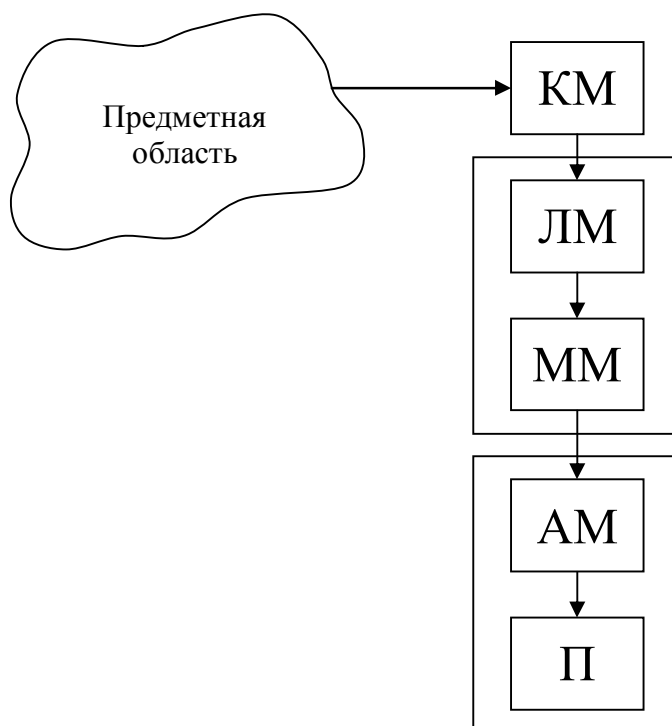


Рис. 7. Уровни информационных моделей

*Концептуальная модель (КМ)* обеспечивает интегрированное представление о предметной области (например, технологические карты, техническое задание, план производства и т. п.) и имеет слабо формализованный характер. *Логическая модель (ЛМ)* формируется из концептуальной путем выделения конкретной части (скажем, подлежащей управлению), ее детализации и формализации. Логическая модель, формализующая на языке математики взаимосвязи в выделенной предметной области, называется *математической моделью (ММ)*. С помощью математических методов математическая модель преобразуется в *алгоритмическую модель (АМ)*, которая задает последовательность действий, реализующих достижение поставленной цели управления. На основе АМ создается машинная программа (*П*), которая является той же алгоритмической моделью, только представленной на языке, понятном ЭВМ.

Выделение информационных моделей разных уровней абстракции позволяет разделить сложный процесс отображения «предметная область – программа» на несколько итеративных более простых отображений.

## 2.4. Человек и информационные технологии

При производстве продуктов труда человек всегда управляет орудиями труда в процессе их воздействия на предмет труда. Скажем, вскапываете вы грядки. В этом случае предмет труда – земля, орудие труда – лопата, продукт труда – вскопанная грядка. Естественно, перед началом копки вы составляете концептуальную модель, содержащую информацию о том, в каком месте огорода будет располагаться грядка, какой она будет ширины, глубины, нужно ли разбивать комья земли и т. д. Когда вы копаете, т. е. воздействуете лопатой (орудием труда) на землю (предмет труда), то подсознательно сравниваете получающийся результат с хранимой в памяти концептуальной моделью и в зависимости от результата сравнения копаете глубже или немного левее, т. е. управляете орудием труда. Нетрудно видеть, что перед нами система управления, в которой объектом управления является земля, исполнительным органом – лопата вместе с мускулами человека, управляющим органом – человеческий мозг, т. е. действует классическая схема системы управления (рис. 8).

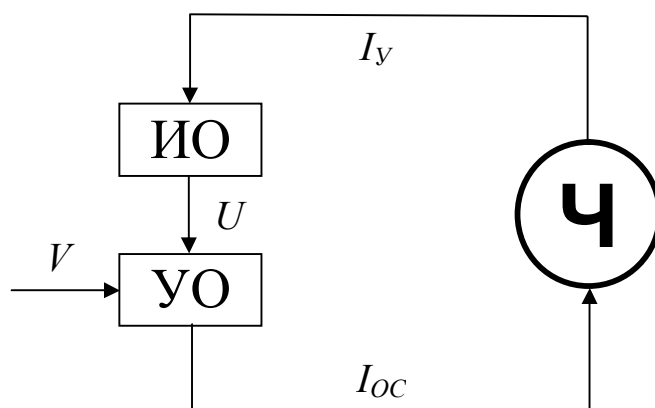


Рис. 8. Человек (Ч) в элементарной системе управления

С усложнением производства, т. е. объектов управления, и их концептуальных моделей объемы информации  $I_{oc}$  возрастают и человеческая возможность их переработки в необходимом темпе исчерпывается. Тогда на помощь человеку приходят технические средства ускорения переработки информации, как правило, средства вычислительной техники (СВТ). Таким образом, возникает самостоятельный дополнительный информационный контур (рис. 9), помогающий человеку быстрее обработать осведомляющую информацию  $I_{oc}$  и выработать управляющую информацию  $I_y$ . Появление контура дополнительной обработки информации (помимо человека) на СВТ и есть начало возникновения информационной технологии (ИТ).

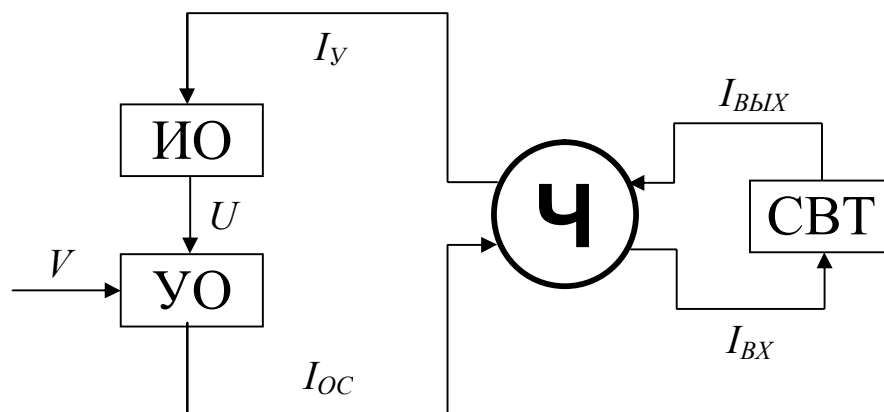


Рис. 9. Контур информационной технологии

Совершенствование ЭВМ, программного обеспечения (ПО), математических методов и моделей позволило создать автоматизированные экономические информационные системы, в которых четко обозначился контур информационной технологии (рис. 10).

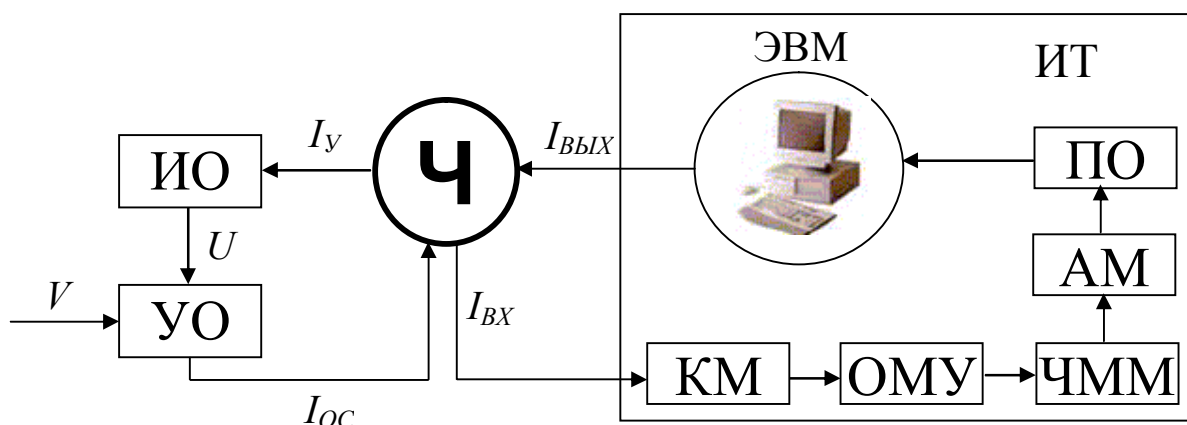


Рис. 10. Информационная технология в ЭИС

Из рис. 10 видно, что в общем случае информационная технология состоит из информационных моделей разного уровня абстракции и ЭВМ. На вход ИТ поступает информация от человека  $I_{ВХ}$ , формируемая на основе информации  $I_{ОС}$  от объекта управления. Информация  $I_{ВХ}$  сравнивается с концептуальной моделью (КМ) объекта управления. Реакция на результат сравнения определяется общей математической моделью управления (ОМУ), декомпозированной на частные математические модели (ЧММ). Набор ЧММ описывает возможные состояния ОУ и тактику управления в этих состояниях. Эта тактика реализуется через алгоритмические модели, формализованные в программы (ПО) для ЭВМ. В результате ЭВМ выдает информацию  $I_{ВЫХ}$ , представляющую собой рекомендации по управлению ОУ в данной ситуации.

Таким образом, человек в автоматизированной системе управления является центральным и объединяющим звеном двух контуров: собственно управления (Ч – ИО – ОУ) и информационной технологии (Ч – ИТ) (см. рис. 10).

## 2.5. Процесс принятия решения

В автоматизированной системе управления, несмотря на наличие контура информационной технологии, ответственность за принятое управляющее решение возлагается на человека – лицо, принимающее решение. Другими словами, решение принимает человек, а информационная технология помогает ему в этом.

Когда ученые выделили из процесса управления стадию принятия решения, то вначале казалось, что для полной автоматизации достаточно разработать математическую модель и реализовать ее в ЭВМ. И тогда АСУ превращается в САУ. Однако, как оказалось, процесс принятия решения человеком очень сложен. Иногда в этот процесс включаются такие механизмы, которые невозможно предусмотреть и тем более формализовать. При принятии решения человек может учитывать и такие аспекты, как мораль, традиции, человеческие взаимоотношения. Вот почему при управлении социально-экономическими системами (иначе – при организационно-экономическом управлении) процесс принятия решения не может быть осуществлен без человека.

На рис. 11 показана взаимосвязь фаз принятия решения.

Человек на основе анализа (АИ) осведомляющей информации  $I_{OC}$ , от объекта управления и информации  $I_{BX}$  от концептуальной модели объекта управления производит постановку задачи (ПЗ), решение которой должно позволить наилучшим образом управлять объектом (скажем, производством) в данной ситуации.

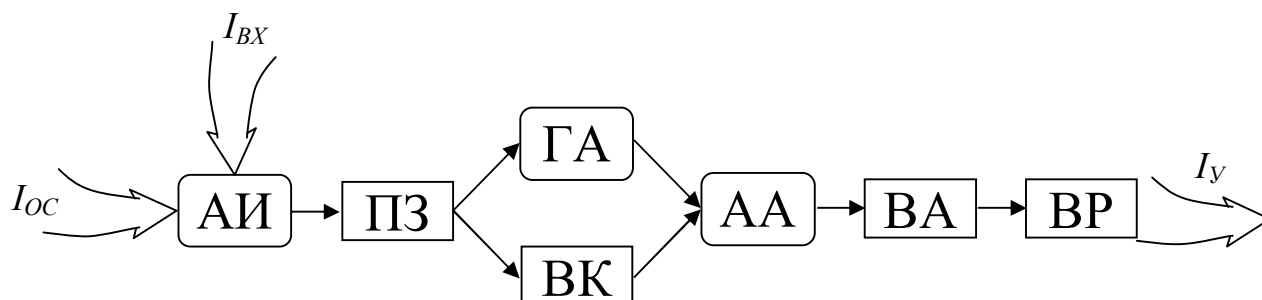


Рис. 11. Фазы процесса принятия решения

Однако решений (альтернатив) всегда несколько. Если решение всегда одно, то проблемы выбора не существует, а значит, и теряет смысл сам процесс принятия решения. Поэтому далее идет фаза генерации альтернатив (ГА), т. е. выдвижение возможных решений задачи (*альтернатива* от

лат. *alter* «одно из двух», *alternatio* «чередование», т. е. каждая из исключаящих друг друга возможностей). Как уже говорилось, управление всегда ведется с определенной целью. Решение поставленной задачи должно согласовываться с общей целью управления и частной целью в данной ситуации. Поэтому выбрать альтернативу невозможно, если нет критерия выбора, отражающего цель управления. Таким образом, следующая фаза – выбор критерия (ВК) решения поставленной задачи. На этом этапе анализа альтернатив (АА) проводится их исследование по выбранному критерию, а далее – окончательный выбор одной из альтернатив (ВА), наилучшим образом удовлетворяющей критерию выбора. Выбранная альтернатива дополнительно анализируется, и выдается окончательное решение (ВР), принимающее в организационных системах вид потока управляющей информации  $I_y$ .

Если рассматривать фазы принятия решения относительно возможности их автоматизации на базе информационной технологии, то в настоящее время, пожалуй, только фазы анализа информации (АИ), генерации альтернатив (ГА) и анализа альтернатив (АА) по выбранному критерию удастся автоматизировать в достаточной мере (на рис. 11 изображены овалами). Для этого необходимо, чтобы в ЭВМ находились модели поставленной задачи, с помощью которых возможно было бы быстро просчитать результаты решения для различных альтернатив, исходных данных и критериев. Конечно, для этого желательно, чтобы ЛПР умел использовать средства информационной технологии. В противном случае придется иметь штат системщиков, аналитиков и т. п. Развитие программно-аппаратных средств ИТ с каждым годом приводит ко все большему упрощению взаимодействия человека с ЭВМ и, таким образом, уменьшает число посредников диалога, что ускоряет и повышает качество принимаемых решений. Большое значение для принятия быстрого и верного решения имеет автоматизация фазы обработки и анализа информации, поступающей с потоками  $I_{OC}$  и  $I_{BX}$ . Для принятия решения всегда может потребоваться дополнительная информация, не содержащаяся в потоках  $I_{OC}$  и  $I_{BX}$ . В этих случаях важную роль играет информационное обеспечение ЛПР, которое в целях оперативности должно быть организовано с помощью средств ИТ (базы и банки данных).

## **2.6. Информатика и информационная технология**

Информатика как наука занимается изучением информационных процессов и методов их автоматизации на основе программно-аппаратных средств вычислительной техники и средств связи. Исторически информатика изучала научную информацию и способы ее структуризации, систематизации, хранения и распространения. Появление средств вычислительной техники позволило автоматизировать часть указанных операций.

Дальнейшее изучение процессов возникновения, накопления информации, ее структуризации, передачи, обработки и представления потребовало создания специального аппарата, позволяющего описывать, анализировать и систематизировать различные фазы информационных процессов. Так возник аппарат информационного моделирования. Наличие частных моделей информационных процессов позволило целенаправленно использовать средства вычислительной техники и связи, которые, в свою очередь, совершенствовались для большего удовлетворения потребностей информатики. Начиная с 80-х гг. XX в. различные фазы преобразования информации стали рассматриваться как единый информационный процесс, направленный на удовлетворение информационных потребностей человечества. В этом проявился выход информатики на глобальный уровень, позволивший говорить о том, что человечество осознало информацию как ресурс развития общества, а информатику – как науку, развитие которой позволит полностью использовать этот ресурс. С информатикой связывают решение принципиально новых проблем человечества: создание информационной модели мира, расширение творческого аспекта деятельности человека, переход к безбумажной информатике, доступность информационного ресурса каждому члену общества.

В настоящее время информатика приобрела многоаспектный характер. В ней соединены глобальность и конкретность применения, методы формализации и физической реализации.

При моделировании информационного процесса и его фаз выделяют три уровня: концептуальный, определяющий содержание и структуру предметной области; логический, на котором формализуется модель, физический, обеспечивающий способ реализации информационной модели в техническом устройстве.

Трехуровневый подход может быть целесообразен и при изучении информатики. При таком подходе можно выделить следующие уровни информатики: физический, логический и прикладной (или пользовательский).

На *физическом* уровне информатика занимается аппаратно-программными средствами вычислительной техники и средствами связи, которые как бы составляют ее фундамент и позволяют физически реализовать ее логический и прикладной уровни.

На *логическом* уровне информатики изучается технология переработки информационного ресурса в целях получения новой информации на базе средств ВТ и связи, т. е. логический уровень – это информационная технология.

Наконец, третий, *прикладной* уровень информатики посвящен вопросам использования информационной технологии при создании и эксплуатации систем, в которых преобладающими процессами являются информационные.

Таким образом, предметом курса «Информационные технологии в управлении» являются логический и прикладной уровни информатики. Физический же уровень изучается в курсе «Информатика», который посвящен аппаратным средствам электронной вычислительной техники и базовому программному обеспечению.

Автоматизированная информационная технология (АИТ) в управлении имеет свою цель, методы и средства реализации. Кратко изложим их содержание.

*Целью* автоматизированной информационной технологии является создание из информационного ресурса качественного информационного продукта, который удовлетворяет требованиям руководителя.

*Методами* АИТ являются методы обработки и передачи данных. Средства АИТ – это математические, программные, информационные, технические и др.

При таком определении цели, методов и средств под *автоматизированной информационной технологией* будем понимать целостную техническую систему, обеспечивающую целенаправленное создание, передачу, хранение и отображение информационного продукта (данных, идей, знаний) с наименьшими затратами и в соответствии с закономерностями той социальной среды, где развивается информационная технология.

Практическое приложение методов и средств обработки данных может быть различным, поэтому целесообразно выделить глобальные, базовые и конкретные информационные технологии.

*Глобальная* информационная технология включает модели, методы и средства, формализующие и позволяющие использовать информационные ресурсы общества. *Базовая* информационная технология предназначена для определенной области применения (производство, научные исследования, обучение и т. д.). *Конкретные* информационные технологии реализуют обработку данных при решении функциональных задач пользователей (например, задачи учета, планирования, анализа).

## **Вопросы для самопроверки**

1. Предпосылки возникновения кибернетики как самостоятельной науки.
2. Классификация систем управления.
3. Различия процесса управления в технических и социальных системах.
4. К каким классам систем относится вычислительная машина?
5. Информационные модели.
6. Процесс принятия решения.
7. Место и роль информационных технологий в организационно-экономическом управлении.
8. Цель, методы и средства автоматизированных информационных технологий.



### 3. История развития вычислительной техники

XX век характеризуется необходимостью обрабатывать огромное количество информации. Для сбора, хранения, использования и распространения большого объема информации необходимо специальное устройство. Таким устройством является компьютер. В настоящее время компьютеры представлены практически во всех областях жизни человека. Для того чтобы полно оценить влияние компьютеров на жизнь человека и его будущее, необходимо понять, как проходила их эволюция.

#### 3.1. Эволюция средств вычислительной техники

Идеи создания электронных вычислительных машин возникли в конце 30-х – начале 40-х гг. XX в. в таких странах, как США, СССР, Великобритания, Германия. Базой этих идей послужили теоретические и практические исследования Ч. Бэббиджа, который в 30-е гг. XIX в. предложил идею вычислительной машины, осуществленную лишь в середине XX в. (рис. 12) Бэббидж обратил внимание на то, что машина может без ошибок выполнять вычисление больших математических таблиц посредством простого повторения шагов. Работая над этой проблемой, в 1822 г. Бэббидж предложил проект машины для решения дифференциальных уравнений. Для повторения операций в машине Бэббиджа должна была использоваться энергия пара. Таким образом, сам процесс вычислений действительно был автоматизирован, то есть проходил без участия человека. В дальнейшем Бэббидж решил создать модель универсальной вычислительной машины, способной выполнять широкий круг задач. Он назвал ее аналитической машиной. Созданная на механической основе, она опередила на целое



Рис. 12. Ч. Бэббидж (1792–1871)

столетие реализацию этих принципов, заново сформулированных Дж. фон Нейманом, Г. Гольдстейном и А. Берксом в 1946 г.

У аналитической машины Бэббиджа были все основные черты современного компьютера. Состоящая более чем из 50 000 компонентов аналитическая машина включала устройство ввода информации, блок управления, запоминающее устройство и устройство вывода результатов. Аналитическая машина могла выполнять определенный

набор инструкций, которые записывались на перфокартах. Перфокарты представляли собой прямоугольные карточки из картона. Каждой инструкции аналитической машины соответствовала определенная последовательность дырочек, которые пробивались на перфокартах, а затем с помощью устройства ввода поступали в блок управления.

Графиня А. Лавлейс, дочь поэта Байрона, обладавшая блестящими математическими способностями, широким кругозором, заинтересовавшись проектом аналитической машины, взяла на себя труд исследовать возможности использования этой машины для выполнения вычислений. В современной терминологии графиня Лавлейс проанализировала и разработала первые программы, доказав тем самым универсальные возможности вычислительной машины. Графиню Лавлейс называют первым программистом; в ее честь назван язык программирования ада.

Хотя аналитическая машина в том виде, в котором ее задумывал Бэббидж, так и не была создана, идеи, заложенные Бэббиджем, оказали огромное влияние на развитие вычислительной техники. Автоматизация вычислений, универсальность вычислительной машины, набор внутренних инструкций, общая конструктивная схема, организация ввода и вывода информации – все эти элементы и свойства впоследствии были использованы при создании компьютера.

В 1889 г. американский изобретатель Г. Холлерит сконструировал перфокарточное устройство для решения статистических задач. В отличие от идеи Бэббиджа хранить на перфокартах инструкции, Холлерит использовал перфокарты для хранения данных. Кроме того, для работы перфокарточного устройства использовалось электричество. Цифры на перфокарте изображались одинарными отверстиями, а буквы алфавита – двойными. Специальный электрический прибор опознавал отверстия на перфокартах и посылал сигналы в обрабатывающее устройство. Вычислительная машина Холлерита оказалась по тем временам очень быстрым устройством обработки данных, а перфокарты – удобным способом хранения данных. Машина Холлерита была использована для обработки результатов переписи населения США. Обработка результатов предыдущей переписи 1880 г. заняла около 10 лет. За это время успело вырасти новое поколение американцев. С помощью машины Холлерита те же данные были обработаны всего за шесть недель. В 1896 г. Холлерит основал компанию по производству перфорирующих устройств *Tabulating Machine Company*, которая в 1924 г. после серии слияний и поглощений превратилась в знаменитую компанию по производству компьютеров *IBM (International Business Machines)*.

К 30-м гг. XX в. уже были технические предпосылки: развивалась электроника и счетно-аналитическая вычислительная техника. В 1904 г. Дж. Флеминг (Великобритания) изобрел первый ламповый диод, а в 1906 г. Ли де Форест (США) – первый триод. К середине 30-х гг. электронные лампы уже стояли во всех радиотехнических устройствах. Но эра ЭВМ

начинается с изобретения лампового триггера. Это открытие было сделано независимо друг от друга советским ученым М. А. Бонч-Бруевичем (1918) и английскими учеными У. Экклзом и Ф. Джорданом (1919). Триггерные схемы постепенно стали широко применяться в электронике для переключения и релейной коммутации.

Второй технической предпосылкой создания ЭВМ стало развитие электромеханической счетно-аналитической техники. Благодаря накопленному опыту в этой области к середине 30-х гг. XX в. стало возможным создание программно управляемых вычислительных машин. При этом открывались два пути: традиционный – построение ЭВМ на электромеханических реле – и нетрадиционный – на электронных схемах. Вторым путем оказался перспективнее.

### **3.2. Поколения современных компьютеров**

Развитие вычислительной техники на современном этапе принято рассматривать с точки зрения смены поколений компьютеров. Каждое поколение компьютеров в начальный момент развития характеризуется качественным скачком в росте основных характеристик компьютера, обычно вызванным переходом на новую элементную базу, а также относительной стабильностью архитектурных и технологических решений.

Разбиение поколений компьютеров по годам весьма условно. В то время как начиналось активное использование компьютеров одного поколения, создавались предпосылки для возникновения следующего поколения. Кроме элементной базы и временного интервала, используются следующие показатели уровня развития компьютеров одного поколения: быстродействие, архитектура, программное обеспечение, уровень развития внешних устройств. Другим важным качественным показателем является широта области применения компьютеров.

#### **3.2.1. Первое поколение компьютеров (1945–1956 гг.)**

С началом Второй мировой войны правительства разных стран начали разрабатывать вычислительные машины, осознавая их стратегическую роль в ведении войны. Увеличение финансирования в значительной степени стимулировало развитие вычислительной техники. В 1941 г. Цузе разработал вычислительную машину Z2, выполнявшую расчеты, необходимые для проектирования самолетов и баллистических снарядов. В 1943 г. английские инженеры завершили создание вычислительной машины «Колосс» для дешифровки сообщений немецкой армии. Однако эти устройства не были универсальными вычислительными машинами, они предназначались для решения конкретных задач.

В 1944 г. американский инженер Г. Эйкен при поддержке фирмы IBM сконструировал компьютер для выполнения баллистических расчетов. Этот компьютер, названный «Марк I», по площади занимал примерно половину футбольного поля и включал более 600 км кабеля. В компьютере «Марк I» использовался принцип электромеханического реле, заключающийся в том, что электромагнитные сигналы перемещали механические части. «Марк I» был довольно медленной машиной: для того чтобы произвести одно вычисление, требовалось 3–5 с. Однако, несмотря на огромные размеры и медлительность, «Марк I» стал более универсальным вычислительным устройством, чем машина Цузе или «Колосс». «Марк I» управлялся с помощью программы, которая вводилась с перфоленты. Это дало возможность, меняя вводимую программу, решать довольно обширный круг математических задач.

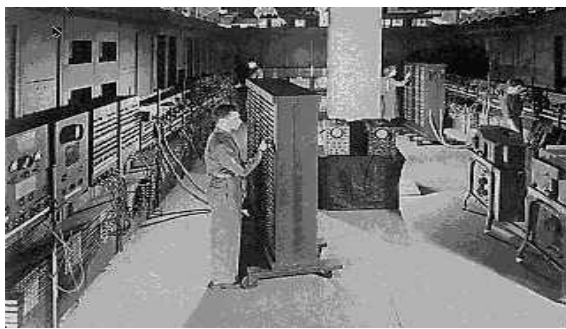


Рис. 13. ENIAC

В 1946 г. американские ученые Дж. Мокли и Дж. Эккерт сконструировали ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer – электронный числовой интегратор и калькулятор) – компьютер, в котором электромеханические реле были заменены на электронные вакуумные лампы (рис. 13). Применение вакуумных ламп позволило увеличить скорость работы ENIAC в 1000 раз по сравнению с «Марк I». ENIAC состоял из 18000 вакуумных ламп, 70 000 резисторов, 5 миллионов соединительных спаек и потреблял 160 кВт электрической энергии, что по тем временам было достаточно для освещения большого города. Между тем, ENIAC стал работающим прообразом современного компьютера. Во-первых, ENIAC был основан на полностью цифровом принципе обработки информации. Во-вторых, ENIAC стал действительно универсальной вычислительной машиной, он использовался для расчета баллистических таблиц, предсказания погоды, расчетов в области атомной энергетики, аэродинамики, изучения космоса.

В 1945 г. Дж. фон Нейман подготовил отчет, в котором определил следующие основные принципы работы и элементы архитектуры компьютера.

1. Компьютер состоит из процессора (центрального обрабатывающего устройства), памяти и внешних устройств.

2. Единственным источником активности (не считая стартового или аварийного вмешательства человека) в компьютере является процессор, который, в свою очередь, управляется программой, находящейся в памяти.

3. Память компьютера состоит из ячеек, каждая из которых имеет свой уникальный адрес. Каждая ячейка хранит команду программы или единицу обрабатываемой информации. При этом и команда, и информация имеют одинаковое представление.

4. В любой момент процессор выполняет одну команду программы, адрес которой находится в специальном регистре процессора – счетчике команд.

5. Обработка информации происходит только в регистрах процессора. Информация в процессор поступает из памяти или с внешнего устройства.

6. В каждой команде программы зашифрованы следующие предписания: из каких ячеек взять обрабатываемую информацию; какие операции совершить с этой информацией; в какие ячейки памяти направить результат; как изменить содержимое счетчика команд, чтобы знать, откуда взять следующую команду для выполнения.

7. Процессор исполняет программу команда за командой в соответствии с изменением содержимого счетчика команд до тех пор, пока не получит команду остановиться.

В дальнейшем архитектура фон Неймана незначительно изменялась и дополнялась, но исходные принципы управления работой компьютера с помощью хранящихся в памяти программ остались нетронутыми. Подав-



Рис. 14. UNIVAC

ляющее большинство современных компьютеров построено именно по архитектуре фон Неймана. В 1951 г. был создан первый компьютер, предназначенный для коммерческого использования, – UNIVAC (Universal Automatic Computer – универсальный автоматический компьютер), в котором были реализованы все принципы архитектуры фон Неймана (рис. 14). Первый образец машины UNIVAC-1 был построен для бюро переписи США. Синхронная, последовательного действия вычислительная машина UNIVAC-1 создана

была на базе ЭВМ ENIAC и EDVAC. Работала она с тактовой частотой 2,25 МГц и содержала около 5000 электронных ламп. Внутреннее запоминающее устройство емкостью 1000 12-разрядных десятичных чисел было выполнено на 100 ртутных линиях задержки.

Несмотря на то, что исследования в области электронной вычислительной техники в СССР были начаты на несколько лет позже, чем в США и Великобритании, в сжатые сроки был выполнен ряд проектов цифровых ЭВМ. Первые проекты были предложены в 1948 г. С.А. Лебедевым и Б.И. Рамеевым. В 1950 г. в Институте электроники Академии наук Украины под руководством С.А. Лебедева был выполнен проект ЭВМ МЭСМ



Рис. 15. МЭСМ – малая электронная счетная машина (1952)

(малая электронная счетная машина) (рис. 15). Рабочее проектирование МЭСМ завершили в 1948 г., а основные опытно-конструкторские работы, монтаж и испытания – в 1949–1950 гг. В октябре 1951 г. машина была введена в эксплуатацию. МЭСМ стала первой отечественной универсальной ламповой вычислительной машиной в СССР. В 1951–1952 г. МЭСМ оставалась самой быстродействующей (более 50 операций в

секунду) вычислительной машиной в Европе. Осенью 1952 г. вступила в строй машина БЭСМ, созданная под руководством С.А. Лебедева. В первоначальном варианте быстродействие БЭСМ составляло 1 тыс. операций в секунду. В 1955 г. ее производительность возросла до 8 тыс., и БЭСМ одно время была наиболее быстродействующей в Европе.

В 1952 г. была введена в действие машина М-2 (2 тыс. операций в секунду), разработанная под руководством И.С. Брука и М.А. Карцева.

Серийное производство ЭВМ в СССР началось в 1953 г. Под руководством Ю.Я. Базилевского и Б.И. Рамеева была разработана машина «Стрела» (быстродействие – 2 тыс. операций в секунду). В 1955 г. начался выпуск малой ЭВМ «Урал-1» (руководитель проекта Б.И. Рамеев).

В компьютерах первого поколения использовался машинный язык – способ записи программ, допускающий их непосредственное исполнение на компьютере. Программа на машинном языке представляет собой последовательность машинных команд, допустимых для данного компьютера. Процессор непосредственно воспринимает и выполняет команды, выраженные в виде двоичных кодов. Для каждого компьютера существовал свой машинный язык. Это также ограничивало область применения компьютеров первого поколения.

Появление первого поколения компьютеров стало возможным благодаря трем техническим новшествам: электронным вакуумным лампам, цифровому кодированию информации и созданию устройств искусственной памяти на электростатических трубках. Компьютеры первого поколения имели невысокую производительность: до нескольких тыс. операций в секунду. В компьютерах первого поколения использовалась архитектура фон Неймана. Средства программирования и программное обеспечение еще не были развиты, использовался низкоуровневый машинный язык. Область применения компьютеров была ограничена.

### 3.2.2. Второе поколение компьютеров (1956–1963 гг.)

Электронные вакуумные лампы выделяли большое количество тепла, поглощали много электрической энергии, были громоздкими, дорогими и ненадежными. Как следствие, компьютеры первого поколения, построенные на вакуумных лампах, обладали низким быстродействием и невысокой надежностью. В 1951–1960 гг. в технологии наблюдались миниатюризация электронных ламп, улучшение их характеристик и постепенный переход к твердотельным элементам. Этот важнейший процесс начался заменой ламповых диодов полупроводниковыми (впервые в машине СЕАК, США, 1950 г.) и завершился заменой ламповых триодов транзисторами – сначала в военной технике. Транзистор изобрели в 1947 г. сотрудники американской компании «Белл» У. Шокли, Дж. Бардин и У. Бреттейн. Транзисторы выполняли те же функции, что и электронные лампы, но использовали электрические свойства полупроводников. По сравнению с вакуумными трубками транзисторы занимали в 200 раз меньше места и потребляли в 100 раз меньше электроэнергии (рис. 16). В то же время появляются новые устройства для организации памяти компьютеров – ферритовые сердечники. С изобретением транзистора и использованием новых технологий хранения данных в памяти появилась возможность значительно уменьшить размеры компьютеров, сделать их более быстрыми и надежными, а также значительно увеличить емкость памяти компьютеров.

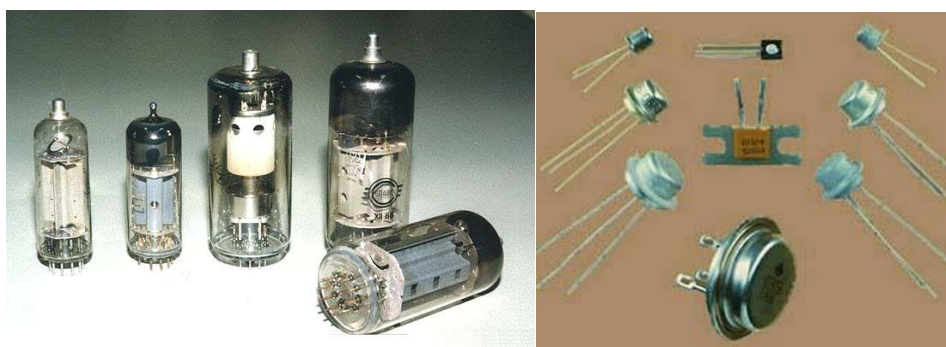


Рис. 16. Электронные вакуумные лампы (слева)  
и транзисторы (справа)

В 1954 г. компания Texas Instruments объявила о начале серийного производства транзисторов, а в 1956 г. ученые Массачусетского технологического института создали первый, полностью построенный на транзисторах компьютер TX-0 (рис. 17).

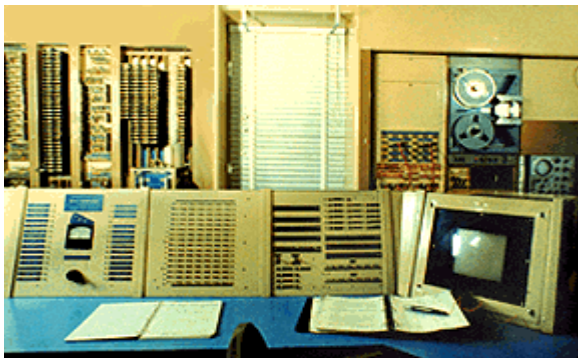


Рис. 17. TX-0

Первые серийные универсальные ЭВМ, выполненные на основе транзисторов, выпущены в 1958 г. в США, Японии и ФРГ, в 1959 г. – в Великобритании, в 1960 г. – во Франции и в 1961 г. – в СССР («Раздан-2», главный конструктор Е.Я. Брусиловский).

В организации вычислительного процесса крупнейшим нововведением было совмещение во времени вычислений и ввода-вывода информации. Впервые это новшество применили в серийных моделях вы-

сокого класса, разработанных в США и СССР: IBM-704 (1956 г.), IBM-709 (1958 г.) и советской М-20 (1958 г., главный конструктор С.А. Лебедев).

Период машин второго поколения – наиболее короткий в истории вычислительной техники. Всего в мире было изготовлено около 30 тыс. транзисторных ЭВМ.

Применение транзисторов существенно повлияло на характеристики и структуру машин. Транзисторные схемы позволяли повысить плотность монтажа на порядок. Типичные значения потребляемой мощности составляли 1 Вт для лампового триода и 10–100 МВт для транзистора. Средний срок службы транзисторов, примененных в ЭВМ начала 1960-х гг., на два-три порядка величин превосходил срок службы электронных ламп. В результате число транзисторов, используемых в суперЭВМ начала 1960-х гг., достигло 160 тыс.

Период машин второго поколения характеризуется крупнейшими сдвигами в архитектуре ЭВМ, их программном обеспечении, организации взаимодействия человека с машиной.

Расширение области применения компьютеров потребовало создания новых технологий программирования. Программное обеспечение, написанное на языке ассемблер для одного компьютера, было непригодно для работы на другом компьютере. По этой причине, в частности, не удавалось создать стандартную операционную систему – основную управляющую программу компьютера, так как каждый производитель компьютеров разрабатывал свою операционную систему на своем ассемблере.

Специалисты, использующие в своей деятельности компьютеры, вскоре ощутили потребность в более естественных языках, которые бы упрощали процесс программирования, а также позволяли бы переносить программы с одного компьютера на другой. Подобные языки программирования получили название языков высокого уровня. Для их использования необходимо иметь компилятор (или интерпретатор), то есть программу, которая



преобразует операторы языка в машинный язык данного компьютера.

Одним из первых языков программирования стал язык фортран (FORTRAN – FORmula TRANslation), который предназначался для естественного выражения математических алгоритмов и стал необычайно популярен среди ученых. На фортране можно писать большие программы, разбивая задачу на несколько частей (подпрограммы), которые программируются отдельно, а затем объединяются в единое целое. Поскольку фортран предназначен в основном для вычислений, в нем отсутствовали развитые средства работы со структурами данных. Этот недостаток был исправлен в языке кобол (COBOL – Common Business Oriented Language). Кобол специально предназначался для обработки финансово-экономических данных. Кроме того, разработчики постарались сделать кобол максимально похожим на естественный английский язык, что позволило писать программы на этом языке даже неспециалистам в программировании. Со вторым поколением компьютеров началось развитие индустрии программного обеспечения.

### 3.2.3. Третье поколение компьютеров (1964–1971 гг.)

В 1958 г. инженер компании Texas Instruments Дж. Килби предложил идею интегральной микросхемы – кремниевого кристалла, на который монтируются миниатюрные транзисторы и другие элементы (рис.18).

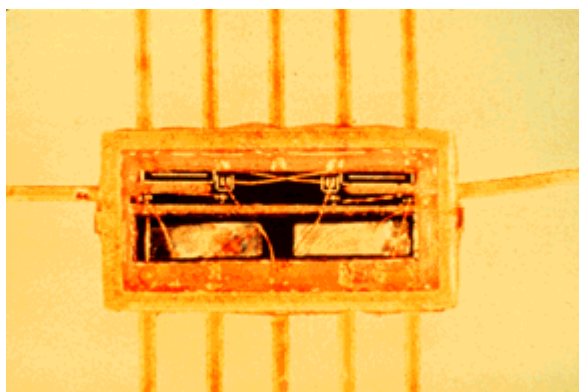


Рис. 18. Интегральная микросхема Килби (1958)

В том же году Килби представил первый образец интегральной микросхемы, содержащий пять транзисторных элементов на кристалле германия. Микросхема Килби занимала чуть больше сантиметра площади и была несколько миллиметров толщиной. Год спустя независимо от Килби Р. Нойс разработал интегральную микросхему на основе кристалла кремния. Впоследствии Р. Нойс основал компанию Intel по

производству интегральных микросхем. Микросхемы работали значительно быстрее транзисторов и потребляли меньше энергии.

Первые интегральные микросхемы состояли всего из нескольких элементов. Однако, используя полупроводниковую технологию, ученые довольно быстро научились размещать на одной интегральной микросхеме сначала десятки, а затем сотни и больше транзисторных элементов.

В 1964 г. компания IBM выпустила компьютер IBM-360, построенный на основе интегральных микросхем (рис. 19).

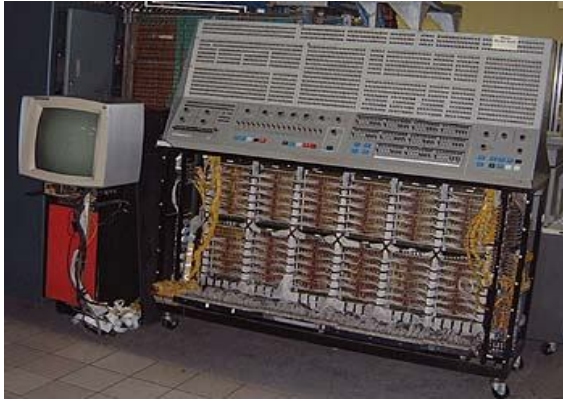


Рис. 19. IBM System 360

IBM-360 оказал огромное влияние на развитие вычислительной техники во всем мире. Технологические, конструкторские, структурные и архитектурные идеи, воплотившиеся в серии IBM-360 и последовавшей за ней IBM-370, определяли развитие ЭВМ.

Сущность идей, заложенных в проект IBM-360, заключалась в создании семейства машин на интегральных схемах, имеющих широкий диапазон производительности и

совместимых на уровне машинных языков, периферийных устройств, модулей конструкции и системы элементов. Предусматривалось создание операционной системы, обеспечивающей различные режимы работы.

Семейство компьютеров IBM System 360 – самое многочисленное семейство компьютеров третьего поколения и одно из самых удачных в истории вычислительной техники. Выпуск этих компьютеров можно считать началом массового производства вычислительной техники. Всего было выпущено более 20000 экземпляров System 360. IBM System 360 относится к классу так называемых мэйнфреймов.

В 1964 г. появился язык программирования бейсик (BASIC – Beginner's All-Purpose Symbolic Instruction Code), предназначенный для обучения начинающих программистов. Бейсик обеспечивал быстрый ввод и проверку программ. Бейсик не очень подходил для написания серьезных программ, однако он давал общее представление о программировании и позволял многим далеким от компьютеров людям быстро овладеть основными навыками программирования. В 1970 г. швейцарец Н. Вирт разработал язык программирования паскаль, также предназначенный для обучения принципам программирования. Создававшийся как язык для обучения, паскаль оказался очень удобен для решения многих прикладных задач. Он прекрасно обеспечивал применение методов структурного программирования, что стало необходимым при создании больших программных систем.

Развитие ЭВМ в СССР в период машин третьего поколения проходило под знаком политики создания единой серии ЭВМ, в основных чертах копирующих IBM-360 и IBM-370, а также серии мини-ЭВМ СМ ЭВМ, ориентированных на зарубежные модели.

Вклад отечественной науки в мировое развитие электронной вычислительной техники в этот период связан с оригинальными идеями и разработками машины М-10 (1975 г., главный конструктор М.А. Карцев). М-10 была первой в мире промышленно освоенной многопроцессорной ЭВМ.

Основой для компьютеров третьего поколения послужили интегральные микросхемы, что позволило значительно уменьшить стоимость и раз-

меры компьютеров, началось массовое производство компьютеров. В данный период развития вычислительной техники продолжалось увеличение скорости обработки информации. Компьютеры третьего поколения работали со скоростью до 1 млн операций в секунду. Появились новые внешние устройства, облегчающие взаимодействие человека с компьютером. Увеличение быстродействия компьютеров и области их применения потребовало разработки новых методов создания программного обеспечения. Появились первые коммерческие операционные системы реального времени, специально разработанные для них языки программирования высокого уровня. Область применения компьютеров третьего поколения необычайно широка: системы обработки данных, управления, проектирования, решения различных коммерческих задач.

### **3.2.4. Четвертое поколение компьютеров (с 1971 г. и по настоящее время)**

В 1965 г. председатель совета директоров компании Intel Г. Мур предположил, что количество элементов на интегральных микросхемах должно удваиваться каждые 18 месяцев. В дальнейшем это правило, известное как закон Мура, было применено к скорости микропроцессоров и до сих пор не нарушалось.

В 1969 г. компания Intel выпустила еще одно важное для развития вычислительной техники устройство – микропроцессор. Микропроцессор представляет собой интегральную микросхему, на которой сосредоточено обрабатывающее устройство с собственной системой команд. Конструкция микропроцессора позволяет применять его для решения широкого круга задач, создавая при этом различные функциональные устройства. Использование микропроцессоров значительно упростило конструкцию компьютеров. Практически сразу микропроцессоры получили широкое применение в различных системах управления – от космических аппаратов до бытовых приборов.

В течение следующих десятилетий в соответствии с законом Мура продолжалось увеличение скорости и интеграции микропроцессоров. Появились сверхбольшие интегральные схемы, включающие сотни тысяч и даже миллионы элементов на один кристалл. Это позволило продолжить уменьшение размеров и стоимости компьютеров и повысить их производительность и надежность.

Практически одновременно с микропроцессорами появились микрокомпьютеры, или персональные компьютеры, отличительной особенностью которых стали небольшие размеры и низкая стоимость. Первая персональная ЭВМ на основе микропроцессора «Альтаир 8800» была создана в США в 1974 г. Благодаря своим характеристикам персональные компьютеры предоставили возможность практически любому человеку познако-

миться с вычислительной техникой. Компьютеры перестали быть прерогативой крупных компаний и государственных учреждений, а превратились в товар массового потребления. Тогда же стали серийно производиться и суперЭВМ. К 1985 г. в мире было установлено 165 суперЭВМ.

Одним из пионеров в производстве персональных компьютеров была компания Apple. Ее основатели С. Джобс и С. Возняк собрали первую модель персонального компьютера в 1976 г. и назвали ее Apple I (рис. 20).



Рис. 20. С. Возняк (слева) и С. Джобс (справа)

В 1977 г. они представили свой компьютер членам компьютерного клуба в Калифорнии и на следующий день получили заказ на 50 подобных компьютеров. Стоимость первого персонального компьютера составляла всего 500 долларов. В том же 1977 г. компания Apple представила следующую модель персонального компьютера – Apple II. У новой модели был изящный пластиковый корпус со встроенной клавиатурой. Впервые компьютер приобрел черты бытового прибора. Это была первая ЭВМ, выпущенная тиражом, превышающим 1 млн экземпляров. Модель Apple II окончательно сломала представление о компьютере как об огромном железном монстре, у него был изящный дизайн и дружелюбный интерфейс взаимодействия с пользователем.

В 1981 г. крупнейшая компьютерная компания IBM представила свой первый персональный компьютер – IBM PC. В течение двух лет было продано более 5 млн этих компьютеров (рис. 21). В то же время компания Microsoft начинает выпуск программного обеспечения для IBM PC. Появляются клоны IBM PC, но все они, так или иначе, отражают стандарты, заложенные IBM. Появление клонов IBM PC способствовало росту промышленного производства персональных компьютеров.



В 1984 г. компания Apple представила компьютер «Macintosh» («Макинтош»). Операционная система компьютера «Макинтош» включала в себя графический интерфейс пользователя, позволявший вводить команды, которые выбирались с помощью указателя «мышь». Сами команды были представлены в виде небольших графических изображений – значков. Простота использования в сочетании с большим набором текстовых и графических программ сделала этот компьютер идеальным для небольших офисов, издательств, школ и даже детских садов. С появлением компьютера

«Макинтош» ПК стал еще более доступным. Для работы с ним больше не требовалось никаких специальных навыков, а тем более знаний программирования. В 1984 г. компания Apple показала на телевидении первый ролик, посвященный рекламе персонального компьютера. Компьютер действительно перестал быть чем-то особенным и превратился в обычный бытовой прибор (рис. 22).



Рис. 22. Одна из последних моделей компьютеров Apple – iMac (2002)

К числу наиболее значительных разработок конца 1980-х – начала 1990-х гг. относится ЭВМ CRAY-3, спроектированная С. Креем на основе принципиально новой технологии – замены кремния арсенидом галлия.

Следует отметить, что становление и развитие вычислительной техники в СССР шло в послевоенные годы в условиях отсутствия контактов с учеными Запада: разработка ЭВМ за рубежом велась в условиях секретности, поскольку первые цифровые электронные машины предназначались, в первую очередь, для военных целей.

Вычислительная техника в СССР в этот период шла своим собственным путем, опираясь на выдающиеся научные результаты отечественных ученых.

С именами основоположников отечественной цифровой электронной вычислительной техники связаны следующие исторически важные события:

– организация первой в СССР вычислительной лаборатории, прообраза будущих вычислительных центров (И.Я. Акушский, 1941);

– разработка первого в СССР проекта цифровой электронной вычислительной машины (И.С. Брук, Б.И. Рамеев, август 1948 г.);

– обоснование принципов построения ЭВМ с хранимой в памяти программой независимо от Дж. фон Неймана (С.А. Лебедев, октябрь–декабрь 1948 г.);

– регистрация первого в СССР свидетельства об изобретении цифровой ЭВМ (И.С. Брук, Б.И. Рамеев, декабрь 1948 г.);

– первый пробный пуск макета малой электронной счетной машины МЭСМ (С.А. Лебедев, ноябрь 1950 г.);

– приемка Государственной комиссией МЭСМ – первой в СССР и континентальной Европе ЭВМ, запущенной в регулярную эксплуатацию (С.А. Лебедев, декабрь 1951 г.);

– завершение отладки и запуск в эксплуатацию первой в СССР ЭВМ – М-1 (И.С. Брук, Н.Я. Матюхин, январь 1952 г.);

– выпуск первых в СССР промышленных образцов ЭВМ (Ю.Я. Базилевский, Б.И. Рамеев, 1953 г., ЭВМ «Стрела»);

– создание самых производительных в Европе (на момент ввода в эксплуатацию) быстродействующих электронных вычислительных машин: БЭСМ (апрель 1953 г.), М-20 (1958 г.) и БЭСМ-6 (1967 г.);

– ввод в эксплуатацию СЭСМ – первого в Союзе матрично-векторного процессора (С.А. Лебедев, З.Л. Рабинович, январь 1955 г.);

– разработка первых в СССР универсальных ЭВМ общего назначения «Урал-1», «Урал-2», «Урал-3», «Урал-4» (Б.И. Рамеев, 1950-е гг.);

– создание первого в Советском Союзе семейства программно и конструктивно совместимых универсальных ЭВМ общего назначения «Урал-11», «Урал-14», «Урал-1б» (Б.И. Рамеев, В.И. Бурков, А.С. Горшков, 1960-е гг.);

– разработка и серийный выпуск первых в СССР малых универсальных ЭВМ М-3 и «Минск-1» (И.С. Брук, Н.Я. Матюхин, Г.П. Лопато – 1956-1960 гг.);

– создание первой и единственной в мире троичной ЭВМ «Сетунь» (Н.П. Брусенцов, 1958 г.);

– создание первой (и, вероятно, единственной в мире) суперпроизводительной специализированной ЭВМ с использованием системы счисления в остатках (И.Я. Акушский, 1958 г.);

– разработка теории цифровых автоматов (В.М. Глушков, 1961 г.); предложена идея схемной реализации языков высокого уровня (В.М. Глушков, З.Р. Рабинович, 1966 г.);



Рис. 23. В.М. Глушков  
(1923–1982)

– разработка первых в СССР машин для инженерных расчетов «Проминь» и МИР – предвестников будущих ПЭВМ (В.М. Глушков, С.Б. Погребинский, 1959-1965 гг.);

– создание первой в СССР полупроводниковой управляющей машины широкого назначения «Днепр» (В.М. Глушков, Б.Н. Малиновский, 1960 г.);

– применение впервые в СССР микропрограммного управления в ЭВМ (Н.Я. Матюхин, ЭВМ «Тетива», 1961 г.);

– создание первой в СССР (и, возможно, единственной в мире) ЭВМ с использованием только прямых кодов операндов (Н.Я. Матюхин, ЭВМ «Тетива», 1961 г.);

– выдвижение впервые в СССР идеи многопроцессорной системы (С.А. Лебедев, 1956 г.);

– появление идеи интеллектуальных структур ЭВМ (В.М. Глушков, 1961 г.);

– первое в СССР использование виртуальной памяти и асинхронной конвейерной структуры ЭВМ (С.А. Лебедев, БЭСМ-6, 1967 г.);

– предложение принципов построения рекурсивной (не неймановской) ЭВМ (В.М. Глушков, В.А. Мясников, И.Б. Игнатъев, 1974 г.);

– реализация первой в мире многоформатной векторной структуры ЭВМ (М.А. Карцев, ЭВМ М-10, 1974 г.);

– предложение и реализация первой в мире концепции полностью параллельной вычислительной системы – с распараллеливанием на всех четырех уровнях: программ, команд, данных и слов (М.А. Карцев, вычислительные комплексы на базе ЭВМ М-10, 1970-е гг.);

– создание первого в СССР мобильного управляющего многопроцессорного комплекса на интегральных схемах с автоматическим резервированием на уровне модулей, производительностью 1,5 млн операций в секунду (С.А. Лебедев, В.С. Бурцев, 1978 г.);

– разработка проекта первой в СССР векторно-конвейерной ЭВМ (М.А. Карцев, ЭВМ М-13, 1978 г.).

Это лишь главные результаты основных научных школ, руководимых С.А. Лебедевым, Б.И. Рамеевым, И.С. Бруком, В.М. Глушковым, возникших в годы становления цифровой электронной вычислительной техники и выполнивших разработку основных классов ЭВМ того времени.

На протяжении всего 50 лет компьютеры превратились из неуклюжих,

диковинных электронных монстров в мощный, гибкий, удобный и доступный инструмент. Компьютеры стали символом прогресса в XX в. По мере того как человеку понадобится обрабатывать все большее количество информации, будут совершенствоваться и средства ее обработки – компьютеры.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Принцип работы машины Б. Паскаля.
2. Принцип работы аналитической машины Ч. Беббиджа.
3. Принцип работы машины Тьюринга.
4. Модель вычислительной машины Дж. фон Неймана.
5. Вклад ученых СССР в развитие вычислительной техники.
6. Элементная база компьютеров четырех поколений.