

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
**«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра: «Информационные системы и технологии»**

## **Учебно-методическое пособие**

Предназначено для студентов физико-математического  
факультета спец. «математика» и « ИСиТ» (бакалавриат) очной и  
заочной форм обучения.

## **ВВЕДЕНИЕ В ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**Магас-2022г.**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>4</b>
<b>ГЛАВА 1 ИНФОРМАЦИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....</b>	<b>5</b>
1.1. Понятие «информационная технология».....	5
1.2. Информатизация общества.....	10
1.3. Понятие «информация».....	18
1.4. Виды и свойства информации.....	18
1.5. Методы и модели оценки количества информации.....	22
1.6. Уровни рассмотрения ИТ.....	25
1.6.1. Концептуальный уровень рассмотрения ИТ.....	26
1.6.2. Логический уровень рассмотрения ИТ.....	29
1.6.3. Физический уровень рассмотрения ИТ.....	30
<b>ГЛАВА 2 СЛАГАЕМЫЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ.....</b>	<b>31</b>
2.1. Информационное моделирование и формализация.....	31
2.2. Информационные процессы и информационные системы.....	34
2.3. Система информационных технологий.....	38
2.4. Информационная технология как система.....	46
2.5. Информационное управление.....	49
<b>ГЛАВА 3 ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....</b>	<b>53</b>
3.1. Понятие «телекоммуникация».....	53
3.2. Принципы построения и классификация компьютерных сетей.....	54
3.3. Способы коммутации данных.....	58
3.4. Глобальная сеть Internet. Структура, система адресации.....	60
3.5. Обеспечение безопасности в компьютерных сетях.....	63
3.5.1. Основные понятия. Виды угроз.....	63
3.5.2. Методы и средства защиты информации.....	66
3.5.3. Компьютерные вирусы и их классификация.....	67
3.5.4. Способы защиты от вирусов.....	69
3.6. Виды услуг, предоставляемых абонентам компьютерных сетей.....	70
<b>ГЛАВА 4 АРХИТЕКТУРА СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ...76</b>	<b>76</b>
4.1. Программное обеспечение ЭВМ. Компоненты программной среды.....	76
4.2. Системное программное обеспечение.....	77
4.2.1. Базовое ПО.....	77
4.2.2. Операционные системы.....	78
4.2.3. Операционные оболочки.....	81

4.2.4. Служебные программы.....	82
<b>4.3. Инструментальное программное обеспечение.....</b>	<b>83</b>
<b>4.4. Прикладное программное обеспечение.....</b>	<b>85</b>
<b>ГЛАВА 5 АРХИТЕКТУРА СОВРЕМЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ</b>	
<b>СРЕДСТВ.....</b>	<b>87</b>
<b>5.1. Логические основы построения ЭВМ.....</b>	<b>87</b>
<b>5.2. Логический базис булевой алгебры.....</b>	<b>87</b>
<b>5.3. Логические элементы.....</b>	<b>94</b>
<b>5.4. Принципы Дж. фон Неймана.....</b>	<b>96</b>
<b>5.5. Программное управление ЭВМ.....</b>	<b>97</b>
<b>5.6. Функционально-структурная организация ЭВМ.....</b>	<b>98</b>
5.6.1. Элементы организации основных блоков ЭВМ.....	98
5.6.2. Архитектурная организация процессора ЭВМ.....	99
5.6.3. Организация памяти ЭВМ.....	100
5.6.4. Организация системы сопряжения ЭВМ.....	101
5.6.5. Система внешних устройств ЭВМ.....	102
<b>5.7. Классификация ЭВМ.....</b>	<b>103</b>
<b>5.8. Формы представления и преобразования информации.....</b>	<b>106</b>
5.8.1. Кодирование и декодирование информации.....	106
5.8.2. Единицы измерения количества информации.....	109
5.8.3. Представление целых чисел со знаком и без знака.....	110
5.8.4. Представление символьной информации в ЭВМ.....	113
5.8.5. Представление чисел в формате с плавающей запятой.....	113
5.8.6. Машинная эпсилон.....	117
<b>ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>120</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

Учебное пособие предназначено для студентов ИнЭО, обучающихся по направлению 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника».

Учебное пособие состоит из пяти глав. В первой главе вводятся понятия информационных технологий и информации, описываются уровни рассмотрения ИТ. Во второй главе описываются слагаемые информационной технологии, а также рассматривается ИТ как система. В третьей главе изложены основы построения компьютерных систем. Четвертая глава посвящена рассмотрению современных программных средств. В пятой главе приведены описания архитектуры современных вычислительных средств, рассмотрены логические основы работы ЭВМ.

# Глава 1

## ИНФОРМАЦИЯ

### И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

#### 1.1. Понятие «информационная технология»

Термин «технология» широко употреблялся до недавнего времени только при изучении производственных процессов. Рассмотрим некоторые определения.

«Технология (от греческого – искусство, мастерство, умение и ...логия) – совокупность методов обработки, изготовления, изменения состояния, свойств, формы сырья, материала или полуфабриката, осуществляемых в процессе производства продукции» (Советский энциклопедический словарь).

«Технология – совокупность производственных методов и процессов отрасли производства, а также научное описание способов производства...» (Ожегов С.И. Толковый словарь русского языка).

«Технология: 1) совокупность методов обработки, изготовления, изменения состояния, свойств, формы сырья, материала или полуфабриката в процессе производства, например: технология металлов, химическая технология, технология строительных работ; 2) наука о способах воздействия на сырье, материалы или полуфабрикаты соответствующими орудиями производств» (Словарь иностранных слов).

Очевидно, что технология – это научное решение практических задач, а расцвет современных технологий напрямую можно связать с научно-технической революцией.

Все приведенные определения ориентированы по производственно-промышленному «вектору». Однако понятие *технология* со временем содержательно оказалось намного богаче. Потенциальные возможности понятия «технология» в ходе его использования в традиционной сфере постоянно возрастали. Область, в пределах которой это понятие употреблялось, стала интенсивно расширяться и вследствие этого включать в себя педагогику, социологию, культуру и т.д.

Таким образом, сегодня понятие *технология* можно рассматривать на разных уровнях. На философском уровне *технология* – учение о наилучшей (оптимальной) деятельности. На межпредметном уровне – это процесс, определяемый совокупностью средств и методов обработки, изготовления, изменения состояния, свойств, формы сырья

или материала. Наконец, на общеобразовательном уровне технологию определяют как область знаний, методов и средств, используемых для оптимального преобразования и применения материи (материалов), энергии и информации по плану и в интересах человека, общества, окружающей среды.

Замена материального объекта на идеальный (информацию) позволяет использовать понятие *технология* в области, касающейся обработки и производства информации с применением современных средств компьютерной техники.

Информация является одним из ценнейших ресурсов общества наряду с такими традиционными материальными видами ресурсов, как нефть, газ, полезные ископаемые и др. Понятие «информация» вышло на передний край науки сравнительно недавно. В старых словарях его не найти. Первые научные труды, составившие фундамент теории информации, появились примерно семьдесят лет назад. И чуть более пятидесяти лет назад академик А.Н. Колмогоров отнес термин *информация* к важнейшим научным понятиям и назвал ее первоосновой новых перспективных отраслей науки и техники.

В условиях современного рынка актуальным становится определение информации, которое дает В.Л. Тамбовцев: «Информация – это те продукты или услуги, которые предназначены их производителем для передачи знаний в максимально доступной для потенциального потребителя форме» [12].

Понятие *информация* – это и более широкое, и в каком-то смысле более узкое понятие, чем *знание*. Общий поток информации, который поступает из внешнего мира в мозг человека через его органы чувств, выражается числом 100 000 битов в секунду. Но лишь тысячная доля этой информационной лавины становится фактом сознания. На своем высшем уровне отражение в своей результативной форме выступает как знание. Зададимся вопросом: можно ли знание отождествлять с информацией? Как пишет А.Г. Спиркин: «...Знание противоположно незнанию, т.е. отсутствию проверенной информации о чем-либо...» [11]. Знания могут появиться только после получения и переработки информации. Таким образом, знание выступает звеном в цепи: возникновение – передача – получение – переработка – дальнейшая передача трансформированной информации.

Конечно, понятия «информация» и «знание» очень близки, а знание, осведомленность играют сегодня очень важную роль в жизни людей. Для такой технической науки, как информатика, понятие *информация*, однако, не может основываться на таких антропоцентрических понятиях, как *знание*, и не может опираться

только на объективность фактов и свидетельств. Об этом пишет С.В. Симонович [7]: «Средства вычислительной техники обладают способностью обрабатывать информацию автоматически, без участия человека, и ни о каком знании или незнании здесь речь идти не может. Эти средства могут работать с искусственной, абстрактной и даже с ложной информацией, не имеющей объективного отражения ни в природе, ни в обществе». В своей книге он дает следующее определение информации: «Информация – это продукт взаимодействия данных и адекватных им методов».

Приведем еще одно определение информации: «Информатика рассматривает информацию как концептуально связанные между собой сведения, данные, понятия, изменяющие наши представления о явлении или объекте окружающего мира» [8]. Кроме понятия «информация» в информатике часто используется понятие «данные». Данные могут рассматриваться как признаки или записанные наблюдения, которые по каким-то причинам не используются, а только хранятся. Если данные участвуют в процессе снятия неопределенности, то данные становятся информацией. Следовательно, можно утверждать, что информацией являются используемые данные.

Итак, для различных областей науки существуют свои определения понятия «информация».

Идея включения информации в цепочку производства информационного продукта принадлежит В.М. Глушкову. В 1982 г. в своей книге «Основы безбумажной информатики» он дал следующее определение: «Информационные технологии – процессы, где основной перерабатываемой продукцией является информация» [6]. Отсюда вытекает положение о том, что информационные технологии использовались всегда, т.к. задачи накопления, обработки и распространения информации стояли перед человечеством на всех этапах его развития. Особенно широко информационные технологии применялись для обучения.

Почему же об информационных технологиях заговорили не так давно? Н.В. Апатова отмечает, что «методические системы не называли информационными технологиями потому, что данный термин связан с появлением вычислительной техники» [2]. По мнению Н.В. Апаатовой, информационная технология – это некая методическая система, т.е. часть педагогической технологии.

В некоторых работах встречаются такие определения информационных технологий обучения, которые не дают полного представления обо всех областях их применения. В частности, Н.В. Апатова пишет: «Информационная технология обучения – процесс подготовки и передачи информации обучаемому, средством

осуществления которого является компьютер» [2]. Здесь правильнее было бы говорить о компьютерных, а не об информационных технологиях обучения, т.к. понятие *информационные технологии* гораздо шире.

В [5] дается следующее определение: «Информационная технология – комплекс методов, способов и средств, обеспечивающих хранение, обработку, передачу и отображение информации и ориентированных на повышение эффективности и производительности труда».

Под *информационными технологиями* в широком смысле будем понимать совокупность средств и методов сбора, обработки и передачи данных (первичной информации) для получения информации нового качества о состоянии объекта, процесса или явления (информационного продукта) [3].

Существенным отличием информационных технологий от других областей науки и производства является то, что они претерпевают постоянные изменения, вызванные бурным развитием средств компьютерной техники и современной связи. Сегодня говорят не просто об информационных технологиях, а о современных или новых информационных технологиях (НИТ). Их основу, по мнению А.Н. Богатырева, А.В. Коптелова и Г.Н. Некрасовой, составляют пять технических достижений [4]:

1. Появление новой среды накопления информации на машиночитаемых носителях.
2. Развитие средств связи, обеспечивающих доставку информации практически в любую точку земного шара без существенных ограничений во времени и расстоянии, широкий охват населения средствами связи.
3. Динамичное развитие микропроцессорной техники, обеспечивающей возможность цифровой обработки информации.
4. Возможность автоматизированной обработки информации с помощью компьютера по заданным алгоритмам.
5. Возникновение и бурное развитие сети Интернет.

Итак, новыми информационными технологиями обучения будем называть совокупность электронных средств и способов их функционирования, используемых для реализации обучающей деятельности. Технологии, которые существовали до появления вычислительной, микропроцессорной техники, будем называть традиционными информационными технологиями. Они по-прежнему успешно применяются в образовании и вряд ли будут полностью вытеснены новыми информационными технологиями.



Что же является целью информационной технологии? В [3] находим: «Цель информационной технологии – производство информации, удовлетворяющей информационные потребности человека. Чаще всего эти потребности связаны с принятием решений в таких сферах, как познание, общение, практическая (производственная) деятельность». В этой же работе отмечается, что отличительной особенностью технологии является то, что применение одной и той же технологии к одинаковому исходному «сырью» дает в результате «продукт» одного и того же качества. С другой стороны, применяя разные технологии к одному и тому же ресурсу, можно получить разные продукты.

Подобно тому, как в материальной технологии выделяются ее составляющие (материаловедение, проектирование, производственные процессы, инструментарий, техника безопасности и охрана труда, теория управления предприятием), так и информационную технологию можно разделить на части: теория информации, моделирование и формализация, информационные процессы, информационные системы, информационная безопасность и информационное управление.

Информационная технология, как и любая другая, должна отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать высокую степень разделения всего процесса обработки информации на этапы, операции, действия;
- включать весь набор элементов, необходимых для достижения поставленной цели;
- иметь регулярный характер. Этапы, действия, операции технологического процесса могут быть стандартизированы и унифицированы, что позволит более эффективно осуществлять целенаправленное управление информационными процессами.

На сегодняшний день существуют различные подходы к проблеме классификации информационных технологий. Приведем несколько классификаций. В [8] выделяются следующие виды информационных технологий:

- информационная технология обработки данных;
- информационная технология управления;
- автоматизация офиса;
- информационная технология поддержки принятия решений;
- информационная технология экспертных систем.

В [13] информационные технологии подразделяют на различные виды следующим образом:

- функционально-ориентированные информационные технологии, предназначенные для реализации определенных задач;

- предметно-ориентированные информационные технологии, предназначенные для решения конкретных задач в определенной предметной области;

- проблемно-ориентированные информационные технологии, предназначенные для решения типовых прикладных задач.

Будем придерживаться классификации, приведенной авторами учебника [3], которая составлена в зависимости от формы представления обрабатываемой информации:

- технологии обработки текстовой информации;
- технологии обработки числовой информации;
- технологии обработки графической информации;
- технологии обработки звуковой информации;
- технологии работы в глобальных сетях;
- социальные информационные технологии.

Выбор данной классификации объясняется тем, что сложилась традиция обучать школьников и студентов именно этим видам информационных технологий.

## **1.2. Информатизация общества**

В истории человеческого общества несколько раз происходили радикальные изменения и в информационной области, которые можно назвать информационными революциями.

*Первая информационная революция была связана с изобретением письменности.* Письменность создала возможность накопления и распространения знаний для передачи их будущим поколениям. Цивилизации, освоившие письменность, развивались быстрее других, достигали более высокого культурного и экономического уровня. Примерами могут служить Древний Египет, страны Междуречья, Китай. Позднее переход от пиктографического и идеографического письма к алфавитному, сделавший письменность более доступной, в значительной степени способствовал смещению центров цивилизации в Европу (Греция, Рим).

*Вторая информационная революция (середина XVI в.) была связана с изобретением книгопечатания.* Стало возможным не только сохранять информацию, но и сделать ее массово-доступной. Грамотность становится массовым явлением. Все это ускорило рост науки и техники, помогло промышленной революции. Книги перешагнули границы стран, что способствовало началу создания общечеловеческой цивилизации.

*Третья информационная революция (конец XIX в.) была обусловлена прогрессом средств связи. Телеграф, телефон, радио позволили оперативно передавать информацию на любые расстояния. Эта революция не случайно совпала с периодом бурного развития естествознания.*

*Четвертая информационная революция (70-е гг. XX в.) связана с появлением микропроцессорной техники и, в частности, персональных компьютеров. Вскоре после этого возникли компьютерные телекоммуникации, радикально изменившие системы хранения и поиска информации. Были заложены основы преодоления информационного кризиса.*

Четвертая информационная революция дала толчок к столь существенным переменам в развитии общества, что для его характеристики появился новый термин «информационное общество».

Само название впервые возникло в Японии. Специалисты, предложившие этот термин, разъяснили, что он определяет общество, в котором в изобилии циркулирует высокая по качеству информация, а также есть все необходимые средства для ее хранения, распределения и использования. Информация легко и быстро распространяется по требованиям заинтересованных людей и организаций и выдается им в привычной для них форме. Стоимость пользования информационными услугами настолько невысока, что они доступны каждому.

Академик В.А. Извозчиков предлагает следующее определение: «Будем понимать под термином *информационное (компьютеризированное)* общество то, во все сферы жизни и деятельности членов которого включены компьютер, телематика, другие средства информатики в качестве орудий интеллектуального труда, открывающих широкий доступ к сокровищам библиотек, позволяющих с огромной скоростью производить вычисления и перерабатывать любую информацию, моделировать реальные и прогнозируемые события, процессы, явления, управлять производством, автоматизировать обучение и т. д.» [9]. Здесь термин «телематика» означает обработку информации на расстоянии.

Проследим более детально существующие тенденции в развитии информационного общества. Однако вначале отметим, что в настоящее время ни одно государство не находится в этой стадии. Ближе всех к информационному обществу подошли США, Япония, ряд стран Западной Европы.

Не существует общепринятого критерия оценки полномасштабного информационного общества, однако известны его формулировки. Интересный критерий предложил академик А.П. Ершов: «О фазах

продвижения к информационному обществу следует судить по совокупным пропускным способностям каналов связи» [9]. За этим стоит простая мысль: развитие каналов связи отражает и уровень компьютеризации, и объективную потребность общества во всех видах информационного обмена, и другие проявления информатизации. Согласно этому критерию ранняя стадия информатизации общества наступает при достижении действующей в нем совокупной пропускной способности каналов связи, обеспечивающей развертывание достаточно надежной междугородной телефонной сети. Завершающая фаза, при возможности реализации надежного и оперативного информационного контакта между членами общества, – по принципу «каждый с каждым». На завершающей фазе пропускная способность каналов связи должна быть в миллион раз больше, чем в первой фазе.

Следует обратить внимание на то, что сегодня все больше людей в обществе заняты работой с информацией. Информация позволяет человеку познавать мир, ощущать себя его частью, общаться с другими людьми, воспитывать детей, решать бытовые проблемы, заниматься различного рода деятельностью, творческим трудом. С помощью информации организуется совместный труд людей на предприятиях, образуются их профессиональные союзы и общества. Информация является основой деятельности органов законодательной, исполнительной и судебной власти, системы государственного управления.

*Информационное общество* – общество, в котором большинство работающих занято производством, хранением, переработкой и реализацией информации, особенно высшей ее формой – знаний. Движущей силой развития общества должно стать производство не материального, а информационного продукта. Материальный продукт станет более информационно-емким, что означает увеличение доли инноваций, дизайна и маркетинга в его стоимости.

Согласно мнению ряда специалистов, США завершат в целом переход к информационному обществу к 2020 г., Япония и большинство стран Западной Европы – к 2030-2040 гг.

Переход к информационному обществу сопровождается переносом центра тяжести в экономике с производства материальных благ (товаров) на оказание услуг, что влечет за собой значительное снижение добычи и переработки сырья и расхода энергии.

Вторая половина XX в. благодаря информатизации сопровождалась перетоком людей из сферы прямого материального производства в информационную сферу. Промышленные рабочие, составлявшие в середине XX в. более 2/3 населения, сегодня в развитых странах

составляют менее 1/3. Значительно разросся социальный слой, который называют «белые воротнички» – люди наемного труда, не производящие непосредственно материальных ценностей, а занятые обработкой информации (в широком смысле): учителя, банковские служащие, программисты и т.д. Так, к 1980 г. в сельском хозяйстве было занято 3 % работающих, в промышленности – 20 %, в сфере обслуживания – 30 %, и 47 % людей было занято в информационной сфере [9, с. 108].

Самое главное, информатизация изменила и характер труда в традиционных отраслях промышленности. Появление робототехнических систем, повсеместное внедрение элементов микропроцессорной техники является основной причиной этого явления.

Приведем пример: в станкостроительной отрасли в США в 1990 г. было занято 330 тыс. человек, а к 2005 г. осталось 14 тыс. человек. Это произошло за счет массового сокращения людей на сборочных линиях вследствие внедрения вместо них роботов и манипуляторов.

Еще одна характерная черта в этой сфере – появление развитого рынка информационных продуктов и услуг. Этот рынок включает секторы:

- деловой информации (биржевая, финансовая, статистическая, коммерческая информация);
- профессиональной информации (научно-техническая информация, первоисточники и пр.);
- потребительской информации (новости, всевозможные расписания, развлекательная информация);
- услуг образования и др.

Однако есть и негативная сторона процесса информатизации, суть которой заключается в том, что поток информации, хлынувший на человека, столь велик, что недоступен обработке в приемлемое время. Это так называемый *информационный кризис*.

Это явление имеет место и в научных исследованиях, и в технических разработках, и в общественно-политической жизни. В нашем усложняющемся мире принятие решений становится все более ответственным делом, а оно невозможно без полноты информации.

Ускорение накопления общего объема знаний происходит с удивительной быстротой. В начале XX в. общий объем всей производимой человечеством информации удваивался каждые 50 лет, к 1950 г. удвоение происходило каждые 10 лет, к 1970 г. – уже каждые 5 лет; конца этому процессу ускорения пока не видно.

Информационный кризис проявляется в следующем:

- информационный поток превосходит ограниченные возможности человека по восприятию и переработке информации;
- возникает большое количество избыточной информации (так называемый «информационный шум»), которая затрудняет восприятие полезной для потребителя информации;
- возникают экономические, политические и другие барьеры, которые препятствуют распространению информации (например, по причине секретности).

Частичный выход из информационного кризиса видится в применении новых информационных технологий. Внедрение современных средств и методов хранения, обработки и передачи информации многократно снижают барьер доступа к ней и скорость поиска. Разумеется, одни лишь технологии не могут решить проблему, имеющую и экономический характер (информация стоит денег), и юридический (информация имеет собственника), и ряд других. Эта проблема комплексная и решается усилиями как каждой страны, так и мирового сообщества в целом.

В основе информационной революции лежит взрывное развитие информационных и коммуникационных технологий. В этом процессе отчетливо наблюдается и обратная связь: движение к информационному обществу резко ускоряет процессы развития указанных технологий, делая их широко востребованными.

Однако сам по себе бурный рост производства средств вычислительной техники, начавшийся с середины XX в., не стал причиной перехода к информационному обществу. Компьютеры использовались сравнительно небольшим числом специалистов до тех пор, пока существовали обособленно. Важнейшим этапом на пути в информационное общество стало:

- создание телекоммуникационной инфраструктуры, включающей в себя сети передачи данных;
- появление огромных баз данных, доступ к которым через сети получили миллионы людей;
- выработка единых правил поведения в сетях и поиск в них информации.

Огромную роль в обсуждаемом процессе сыграло создание международной компьютерной сети Интернет. Сегодня она представляет собой колоссальную и быстро (на 10–15 % в месяц) растущую систему, число пользователей которой перевалило за 200 миллионов человек.

Необходимо отметить, что в настоящее время в мире наблюдается отказ от создания собственных корпоративных сетей в пользу открытых

стандартизованных систем и их интеграции в Интернет (за исключением, конечно, сетей специального назначения, в которых очень высоки требования к безопасности информации).

Информационные и коммуникационные технологии постоянно развиваются. Постепенно происходит универсализация ведущих технологий, т.е. вместо создания для решения каждой задачи собственной технологии разрабатываются мощные универсальные технологии, допускающие много вариантов использования. Хорошо знакомый пример – офисные системы программного обеспечения, в которых можно производить множество разнообразных действий – от простейшего набора текста до создания специальных программ (например, начисления заработной платы с помощью табличного процессора).

Универсализации информационных технологий способствует широкое использование мультимедиа. Современная мультимедийная система способна объединить функции, например: компьютера, телевизора, радиоприемника, телефона, автоответчика, факса, обеспечивая при этом и доступ к сетям передачи данных.

Существование вычислительной техники приводит к персонализации и миниатюризации устройств хранения информации. Крошечные, уместающиеся на ладони устройства, имеющие все функции персонального компьютера, позволяют человеку обзавестись собственным универсальным справочником, объем информации в котором сопоставим с несколькими энциклопедиями. Поскольку это устройство может быть подключено к сети, то оно же передает и оперативные данные, например: о погоде, текущем времени, состоянии пробок на дорогах и т.д.

Рассмотрим понятие «информационная культура». Понятие информационной культуры личности в настоящее время окончательно не определено и трактуется по-разному. Наиболее часто оно употребляется для обозначения широты знаний специалиста.

Разнообразие взглядов, характеризующих отдельные стороны информационной культуры специалиста, таким образом, сводится по крайней мере к трем позициям. В качестве предмета при ее анализе все авторы исследуют знания, которыми должен владеть специалист. Это – первое, что объединяет их при обсуждении данной проблемы. Второе связано с тем, что информационная культура обозначается как качественная характеристика личности. Третье – она отражает уровень информатизации общества.

Современный этап перехода человечества от «индустриального общества» к «информационному» выдвигает ряд требований к

деятельности субъекта, которые дают основание говорить о некоторых общих подходах к формированию информационной культуры участников образовательного процесса. Человеку информационного общества необходимы такие знания и навыки, которые, с одной стороны, энергично и эффективно можно использовать для дальнейшего продвижения науки, техники, культуры, для выявления огромного потенциала компьютерных технологий, а, с другой стороны, эти знания и навыки должны стать гарантом суверенизации личности ради наиболее полной реализации созидательных ресурсов человека.

Анализ теоретических источников показывает, что некоторые грани информационной культуры человека в достаточной степени определены. Сформулированы требования к специалисту – выпускнику педагогического института; рассмотрены отдельные стороны информационной культуры; выявлены специфические черты современных процессов, происходящих в обществе. Информационная культура является составной частью педагогической культуры. Важнейшей составляющей информационной культуры в современных условиях, в свою очередь, является компьютерная культура участника образовательного процесса.

К общей компьютерной культуре целесообразно отнести навыки использования компьютерной техники и эрудицию в области созданных для этого профессиональных прикладных программ. К специальной компьютерной культуре – знания, обеспечивающие возможность специалисту работать на стыке своей профессии с информатикой и вычислительной техникой. Она развивается на понимании основных идей информатики и представлений о роли информационных и телекоммуникационных технологий в жизни общества и в профессиональной деятельности специалиста, а также общих навыков использования компьютерной техники, умения использовать компьютеризированные информационные и телекоммуникационные технологии.

Для 96 % участников образовательного процесса компьютерная культура предполагает наличие знаний, обеспечивающих возможность преподавателю и студенту пользоваться при обучении основными понятиями информатики, вычислительной техники, а также владение навыками решения задач профессиональной деятельности с использованием компьютеров, эрудицию в области созданных для этого специальных прикладных программ [10].

Совершенствование компьютерной культуры – настоятельное веление времени, неременное требование к современному специалисту. Для решения этой проблемы во всех учебных заведениях



необходимо формировать новое мышление, опирающееся на осознание безусловной необходимости использования и применения в любом виде профессиональной деятельности педагога современной компьютерной техники, информационных и телекоммуникационных технологий, овладение которыми возможно лишь на базе компьютерной грамотности.

Успешная реализация задач постепенного, но постоянного повышения уровня компьютерной грамотности всех участников процесса обучения в педагогическом институте обеспечивается следующими условиями:

- изучением студентами предметов информационного цикла, дающих обучаемым знания, умения и навыки, достаточные знания правильного понимания значения информации и эффективной работы с технологиями целенаправленной деятельности, функционирующими на основе производства различных операций с профессионально значимой информацией (информационными технологиями);
- созданием благоприятных условий заинтересованности преподавательского состава в повышении уровня своей компьютерной подготовки.

Данная цель связана не столько с формированием необходимого уровня компьютерной грамотности, сколько, наряду с ним, с изучением и усвоением обучаемыми особенностей и возможностей одного из основных видов проявления человеческого интеллекта – системного мышления. Изучение системного подхода воспитывает особую культуру мышления, и поэтому оно окажется продуктивным в освоении не только математики, информатики, но практически всех дисциплин, предметом изучения которых являются сложные объекты окружающего мира.

Внедрение информационных технологий в образовательный процесс предполагает овладение компьютерной культурой как со стороны объектов, так и со стороны субъектов процесса обучения.

Главным условием здесь является всесторонняя и целенаправленная подготовка к умелому и грамотному использованию информационных технологий преподавательским составом. Именно от их увлеченности современной компьютерной техникой зависит активное внедрение информационных технологий в образовательный процесс вуза, а также успешное обучение основам устройства и применения компьютеров.

### 1.3. Понятие «информация»

Термин *информация* имеет множество определений. Информация (лат. *informatio* – разъяснение, изложение, осведомленность) – одно из наиболее общих понятий науки, обозначающее некоторые сведения, совокупность каких-либо данных, знаний и т.п.

В широком смысле «информация» – это отражение реального мира; в узком смысле – это любые сведения, являющиеся объектом хранения, передачи и преобразования.

С практической точки зрения информация всегда представляется в виде *сообщения*. Информационное сообщение связано с *источником сообщений* и *каналом связи* (рис. 1.1).

Сообщение от источника к приемнику передается в материально-энергетической форме (электрический, световой, звуковой сигналы и т.д.).

Человек воспринимает сообщения посредством органов чувств. Приемники информации в технике воспринимают сообщения с помощью различной измерительной и регистрирующей аппаратуры.



Рис. 1.1. Общая схема передачи информации

В обоих случаях с приемом информации связано изменение во времени какой-либо величины, характеризующей состояние приемника.

В этом смысле информационное сообщение можно представить функцией  $x(t)$ , характеризующей изменение во времени материально-энергетических параметров физической среды, в которой осуществляются информационные процессы.

### 1.4. Виды и свойства информации

Как правило, свойства любых объектов, подвергаемых изучению, можно разделить на два больших класса: внешние и внутренние свойства.

*Внутренние свойства* – это свойства, органически присущие объекту. Они обычно скрыты от изучающего объект и проявляют себя косвенным образом при взаимодействии данного объекта с другими.

*Внешние свойства* – это свойства, характеризующие поведение объекта при взаимодействии с другими объектами.

Для любой информации можно указать три объекта взаимодействия: источник информации, приемник информации (потребитель) и объект или явление, которые данная информация отражает.

Поэтому можно выделить три группы внешних свойств, важнейшими из которых являются свойства информации, с точки зрения потребителя.

*Качество информации* (или показатель качества) – обобщенная положительная характеристика информации, отражающая степень ее полезности для пользователя.

Чаще всего рассматривают показатели качества, которые можно выразить числом, и такие показатели являются количественными положительными свойствами информации.

Следующие свойства информации характеризуют ее качество:

*Релевантность* (существенность) – способность информации соответствовать нуждам (запросам) потребителя.

*Полнота* – свойство информации исчерпывающе (для данного потребителя) характеризовать отражаемый объект и/или процесс.

*Своевременность* (актуальность) – способность информации соответствовать нуждам потребителя в нужный момент времени.

*Достоверность* – свойство информации не иметь скрытых ошибок.

*Доступность* – свойство информации, характеризующее возможность ее получения данным потребителем.

*Защищенность* – свойство, характеризующее невозможность несанкционированного использования или изменения.

*Эргономичность* – свойство, характеризующее удобство формы или объема информации, с точки зрения данного потребителя.

Логическая, адекватно отображающая объективные закономерности природы, общества и мышления, информация – это есть научная информация.

Данное определение характеризует не взаимоотношение «информация – потребитель», а взаимоотношение «информация – отражаемый объект/явление», т.е. это уже следующая группа внешних свойств информации. Здесь наиболее важным является свойство адекватности.

*Адекватность* – свойство информации однозначно соответствовать отображаемому объекту или явлению. Адекватность оказывается для потребителя внутренним свойством, проявляющим себя через релевантность и достоверность.

Среди внутренних свойств информации важнейшими являются объем (количество) информации и ее внутренняя организация, структура. По способу внутренней организации информацию делят на две группы:

1. Данные (лат. *data*), или простой, логически неупорядоченный набор сведений.

2. Логически упорядоченные, организованные наборы данных.

Упорядоченность данных достигается наложением на данные некоторой структуры (отсюда часто используемый термин – структура данных).

Во второй группе выделяют особым образом организованную информацию – знания. Знания, в отличие от данных, представляют собой информацию не о каком-то единичном и конкретном факте, а о том, как устроены все факты определенного типа.

Наконец, рассмотрим группу свойств информации, характеризующих взаимоотношение «информация – источник» и связанную с процессом ее хранения.

Здесь важнейшим свойством является живучесть – способность информации сохранять свое качество с течением времени, также свойство уникальности. Уникальной называют информацию, хранящуюся в единственном экземпляре.

Классификация информации по видам может быть осуществлена как в соответствии с наличием или отсутствием тех или иных свойств, так и без него, например по предметной ориентации (экономическая, историческая, техническая и т.д.).

Приведем классификацию информации, данную С.А. Бешенковым и Е.А. Ракитиной [3]:

1. По способу восприятия:

- визуальная;
- аудиальная;
- обонятельная;
- вкусовая;
- тактильная.

2. По степени значимости:

- личная;
- специальная;
- общественная.

Личная – это знания, опыт, интуиция, умения, планы, прогнозы, эмоции, чувства, наследственная память конкретного человека. Специальная делится на научную, производственную, техническую,

управленческую. Общественная включает в себя общественно-политическую, научно-популярную, обыденную, эстетическую.

1. По форме представления:

- текстовая;
- числовая;
- графическая;
- звуковая.

2. По способам (субъектам) обмена:

- социальная;
- техническая;
- биологическая;
- генетическая.

Приведем другой вариант классификации информации:

- по сфере применения информации (экономическая, географическая, социологическая и пр.);
- по характеру источников информации (первичная, вторичная, обобщающая и пр.);
- по характеру носителя информации (информация, «зашифрованная» в молекулах ДНК или в длинах световых волн, информация на бумажном или магнитном носителе и пр.).

В зависимости от типа носителя различают следующие виды информации [1]:

- документальную;
- акустическую (речевую);
- телекоммуникационную.

Документальная информация представляется в графическом или буквенно-цифровом виде на бумаге, а также в электронном виде на магнитных и других носителях.

Речевая информация возникает в ходе ведения разговоров, а также при работе систем звукоусиления и звуковоспроизведения. Носителем речевой информации являются звуковые колебания в диапазоне частот от 200–300 Гц до 4–6 кГц.

Телекоммуникационная информация циркулирует в технических средствах обработки и хранения информации, а также в каналах связи при ее передаче. Носителем информации при ее обработке техническими средствами и передаче по проводным каналам связи является электрический ток, а при передаче по радио- и оптическому каналам – электромагнитные волны.

Источник информации может вырабатывать непрерывное сообщение (сигнал), в этом случае информация называется непрерывной, или дискретной.

Например, сигналы, передаваемые по радио и телевидению, а также используемые в магнитной записи, имеют форму непрерывных, быстро изменяющихся во времени зависимостей. Такие сигналы называются непрерывными, или аналоговыми сигналами. В противоположность этому в телеграфии и вычислительной технике сигналы имеют импульсную форму и называются дискретными сигналами.

Сравнивая непрерывную и дискретную формы представления информации, нетрудно заметить, что при использовании непрерывной формы для создания вычислительной машины потребуется меньшее число устройств (каждая величина представляется одним, а не несколькими сигналами), но эти устройства будут сложнее (они должны различать значительно большее число состояний сигнала).

Информация, циркулирующая в обществе, требует специальных средств и методов обработки, хранения и использования. Сформировались новые научные дисциплины – кибернетика, бионика, робототехника и другие, имеющие своей целью изучение закономерностей информационных процессов.

### **1.5. Методы и модели оценки количества информации**

На сегодняшний день наиболее известны следующие способы измерения информации: объемный, энтропийный и алгоритмический.

*Объемный* (алфавитный) является самым простым и грубым способом измерения информации. Соответствующую количественную оценку информации естественно назвать объемом информации.

*Объем информации* в сообщении – это количество символов в сообщении.

Поскольку, например, одно и то же число может быть записано многими разными способами (с использованием разных алфавитов): «двадцать один», 21, 11001 XXI, то этот способ чувствителен к форме представления (записи) сообщения.

В теории информации и кодирования принят энтропийный подход к измерению информации. Он основан на следующей модели. Информацию, содержащуюся в сообщении, можно нестрого трактовать в смысле её новизны или, иначе, уменьшения неопределённости наших знаний об объекте.

Подход к информации как мере уменьшения неопределенности знаний позволяет количественно измерять информацию, что чрезвычайно важно для информатики. Рассмотрим вопрос об определении количества информации более подробно на конкретных примерах.

Пусть у нас имеется монета, которую мы бросаем на ровную поверхность. С равной вероятностью произойдет одно из двух возможных событий – монета окажется в одном из двух положений: «орел» или «решка».

Можно говорить, что события равновероятны, если при возрастающем числе опытов количества выпадений «орла» и «решки» постепенно сближаются. Например, если мы бросим монету 10 раз, то «орел» может выпасть 7 раз, а решка – 3 раза, если бросим монету 100 раз, то «орел» может выпасть 60 раз, а «решка» – 40 раз, если бросим монету 1000 раз, то «орел» может выпасть 520 раз, а «решка» – 480 и т.д.

В итоге при очень большой серии опытов количества выпадений «орла» и «решки» практически сравниваются.

Перед броском существует неопределенность наших знаний (возможны два события), и как упадет монета – предсказать невозможно. После броска наступает полная определенность, т.к. мы видим (получаем зрительное сообщение), что монета в данный момент находится в определенном положении (например, «орел»). Это сообщение приводит к уменьшению неопределенности наших знаний в два раза, т.к. до броска мы имели два вероятных события, а после броска – только одно, т.е. в два раза меньше.

В окружающей действительности достаточно часто встречаются ситуации, когда может произойти некоторое количество равновероятных событий. Так, при бросании равносторонней четырехгранной пирамиды существуют 4 равновероятных события, а при бросании шестигранного игрального кубика – 6 равновероятных событий.

Чем больше количество возможных событий, тем больше начальная неопределенность и соответственно тем большее количество информации будет содержать сообщение о результатах опыта.

Существует множество ситуаций, когда возможные события имеют различные вероятности реализации. Например, если монета несимметрична (одна сторона тяжелее другой), то при ее бросании вероятности выпадения «орла» и «решки» будут различаться.

Формулу для вычисления количества информации в случае различных вероятностей событий предложил К. Шеннон в 1948 г. В этом случае количество информации определяется по формуле

$$I = - \sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i, \quad (1.1)$$

где  $I$  – количество информации;  $N$  – количество возможных событий;  $p_i$  – вероятность  $i$ -го события.

Например, пусть при бросании несимметричной четырехгранной пирамидки вероятности отдельных событий будут равны:  $p_1 = 1/2$ ,  $p_2 = 1/4$ ,  $p_3 = 1/8$ ,  $p_4 = 1/8$ .

Тогда количество информации, которое мы получим после реализации одного из них, можно рассчитать по формуле

$$I = -(1/2 \cdot \log_2 1/2 + 1/4 \cdot \log_2 1/4 + 1/8 \cdot \log_2 1/8 + 1/8 \cdot \log_2 1/8) = \\ = (1/2 + 2/4 + 3/8 + 3/8) \text{ битов} = 14/8 \text{ битов} = 1,75 \text{ бита}.$$

Этот подход к определению количества информации называется энтропийным (вероятностным).

Для частного, но широко распространенного и рассмотренного выше случая, когда события равновероятны ( $p_i = 1/N$ ), величину количества информации  $I$  можно рассчитать по формуле Хартли

$$I = - \sum_{i=1}^N \frac{1}{N} \log_2 \frac{1}{N} = \log_2 N. \quad (1.2)$$

По формуле (1.2) можно определить, например, количество информации, которое мы получим при бросании симметричной и однородной четырехгранной пирамидки:

$$I = \log_2 4 = 2 \text{ бита}.$$

Таким образом, при бросании симметричной пирамидки, когда события равновероятны, мы получим большее количество информации (2 бита), чем при бросании несимметричной (1,75 бита), когда события неравновероятны.

Количество информации, которое мы получаем, достигает максимального значения, если события равновероятны.

**Пример.** Выбор оптимальной стратегии в игре «Угадай число».

На получении максимального количества информации строится выбор оптимальной стратегии в игре «Угадай число», в которой первый участник загадывает целое число (например, 3) из заданного интервала (например, от 1 до 16), а второй должен «угадать» задуманное число. Если рассмотреть эту игру с информационной точки зрения, то начальная неопределенность знаний для второго участника составляет 16 возможных событий (вариантов загаданных чисел).

При оптимальной стратегии интервал чисел всегда должен делиться пополам, тогда количество возможных событий (чисел) в каждом из полученных интервалов будет одинаково и отгадывание интервалов



равновероятно. В этом случае на каждом шаге ответ первого игрока («Да» или «Нет») будет нести максимальное количество информации (1 бит).

Как видно из табл. 1.1, угадывание числа 3 произошло за четыре шага, на каждом из которых неопределенность знаний второго участника уменьшалась в два раза за счет получения сообщения от первого участника, содержащего 1 бит информации. Таким образом, количество информации, необходимое для отгадывания одного из 16 чисел, составило 4 бита.

При этом процесс получения информации рассматривается как выбор одного сообщения из конечного наперед заданного множества из  $m$  равновероятных сообщений, а количество информации  $H$ , содержащееся в выбранном сообщении, определяется по формуле Хартли

$$H = \log_2 m.$$

Таблица 1.1

Информационная модель игры «Угадай число»

Вопрос второго участника	Ответ первого участника	Неопределенность знаний (количество возможных событий)	Полученное количество информации
		16	
Число больше 8?	Нет	8	1 бит
Число больше 4?	Нет	4	1 бит
Число больше 2?	Да	2	1 бит
Число 3?	Да	1	1 бит

В алгоритмической теории информации (раздел теории алгоритмов) предлагается *алгоритмический метод* оценки информации в сообщении, основанный на следующих рассуждениях.

Каждый согласится, что слово 0101...01 сложнее слова 00...0, а слово, где 0 и 1 выбираются экспериментально, например бросанием монеты (где 0 – герб, 1 – решка), сложнее обоих предыдущих. Соответственно, программы, производящие такие слова, также будут отличаться своей сложностью.

Приведенные рассуждения позволяют предположить, что любому сообщению можно приписать количественную характеристику, отражающую сложность (размер) программы, которая позволяет его произвести.

## 1.6. Уровни рассмотрения ИТ

Условно выделяют следующие уровни:

1. *Концептуальный*. Рассматриваются общее содержание информационных процессов и структуры предметной области.

2. *Логический*. Происходит формализация информационных процессов и разработка модели предметной области и системобработки информации.

3. *Физический*. Рассматриваются способы реализации информационных процессов, аппаратные программные средства, средства связи, которые реализуют процессы, методы и модели, выделенные на концептуальном и логическом уровне.

В общем случае ИТ можно разделить на глобальные, базовые и конкретные (частные).

*Глобальные ИТ* включают методы, модели и средства, позволяющие использовать информационные ресурсы всего общества и решающие задачи, связанные с изменением информационного ресурса всего общества.

*Базовые ИТ* – ИТ, которые основаны на одном из базовых процессов, выделяемых в рамках общей ИТ (процесс сбора и ввода информации, процесс отображения информации, процесс хранения информации, процесс обмена информацией, процесс получения знаний).

*Конкретная ИТ* – ИТ, характерная для какого-либо производства или науки (технологической подготовки производства).

Для каждого типа технологии можно выделить каждый из уровней рассмотрения.

#### **1.6.1. Концептуальный уровень рассмотрения ИТ**

ИТ рассматривается, как совокупность процессов преобразования информации. В результате информация меняет форму представления, как в пространстве, так и во времени.

Структурная модель концептуального уровня приведена на рис. 1.2.

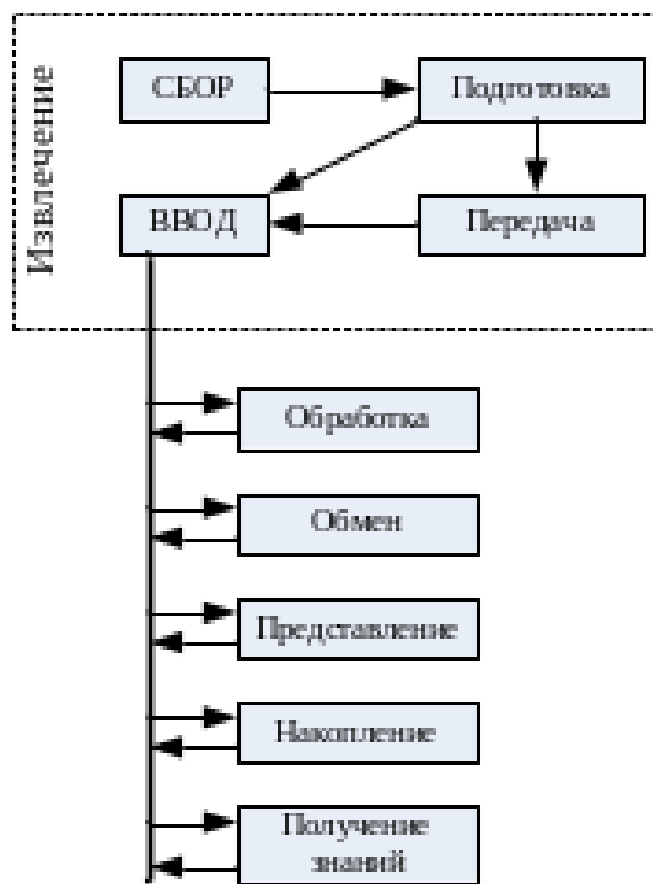


Рис. 1.2. Структурная модель концептуального уровня

Данные процессы являются базовыми, т.е. их можно выделить в рамках любой ИТ. Однако в каждом случае они имеют свои особенности реализации.

Характеристики различных процессов, выделяемых на концептуальном уровне:

1. *Процесс извлечения информации.* Данный процесс позволяет перевести информацию из формы и состава, которыми она представлена в предметной области. Формы, пригодной для машинной обработки, т.е. в данные. Принято, что информация в машинном представлении называется *данными*. В предметной области она может быть представлена в визуальном или звуковом представлении в форме, в которой ее можно интерпретировать различным образом. Задача процесса извлечения состоит в том, чтобы интерпретировать ее в понятной для пользователя форме, представить в форме, пригодной для ввода. Желательно обеспечить возможность автоматического ввода, передать к месту обработки и ввести в средство автоматической обработки, т.е. в вычислительную машину.

2. *Процесс обработки данных.* Подразумевает преобразование исходных данных, полученных на основе процесса ввода, в форму и состав, позволяющий сделать анализ объектов предметной области, выделить определенный тип информации. Процесс обработки включает также процедуры, преобразующие информацию в форму, пригодную для процесса отображения. В процессе обработки отдельно выделяются задачи организации данного процесса.

3. *Процесс обмена информацией.* Включает процедуры обмена данными между процессами, происходящими в ИТ. Процесс обмена включает 2 группы процедур – передачи данных и сетевые процедуры. Процедуры передачи данных обеспечивают саму возможность передачи данных по сети, т.е. приведение сигналов, пригодных для передачи. Они включают операции кодирования, декодирования, модуляции, согласования источника и приемника, усиления сигнала. Сетевые процедуры обеспечивают адресацию во внешней сети, группирование информации в пакеты, представление информации в форму, понятную для приложений.

4. *Процесс накопления информации.* Включает процедуры преобразования данных в форму, обеспечивающую их длительное хранение, а также процедуры извлечения, обновления, актуализации данных. Цель данного процесса – создание такой структуры данных, которая позволяет быстро и неизбыточно накапливать данные и быстро осуществлять их поиск по заданным признакам.

5. *Представление знаний.* Предполагает получение такой формы информации, которая в наибольшей степени понятна пользователю. Так как человек наибольший объем информации получает через органы зрения, то процесс отображения предполагает перевод данных из машинного представления в визуальную форму отображения (текст, структурированный в наиболее удобную и понятную пользователю форму; в растровое изображение (точечное) – рисунок; в векторное изображение). Однако ИТ может использовать звуковые процессы отображения, как в рамках специальных мультимедийных технологий, так и в рамках других технологий для подачи сигнальной информации.

6. *Получение знаний.* Данный процесс предполагает получение особого типа информации, которую можно использовать не только как справочную, но и как самостоятельный ресурс, способный получать самостоятельные решения. В данном ресурсе объединяются как данные, так и процедуры принятия решений. Таким образом, цель процесса получения знаний – формализация накопленных знаний и генерация новых знаний из ранее полученных.

### 1.6.2. Логический уровень рассмотрения ИТ

Логический уровень представляется комплексом взаимосвязанных моделей и методов, формализующих информационные процессы при технологических преобразованиях информации и данных.

Структурная модель логического уровня приведена на рис. 1.3.



Рис. 1.3. Структурная модель логического уровня

Модели на логическом уровне в целом соответствуют определяемым базовым процессам. Однако для взаимосвязи различных информационных процессов (обработки, обмена, накопления информации) строится модель организации информации, т.е. в ней отображается связь процедур и соответствующих процессов. Модель организации информации строится на основе моделей предметной области, т.е. модели выделяемых объектов и решаемых задач. МОИ должна соответствовать выделенным объектам и задачам.

Для организации управления процессами обработки, обмена и накопления данных строится модель накопления данных. Модель управления данными реализуется через процессы обмена, накопления и обработки информации. В процессах обмена она отображается в виде процедур диспетчирования обработки. В процессе накопления модель управления реализуется через процедуры администрирования баз данных (организация уровней доступа, определение прав пользователей и т.д.), в процессе обмена модель управления данными отображается через процедуры сетевого администрирования.

### 1.6.3. Физический уровень рассмотрения ИТ

Физический уровень рассмотрения ИТ представляет ее аппаратно – программную реализацию. Элементами ИТ являются средства вычислительной техники, ввода информации, отображения информации и совокупность программных средств.

ИТ можно на физическом уровне представить как сложную систему, в которой выделяются несколько крупных подсистем. Подсистемы данного уровня реализуют процессы концептуального уровня и алгоритмы, методы и модели логического уровня.

Структурная модель физического уровня приведена на рис. 1.4.

Элементами подсистем, выделяемых на физическом уровне, являются конкретные программные и аппаратные средства.

При формировании подсистем на физическом уровне целесообразней использовать стандартные типовые решения, т.е. работающие, опробованные программные и аппаратные средства, отвечающие требованиям, выявленным на концептуальном и логическом уровне.

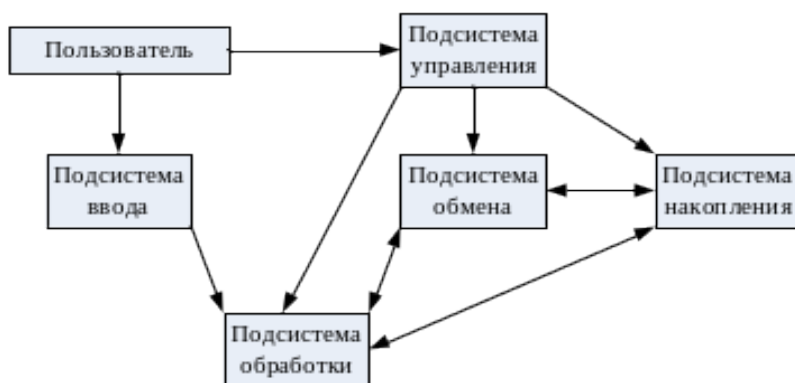


Рис. 1.4. Структурная модель физического уровня

## Глава 2

### СЛАГАЕМЫЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Уже отмечалось, что материальная технология состоит из следующих модулей: материаловедение, производственное проектирование, производственные процессы, инструментарий, охрана труда и техника безопасности, теория управления предприятием, организацией или учреждением. Аналогично этой структуре, сохраняя логику построения науки, определим базовые компоненты информационной технологии. Это теория информации, информационное моделирование и формализация, информационные процессы, информационные системы, включающие в себя техническую базу информационных технологий и программное обеспечение, информационная безопасность и информационное управление. Таким образом, содержание информационных технологий включает в себя технологические, общенаучные, социальные и экономические аспекты.

#### 2.1. Информационное моделирование и формализация

Человечество в своей деятельности (научной, образовательной, технологической, художественной) постоянно создает и использует модели окружающего мира. Строгие правила построения моделей сформулировать невозможно, однако человечество накопило богатый опыт моделирования различных объектов и процессов.

Термин «модель» в реальной жизни имеет множество значений.

*Модель* – это:

- некоторое упрощенное подобие реального объекта;
- воспроизведение предмета в уменьшенном или увеличенном виде (макет);
- схема, изображение или описание какого-либо явления или процесса в природе и обществе;
- физический или информационный аналог объекта, функционирование которого по определенным параметрам подобно функционированию реального объекта;
- некий объект-заместитель, который в определенных условиях может заменять объект-оригинал, воспроизводя интересующие нас его свойства и характеристики, причем имеет существенные преимущества или удобства;
- новый объект, который отражает некоторые стороны изучаемого объекта или явления, существенные с точки зрения цели моделирования;

- новый объект (реальный, информационный или воображаемый), отличный от исходного, который обладает существенными для целей моделирования свойствами и в рамках этих целей полностью заменяет исходный объект.

Все многообразие моделей делится на три класса:

- материальные (натурные) модели (некие реальные предметы – макеты, муляжи, эталоны) – уменьшенные или увеличенные копии, воспроизводящие внешний вид моделируемого объекта, его структуру или поведение;

- воображаемые модели (геометрическая точка, математический маятник, идеальный газ, бесконечность);

- информационные модели – описания моделируемого объекта на одном из языков кодирования информации (словесное описание, схемы, чертежи, карты, рисунки, научные формулы, программы и пр.).

Приведем полную классификацию информационных моделей.

*Информационная* (абстрактная) модель – описание объекта на каком-либо языке. Абстрактность модели проявляется в том, что ее компонентами являются сигналы и знаки (вернее, заложенный в них смысл), а не физические тела.

*Дескриптивная* модель – словесное описание объекта, выраженное средствами того или иного языка.

*Математическая* модель: 1) совокупность записанных на языке математики соотношений (формул, неравенств, уравнений, логических соотношений), определяющих характеристики состояния объекта в зависимости от его элементов, свойств, параметров, внешних воздействий; 2) приближенное описание объекта, выраженное с помощью математической символики.

*Статические* модели отображают объект в какой-то момент времени без учета происходящих с ним изменений, как находящийся в состоянии покоя или равновесия (отсутствует параметр времени).

*Динамические* модели описывают поведение объекта во времени.

*Детерминированные* модели отображают процессы, в которых отсутствуют случайные воздействия.

*Вероятностные* (стохастические) модели – описание объектов, поведение которых определяется случайными воздействиями (внешними или внутренними); описания вероятностных процессов и событий, характер изменения которых во времени точно предсказать невозможно.

*Имитационная компьютерная* модель – отдельная программа, совокупность программ, программный комплекс, позволяющий с помощью последовательности вычислений и графического отображения



их результатов воспроизводить (имитировать) процессы функционирования объекта, системы объектов при условии воздействия на объект различных факторов.

*Имитационная алгоритмическая модель* – содержательное описание объекта в форме алгоритма, отражающее структуру и процессы функционирования объекта во времени, учитывающее воздействие случайных факторов.

*Гносеологическая модель* – описание объективных законов природы.

*Концептуальная модель* описывает выявленные причинно-следственные связи и закономерности, присущие исследуемому объекту и существенные в рамках определенного исследования.

*Сенсуальные модели* – модели чувств, эмоций либо модели, оказывающие воздействие на чувства человека (музыка, поэзия, живопись, танец).

*Аналоговая модель* – аналог объекта, который ведет себя как реальный объект, но не выглядит как таковой.

*Моделирование* – это:

- построение моделей реально существующих объектов (предметов, явлений, процессов);

- замена реального объекта его подходящей копией;
- исследование объектов познания на их моделях.

Потребность в моделировании возникает в таких сферах человеческой деятельности, как познание, общение, практическая деятельность. Аспекты моделирования характеризуются свойствами:

- внешний вид – набором признаков;
- структура – перечнем элементов и указанием отношений между ними;
- поведение – изменением внешнего вида и структуры с течением времени.

Определим этапы моделирования:

1. Постановка целей моделирования.
2. Анализ моделирования объекта и выделение всех его известных свойств.
3. Анализ выделенных свойств и определение существенных из них.
4. Выбор формы представления модели.
5. Формализация.
6. Анализ полученной модели на противоречивость.
7. Анализ адекватности полученной модели объекту и цели моделирования.

*Формализация* – это приведение существенных свойств и признаков объекта моделирования к выбранной форме.

Чтобы построить модель, необходимо придать объекту *форму*. Суть формализации состоит в принципиальной возможности разделения объекта и его обозначения. Для того чтобы обозначить объект, нужно ввести некоторый набор знаков. *Знак* – это элемент конечного множества отличных друг от друга элементов. Следует обратить внимание на то, что понятие знака является одним из базисных понятий науки. Точного определения дать невозможно. Поэтому стоит ограничиться указанием основных черт знака:

1. Способность знака выступать в качестве заместителя денотата (объекта).

2. Нетождественность знака и денотата – знак никогда не может полностью заменить обозначаемое.

3. Многозначность соответствия «знак – денотат».

*Язык* – знаковая система, используемая в целях познания и коммуникации. Следует рассмотреть характеристики языка и указать, что языки могут быть *естественными* и *искусственными*. Правила искусственного языка являются строго и однозначно определенными, поэтому такой язык называется *формализованным*.

Процесс формализации текстовой информации (представление информации в форме графа, чертежа, схемы и т.д.) осуществляется с целью ее однозначного понимания, облегчения и ускорения ее обработки. Формализовать можно и оформление текста. Этот процесс заключается в использовании бланков, формуляров, шаблонов заранее определенной и часто законодательно утвержденной формы.

*Таблицы* – форма представления информации в удобном для анализа и обработки виде. Таблицы бывают типа «объект – объект», «объект – свойство», «объекты – свойства – объекты». Таблица характеризуется названием, количеством столбцов и их названиями, количеством строк и их названиями, содержимым ячеек.

*Граф* – совокупность точек, соединенных между собой линиями. Эти точки называются вершинами графа. Линии, соединяющие вершины, называются дугами, если задано направление от одной вершины к другой, или ребрами, если направленность двусторонняя.

## **2.2. Информационные процессы и информационные системы**

Следующий важный компонент информационных технологий касается информационных процессов. Информация не существует сама по себе, она проявляется в информационных процессах. В наиболее общем виде информационный процесс определяется как совокупность

последовательных действий (операций), производимых над информацией (в виде данных, сведений, фактов, идей, гипотез, теорий и пр.) для получения какого-либо результата (достижения цели). Информационные процессы могут быть целенаправленными или стихийными, организованными или хаотичными, детерминированными или вероятностными. Следует обратить внимание на то, что информационный процесс всегда протекает в какой-либо информационной системе – биологической, социальной, технической, социотехнической.

В зависимости от того, какого рода информация является предметом информационного процесса и кто является его субъектом (техническое устройство, человек, коллектив, общество в целом), можно говорить о глобальных информационных процессах, или макропроцессах, и локальных информационных процессах, или микропроцессах.

Наиболее общими информационными процессами являются три процесса: *сбор, преобразование, использование* информации. Каждый из этих процессов распадается, в свою очередь, на ряд процессов, причем некоторые из последних могут входить в каждый из выделенных обобщенных процессов.

Так, сбор информации состоит из процессов *поиска* и *отбора*. В то же время поиск информации осуществляется в результате выполнения процедур *целеполагания* и использования конкретных *методов поиска*.

Методы поиска бывают «ручные» или автоматизированные. Они включают в себя такие процедуры, как формирование поискового образа (в явном или неявном виде), просмотр поступающей информации с целью сравнения ее с поисковым образом.

Отбор информации производится на основе ее анализа и оценки ее свойств в соответствии с выбранным критерием оценки. Отобранная информация сохраняется.

*Хранение* информации – это распространение ее во времени. Хранение информации невозможно без выполнения процессов *кодирования, формализации, структурирования, размещения*, относящихся к общему процессу преобразования информации.

В свою очередь, кодирование, формализацию, структурирование вполне обоснованно можно отнести к процессам *обработки* информации. Наряду с вышеперечисленными к процессам обработки информации относятся также информационное моделирование, вычисления по формулам (численные расчеты), обобщение, систематизация, классификация, схематизация и т.п.

Обработка информации составляет основу процесса преобразования информации.

Информация может быть передана (распространена в пространстве) для ее последующего использования, обработки или хранения. Процесс передачи информации включает в себя процессы кодирования, восприятия, расшифровки и пр.

Важнейшим процессом использования информации субъектом является процесс *подготовки и принятия решений*. Наряду с этим часто использование информации сводится к процессам формирования документированной информации с целью подготовки информационного или управляющего воздействия.

В реальной практике широко используются процедуры, входящие в процесс *защиты* информации. Защита информации – важный компонент процессов хранения, обработки, передачи информации в системах любого типа, особенно в социальных и технических. К ней относятся *разработка кода (шифра), кодирование (шифрование), сравнение, анализ, паролирование* и т.п.

После того как процесс использования информации завершен, например решение принято и субъект приступил к его реализации, как правило, возникает новая задача и необходимы новая информация либо уточнение уже имеющейся. Это приводит к тому, что субъект вновь обращается к процедуре сбора информации и пр. Поэтому, говоря об информационных процессах, следует подчеркивать не только их взаимосвязь, но и цикличность.

Особый интерес представляет механизм переработки обучаемыми воспринимаемой информации. Обучаемый для понимания, осмысления и запоминания привлекает те же приемы умственной деятельности, которые использует человек для познания реальной действительности. Следует обратить внимание на такие способы обработки информации, как анализ, синтез, сравнение, группировка, опорные пункты, мнемический план, структурирование, систематизация, схематизация, аналогии, ассоциация и др.

*Анализ* – метод научного исследования путем рассмотрения отдельных сторон, свойств, составных частей чего-либо.

*Синтез* – метод исследования какого-либо явления в его единстве и взаимной связи частей, обобщение, сведение в единое целое данных, добытых анализом.

*Сравнение* – процесс сопоставления для установления сходства или различия.

*Группировка* – разбиение материала на группы по каким-либо основаниям (смыслу, ассоциациям и т.д.).

*Опорные пункты* – выделение какого-либо краткого пункта, служащего опорой более широкого содержания (тезисы, заголовки, вопросы, образы, примеры, цифровые данные, сравнения, имена, эпитеты и т.д.). Это выразитель некоторого общего смысла. Сам набор опорных пунктов есть инструмент или орудие запоминания или воспроизведения иного порядка, где закодирован весь материал.

*Мнемический план* – совокупность опорных пунктов. В нем могут отражаться и внешние связи, и внутренние, характеризующие отношения различных групп материала и смысловые связи с имеющимися в тексте данными, связи с личным опытом, знаниями и ценностями субъекта.

*Классификация* – распределение каких-либо объектов, явлений, понятий по классам, группам, разрядам на основе определенных общих признаков. При построении классификации можно выделять: состав, структуру, количественные характеристики, условия и причины возникновения, этапы развития.

*Структурирование* – процесс установления взаимного расположения частей, составляющих целое, определение внутреннего строения материала.

*Систематизация* – установление определенного порядка в расположении частей целого и связей между ними.

*Схематизация* – изображение или описание чего-либо в основных чертах или упрощенное представление запоминаемой информации.

*Аналогии* – установление сходства, подобия в определенных отношениях предметов, явлений, понятий в целом различных.

*Ассоциация* – установление связей по сходству, смежности или противоположности и т.д.

С информационными процессами очень тесно связано такое понятие как *информационная система*. *Информационная система* – взаимосвязанная совокупность средств, методов и персонала, используемых для хранения, обработки и выдачи информации в интересах достижения поставленной цели. Информационная система – это инструментарий информационных технологий. Информационная система немыслима без персонала, взаимодействующего с компьютером и телекоммуникациями.

По виду поддерживаемых информационных технологий, по классам решаемых задач и по областям применения можно выделить следующие информационные системы:

- системы обработки данных;
- системы, поддерживающие банки данных (фактографические базы данных);

- системы документографические, поддерживающие полнотекстовые документальные архивы;
- издательские системы;
- системы информационного обслуживания (системы научнотехнической информации, информационно-поисковые системы);
- геоинформационные системы;
- системы автоматизированного проектирования;
- вычислительные системы;
- системы диагностики.

Свойства информационных систем:

- любая информационная система может быть подвергнута анализу, построена и управляема на основе общих принципов построения систем;
- информационная система является динамичной и развивающейся;
- при построении информационных систем необходимо использовать системный подход;
- выходной продукцией информационных систем является информация, на основе которой принимаются решения;
- информационную систему следует воспринимать как человекокомпьютерную систему обработки информации.

Общую структуру информационных систем можно рассматривать как совокупность подсистем, независимо от сферы применения. Структура любой информационной системы может быть представлена совокупностью обеспечивающих подсистем: информационной, технической, математической, программной, организационной, правовой.

Также следует отметить, что информационные системы могут быть «ручными», автоматическими и автоматизированными. «Ручные» информационные системы характеризуются отсутствием современных технических средств переработки информации и выполнением всех операций человеком. Автоматические информационные системы выполняют все операции по переработке информации без участия человека. Автоматизированные информационные системы предполагают участие в процессе обработки информации и человека, и технических средств, причем основным средством является компьютер.

### **2.3. Система информационных технологий**

В основе разработки и использования любой ИТ должен лежать системный подход. Только такой подход может комплексно охватить проблему. Если ИТ рассматривается как система, то под этой системой

мы будем понимать совокупность функциональных элементов и отношений между ними, преследующих определенную цель на определенном временном интервале. В зависимости от поставленной цели будут меняться функциональные элементы и отношения между ними. Это значит, что мы можем выделить ряд конкретных ИТ в зависимости от цели их применения.

Есть целый ряд определений систем ИТ. Мы рассмотрим ИТ как часть метасистемы – информатики. ИТ как совокупность моделей, методов и средств обработки данных представляет собой логический уровень информатики. На этом уровне на основе программно-аппаратных средств ВТ и средств связи создаются информационно-управляющие системы на пользовательском, прикладном уровне информатики.

Существует достаточно условная градация систем: по характеру функционирования (детерминированные и вероятностные) и по степени сложности. Критерий сложности достаточно условный, но тем не менее удобен и применяем, поэтому рассмотрим классификацию систем по указанному принципу:

1. *Простые динамические системы* – не имеют разветвленной структуры, небольшое количество элементов и связей. Они могут содержать от 10 до 1000 элементов, в простых системах отсутствуют иерархические уровни.

2. *Сложные системы* – с развитой иерархической структурой, большим числом элементов и внутренних связей. Связи могут содержать от 10000 до 10 млн элементов. Их невозможно или очень трудно корректно описать математически.

3. *Очень сложные системы* – большие системы. Академик Б.И. Петров, один из основоположников теории больших систем, предложил для них ряд необходимых и достаточных свойств, наличие которых позволяет считать систему большой. К этим свойствам относятся:

- наличие структуры;
- наличие единой цели функционирования;
- устойчивость к внешним и внутренним возмущениям;
- комплексный состав системы;
- способность к развитию (и в пределе способность к самообучению).

Рассмотрим, какие из перечисленных свойств можно отнести к ИТ как системе и достойна ли она называться большой системой.

## **1. Наличие структуры**

Построение любой системы определяется ее структурой, по которой можно узнать, как устроена система. Взаимодействие системы с внешней средой позволяет выявить функции системы как проявление ее свойств во времени. Следовательно, строение системы и ее функции связаны через пространственно-временное отношение между ее элементами.

Элементами при системном подходе выступают отдельные подсистемы, которые при иерархическом построении обладают вертикальной подчиненностью. Иерархичность системы может быть выделена по разным направлениям: организация, функция, технические средства и т.д. Соответственно, для больших систем выделяются такие понятия: организационная структура, функциональная структура, техническая и т.д. Структура ИТ может быть представлена следующим образом (рис. 2.1).

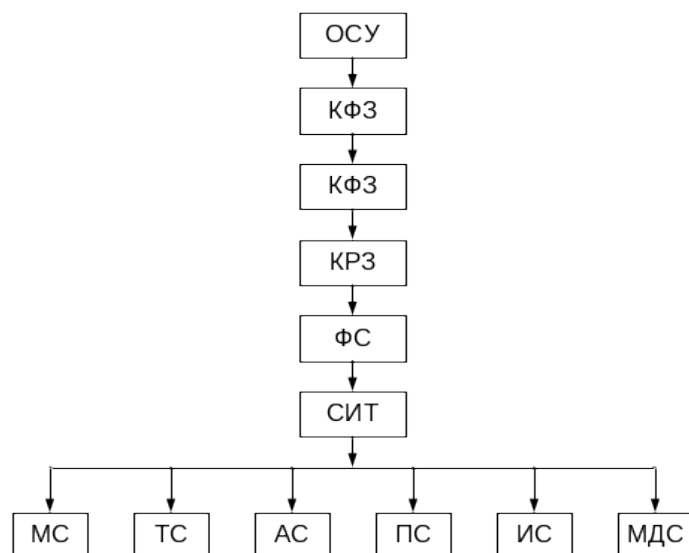


Рис. 2.1. Структура информационной технологии

ИТ при ее реализации должна быть конкретной, поэтому она должна вписываться в организационную структуру управления конкретного объекта (ОСУ), где она применяется.

Автоматизированное управление решает комплекс функциональных задач данного объекта (КФЗ). Эти задачи описываются математической моделью, на основе чего они должны решаться, т.е. функциональные задачи превращаются в решаемые задачи – комплекс решаемых задач (КРЗ).

Решаемые задачи являются исходными для ИТ. Из организационной структуры (ОС) и КРЗ определяется функциональная структура (ФС) ИТ. Это перечень задач, решение которых необходимо



обеспечить для каждого из элементов, подразделений данного объекта. При этом следует помнить, что все элементы находятся в постоянной взаимосвязи.

Основные функции ИТ – это реализация процессов сбора, подготовки, передачи, хранения, обработки и представления информации. Но эти функции подчинены главной задаче ИТ – получению новой информации на основе знаний, полученных при переработке данных.

Реализация ИТ базируется на средствах информационной технологии (СИТ):

- МС – математические средства – совокупность моделей разного уровня. От глобальных моделей принятия решений по всем задачам управления до частных моделей отдельных информационных процессов. При рассмотрении математических моделей используется принцип декомпозиции, т.е. переход от более общих к частным моделям. Эти процедуры реализуются с помощью типовых проектных решений.

- ТС – технические средства ИТ; включают вычислительные машины разных уровней и специализированные устройства на их основе – АРМы, сети, оргтехнику и т.д.

- АС – алгоритмические средства; включают в себя алгоритмы реализации МС, т.е. моделей. АС раскрываются на основе программного обеспечения. Сюда относятся операционные системы, системы программирования, общесистемное и прикладное ПО.

- ИС – информационные средства. К ним относятся базы и банки данных, базы знаний.

- МДС – методические средства – описания, инструкции и другая документация по использованию ИТ для решения функциональных задач управления.

Обобщенная функциональная структура ИТ представлена на рис. 2.2.



Рис. 2.2. Обобщенная функциональная структура ИТ

Формирование информационного ресурса (ФИС) – это центральная функция информационного процесса. Имеется в виду получение новой информации, обновление ресурса. Информационный ресурс образуется при решении задач на базе организации информационных процессов (ОИП). Стыковка отдельных фаз информационного процесса (сбор, обработка, передача и др.) осуществляется путем реализации процедур (РП). Под процедурами понимаются процессы преобразования, кодирования, модуляции. Процедуры автоматизируются путем реализации информационно-вычислительных работ (РР).

Продemonстрировав наличие структуры ИТ, можем признать, что первому признаку большой системы ИТ удовлетворяет.

## **2. Наличие единой цели функционирования**

Большая система имеет единую цель. Но в большой системе обязательно наличие подсистем, у которых также есть собственные цели. Понятно, что цель системы подчиняет себе цели подсистем.

Целью ИТ как системы является формирование новой информации, используемой для повышения эффективности действия той системы, где она используется.

Степень достижения любой цели, стоящей перед системой, определяется показателем, который называется «критерий эффективности функционирования системы». Для отдельных информационных процессов можно привести частные критерии эффективности в соответствии с теми целями, которые преследуют эти процессы, например:

- Для процесса передачи информации такими критериями могут быть минимальная вероятность ошибки при ограничении на скорость передачи информации или максимум скорости передачи при ограничении на вероятность ошибки.
- Для процесса преобразования: максимум скорости преобразования при ограничении достоверности восстановления сигнала.

Общий критерий эффективности информационного процесса может быть сформулирован как интегральный на основе частных критериев. Для этого используется аддитивная или мультипликативная форма, учитывающая весовые коэффициенты критериев.

Здесь уместно указать на то, что частные оптимумы критерия могут не совпадать с глобальным критерием, что подтверждается свойством эмерджентности больших систем. *Эмерджентность* –

внутреннее свойство большой системы обладать чертами, не присущими ни одному ее элементу. Под элементом здесь имеется в виду подсистема. Чем больше система и меньше рассматриваемый элемент, тем больше, вероятнее различия в свойствах. Это проявляется в том, что при оптимизации процессов управления частные оптимумы подсистем не совпадают с глобальным оптимумом критерия всей системы.

Поэтому, уж коли мы решили рассматривать ИТ как «большую» систему, следует помнить о свойствах эмерджентности при определении критерия эффективности, который, в свою очередь, определяет цель функционирования.

Взаимодействие информационных процессов в составе ИТ должно базироваться на основе взаимоувязанных целей. А эти цели подчиняются одной глобальной цели – формированию информационных ресурсов.

Мы доказали, что ИТ имеет общую цель и по этому признаку тоже подпадает под определение «большой системы».

Следует только добавить, что цели нельзя ставить вне зависимости от имеющихся средств. Существует причинная связь между целями и средствами. Цели ИТ менялись в зависимости от развития средств вычислительной техники, ПО и т.д. Развитие средств идет и сейчас довольно активно. Поэтому можно предвидеть и новые глобальные цели ИТ.

### **3. Устойчивость к внешним и внутренним возмущениям**

ИТ должна удовлетворять требованиям той организационной системы, в которую она внедряется. Информационные процессы ИТ непрерывно подвергаются внешним и внутренним возмущениям со стороны организационной системы. Эти возмущения могут возникать по следующим причинам: неадекватность выбранных моделей реальным процессам, неидеальность реализации модели, ошибки в деятельности персонала, ненадежность аппаратных и программных средств.

При всех этих неприятностях система ИТ должна обладать и проявлять свойства «гомеостаза». Гомеостаз – устойчивость внутреннего состояния и основных функций системы, поддержания состояния устойчивого равновесия системы с внешней средой. При изменении внешних условий механизм саморегулирования системы должен обеспечить быстрое реагирование системы на изменение. Гомеостаз – это свойство, проявляемое во внешних связях системы.

Устойчивость системы обеспечивается за счет введения обратных связей на различных уровнях организации информационных процессов.

Сохранению устойчивости помогают такие меры, как введение тестовых сигналов, применение избыточных кодов, избыточных сигналов и структур, например:

- При передаче информации средствами обеспечения устойчивости к внешним возмущениям (помехам) являются помехоустойчивые виды модуляции, корректирующие коды.
- При хранении информации устойчивость обеспечивается специальной организацией информационных массивов, копированием.
- Контроль обработки информации обеспечивается тестами, обнаруживающими кодами, специальными сигналами, контролирующими ход вычислительного процесса.

То есть ИТ как система устойчива к возмущениям, адаптируется к ним. Средства обеспечения ее устойчивости являются неотъемлемой частью самой ИТ.

#### **4. Комплексный состав системы**

ИТ является уникальной системой по своему составу. Имея организационную структуру, соответствующую той системе, куда она вживляется, ИТ реализует огромное количество функций на очень разных средствах.

Эти средства – модели и методы решения задач, банки данных и базы знаний, программы, технические средства и средства связи.

Такое разнообразие приводит к очень большим затратам на разработку системы ИТ. Огромен труд по разработке и увязке программно-аппаратных средств и техники связи. Комплексный состав ИТ порождает большое число решений для конкретных разработок, поэтому очень важной задачей является типизация решений в соответствии с уровнями и областями использования ИТ.

Выделение типовых направлений применения позволит создать набор типов ИТ, реализуемых на стандартных программно-аппаратных средствах.

Типовой состав ИТ можно представить на схеме (рис. 2.3)

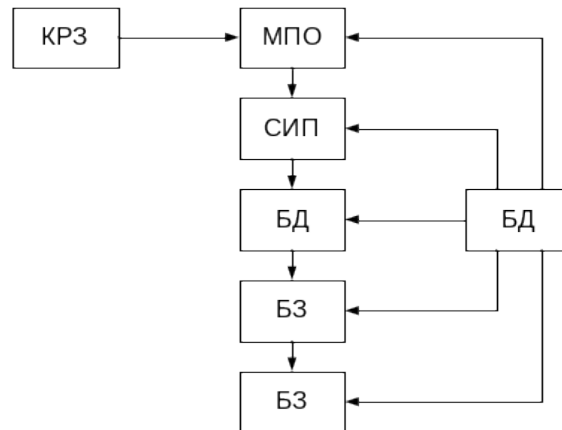


Рис. 2.3. Типовой состав системы ИТ

ИТ носит конкретный характер и соответствует определенной предметной области. Для этого в состав технологии вводится «модель предметной области» (МПО). Она ориентирована на комплекс решаемых задач (КРЗ). Эта модель программно осуществляется на ЭВМ. На основе реализации этой модели строятся модели решения задач организации информационных процессов для данной структуры технологии, т.е. определяется совокупность информационных процессов (СИП). Взаимодействующие информационные процессы образуют контур переработки информации.

В соответствии с глобальной целью ИТ формируются банки данных и базы знаний (БД и БЗ). Именно в БЗ возникает новая информация, что и составляет информационный ресурс (ИР).

Рассматриваемые составляющие реализуются с помощью средств информационной технологии (СИТ).

Модель предметной области входит в математические средства; информационные процессы базируются на программно-аппаратных средствах сбора, переработки, хранения и обработки информации. Базы данных и базы знаний входят в состав информационных средств. Информационные ресурсы формируются в памяти ЭВМ и выводятся в виде новой информации по требованию пользователя.

Мы доказали, что ИТ обладает комплексным составом своих компонентов. Ее создание, реализация и эксплуатация должны проходить на базе системного подхода.

## 5. Способность к развитию

Наконец, пятое условие соответствия ИТ «большим системам» – способность к развитию.

Развитие ИТ должно идти, во-первых, по пути охвата все большего количества уровней управления в системе и, во-вторых, по пути

расширения количества выполняемых функций. Принципиально новые возможности в развитии технологии дает появление новых средств. Это средства реализации информационных процессов, возможно, разработка новых носителей информации, новые средства накопления. Это совершенствования вычислительных средств, программно-аппаратных средств например. Совершенствование экспертных систем даст возможность изменить характер «принятия решений», т.е. доберется до верхнего уровня организационной структуры системы управления.

Таким образом, ответив положительно на пять предъявленных вопросов, соответствует ли ИТ структуре «больших систем», мы получим право и возможность поступать с ИТ в соответствии с системным подходом. Воспользуемся этим правом и приступим к созданию системы «информационная технология».

## **2.4. Информационная технология как система**

Информационная технология – совокупность методов и способов получения, обработки, представления информации, направленных на изменение ее состояния, свойств, формы, содержания и осуществляемых в интересах пользователей.

Можно выделить три уровня рассмотрения информационных технологий:

1. *Первый уровень – теоретический.* Основная задача – создание комплекса взаимосвязанных моделей информационных процессов, совместимых параметрически и критериально.

2. *Второй уровень – исследовательский.* Основная задача – разработка методов, позволяющих автоматизированно конструировать оптимальные конкретные информационные технологии.

3. *Третий уровень – прикладной,* который целесообразно разделить на две страты: инструментальную и предметную.

Инструментальная страта (аналог – оборудование, станки, инструмент) определяет пути и средства реализации информационных технологий, которые можно разделить на методические, информационные, математические, алгоритмические, технические и программные.

Предметная страта связана со спецификой конкретной предметной области и находит отражение в специализированных информационных технологиях, например: организационное управление, управление технологическими процессами, автоматизированное проектирование, обучение и др.

Успешное внедрение информационных технологий связано с возможностью их типизации. Конкретная информационная технология обладает комплексным составом компонентов, поэтому целесообразно определить ее структуру и состав.

Конкретная информационная технология определяется в результате компиляции и синтеза базовых технологических операций, специализированных технологий и средств реализации.

Технологический процесс – часть информационного процесса, содержащая действия (физические, механические и др.) по изменению состояния информации.

Информационная технология базируется на реализации информационных процессов, разнообразие которых требует выделения базовых, характерных для любой информационной технологии.

Базовый технологический процесс основан на использовании стандартных моделей и инструментальных средств и может быть использован в качестве составной части информационной технологии. К их числу можно отнести операции извлечения, транспортировки, хранения, обработки и представления информации.

Среди базовых технологических процессов выделим:

- извлечение информации;
- транспортирование информации;
- обработку информации;
- хранение информации;
- представление и использование информации.

Процесс *извлечения* информации связан с переходом от реального представления предметной области к его описанию в формальном виде и в виде данных, которые отражают это представление.

В процессе *транспортирования* осуществляют передачу информации на расстояние для ускоренного обмена и организации быстрого доступа к ней, используя при этом различные способы преобразования.

Процесс *обработки* информации состоит в получении одних «информационных объектов» из других «информационных объектов» путем выполнения некоторых алгоритмов; он является одной из основных операций, выполняемых над информацией, и главным средством увеличения ее объема и разнообразия.

Процесс *хранения* связан с необходимостью накопления и длительного хранения данных, обеспечением их актуальности, целостности, безопасности, доступности.

Процесс *представления* и использования информации направлен на решение задачи доступа к информации в удобной для пользователя форме.

Базовые информационные технологии строятся на основе базовых технологических операций, но, кроме этого, включают ряд специфических моделей и инструментальных средств. Этот вид технологий ориентирован на решение определенного класса задач и используется в конкретных технологиях в виде отдельной компоненты. Среди них можно выделить:

- мультимедиа-технологии;
- геоинформационные технологии;
- технологии защиты информации;
- CASE-технологии;
- телекоммуникационные технологии;
- технологии искусственного интеллекта.

Специфика конкретной предметной области находит отражение в специализированных информационных технологиях, например, организационное управление, управление технологическими процессами, автоматизированное проектирование, обучение и др. Среди них наиболее продвинутыми являются следующие информационные технологии:

- организационного управления (корпоративные информационные технологии);
- в промышленности и экономике;
- в образовании;
- автоматизированного проектирования.

Аналогом инструментальной базы (оборудование, станки, инструмент) являются средства реализации информационных технологий, которые можно разделить на методические, информационные, математические, алгоритмические, технические и программные.

*CASE-технология* (Computer Aided Software Engineering – Компьютерное Автоматизированное Проектирование Программного обеспечения) является своеобразной «технологической оснасткой», позволяющей осуществить автоматизированное проектирование информационных технологий.

*Методические средства* определяют требования при разработке, внедрении и эксплуатации информационных технологий, обеспечивая информационную, программную и техническую совместимость. Наиболее важными из них являются требования по стандартизации.

*Информационные средства* обеспечивают эффективное представление предметной области, к их числу относятся информационные модели, системы классификации и кодирования информации (общероссийские, отраслевые) и др.



*Математические средства* включают в себя модели решения функциональных задач и модели организации информационных процессов, обеспечивающие эффективное принятие решения. Математические средства автоматически переходят в алгоритмические, обеспечивающие их реализацию.

*Технические и программные средства* задают уровень реализации информационных технологий как при их создании, так и при их реализации.

Конкретная информационная технология определяется в результате компиляции и синтеза базовых технологических операций, «отраслевых технологий» и средств реализации.

## **2.5. Информационное управление**

Слово «управление» в современном мире употребляется столь же часто, как и слово «информация». *Управление* – это целенаправленный процесс, он должен обеспечить определенное поведение объекта управления, достижение определенной цели. Для этого нужен план управления, который реализуется через последовательность управляющих команд, передаваемых по прямой связи. Такая последовательность называется алгоритмом управления.

Основными компонентами управления являются цель управления, субъект и объект управления, среда, в которой осуществляется деятельность субъекта и объекта, управляющее воздействие, прямая и обратная связь, результат управления.

*Кибернетика* – «искусство управления», основателем которой является Н. Винер. Основное положение кибернетики таково: общие принципы и закономерности управления справедливы для систем различной природы. Эта общность проявляется прежде всего в том, что управление по своей сути есть совокупность информационных процессов. Осуществление процесса управления сопряжено с передачей, накоплением, хранением и переработкой информации, характеризующей управляемый объект, ход процесса, внешние условия, программу деятельности и пр. Управление невозможно без того, чтобы объект управления (будь то машина или автоматическая линия; предприятие или войсковое соединение; живая клетка, синтезирующая белок, или мышца; текст, подлежащий переводу, или набор символов, преобразуемый в художественное произведение) и управляющее устройство (мозг и нервная ткань живого организма или управляющий автомат) обменивались между собой информацией.

В любом процессе управления всегда происходит взаимодействие двух подсистем – управляющей и управляемой. Если они соединены каналами прямой и обратной связи, то такую систему называют *замкнутой*, или *системой с обратной связью*. По каналу прямой связи передаются сигналы (команды) управления, вырабатываемые в управляющей системе. Подчиняясь этим командам, управляемый объект осуществляет свои рабочие функции. В свою очередь, объект управления соединен с управляющей системой каналом обратной связи, по которому поступает информация о состоянии управляемого объекта. В управляющей системе эта информация используется для выработки новых управляющих воздействий.

Но иногда бывает так, что нарушается нормальное функционирование канала прямой или обратной связи. В этом случае система управления становится *разомкнутой*. Разомкнутая система оказывается неспособной к управлению. И в этом случае вряд ли можно ожидать достижения заданной цели деятельности.

Виды управления можно классифицировать следующим образом:

- по степени автоматизации: автоматическое, автоматизированное, неавтоматизированное управление;
- по учету фактора времени: управление в реальном масштабе времени, опросное (выборочное) управление, управление с задержкой;
- по виду управляющих воздействий: управление посредством команд, управление через алгоритм, управление на основе системы правил и пр.

Сущность кибернетического подхода к решению задачи управления сложными системами сводится к так называемой модели черного ящика. По отношению к исследуемой системе определяются лишь входные и выходные сигналы, описывается взаимосвязь между ними. Входные и выходные сигналы, независимо от их физической природы, интерпретируются как информация. Поэтому управление системой рассматривается как информационное взаимодействие с ней некоторого управляющего объекта.

Основным открытием кибернетической науки является принцип универсальности схемы управления с обратной связью. Эта модель управления распространяется на технические устройства, биологические и социальные системы.

Под *системой управления* понимается вся совокупность управляющих средств: управляющий объект, каналы прямой и обратной связи. Алгоритм управления является информационной компонентой системы управления.

Следует определить понятие *самоуправляемая система*. Это некоторый единый объект, организм, в котором присутствуют все

компоненты систем управления. Примерами таких систем являются живые организмы, наиболее совершенный из которых – человек.

Создание искусственных самоуправляемых систем – одна из сложнейших задач науки и техники. Робототехника – пример такого научно-технического направления.

Системы управления с использованием ЭВМ называются автоматизированными системами управления (АСУ). Как правило, АСУ ориентированы на управление деятельностью производственных коллективов, предприятий. Основная цель таких систем – быстро и точно представлять руководителям предприятия необходимую информацию для принятия управляющих решений. Задачи, решаемые средствами АСУ, относятся к области экономической кибернетики.

Автоматизированные системы управления – комплекс технических и программных средств, обеспечивающих в тесном взаимодействии с отдельными специалистами или коллективами управление объектом в производственной, научной или общественной сфере.

Основное преимущество АСУ перед традиционными методами управления состоит в том, что для принятия необходимых решений управленческому персоналу предоставляется более полная, своевременная и достоверная информация в удобной для восприятия форме.

По функциям АСУ подразделяют на следующие виды:

- административно-организационные:
  - системы управления предприятием (АСУП);
  - отраслевые системы управления (ОАСУ);
- системы управления технологическими процессами (АСУТП):
  - гибкие производственные системы (ГПС);
  - системы подготовки производства (АСУПП);
  - системы контроля качества продукции (АСК);
  - системы управления станками с числовым программным обеспечением (ЧПУ);
- интегрированные системы, объединяющие перечисленные виды АСУ в различных комбинациях.

По результатам деятельности различают АСУ информационные, информационно-советующие, управляющие, самонастраивающиеся, самообучающиеся.

Важные компоненты АСУ – аппаратное обеспечение, программное обеспечение, информационное обеспечение, математическое обеспечение.

Информационное обеспечение АСУ охватывает всю документацию (правовую, нормативную, техническую, конструкторскую, технологическую, учетную), представленную в электронном виде и

необходимую для управления производством, а также схемы ее движения.

Основными элементами АСУ являются автоматизированные рабочие места специалистов, объединенные в локальную корпоративную вычислительную сеть.

Автоматизированное рабочее место – рабочее место специалиста, оснащенное компьютером или комплексом специализированных устройств, соответствующим программным обеспечением, которые позволяют автоматизировать часть выполняемых специалистом производственных операций.

Одна из основных целей автоматизации – возможность для каждого сотрудника, относящегося к любому подразделению, получения информации в то время и в той форме, которые ему необходимы.

Особое внимание при внедрении АСУ уделяется человеческому фактору.

Любая из технических систем – лишь механизм для повышения эффективности управления, принятия правильных стратегических и тактических решений на основе своевременной и достоверной информации, выдаваемой компьютером. Этот механизм полезен при правильном, целесообразном использовании его человеком.

## Глава 3

# ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### 3.1. Понятие «телекоммуникация»

В общем случае под *телекоммуникационной сетью* понимают систему, состоящую из объектов, осуществляющих функции генерации, преобразования, хранения и потребления продукта, называемых узлами сети, и линий передачи (связи, коммуникаций, соединений), осуществляющих передачу продукта между пунктами. В информатике таким продуктом является информация, а под телекоммуникацией понимается обмен информацией на расстоянии. К техническим средствам телекоммуникации относятся радиопередатчики, телефоны, телетайпы, факсимильные аппараты, телеграф и наиболее современное средство – компьютерная коммуникация.

Таким образом, информационная сеть – коммуникационная сеть, в которой продуктом генерирования, переработки, хранения и использования является информация.

*Вычислительная сеть* – информационная сеть, в состав которой входит вычислительное оборудование.

Современные информационные технологии нуждаются во все более совершенных средствах обработки информации. Поэтому потребности в таких средствах постоянно растут. Объединение компьютеров

и средств коммуникации оказало существенное влияние на принципы организации компьютерных систем. Модель, в которой один компьютер выполнял всю необходимую работу по обработке данных, уступила место модели, представляющей собой большое количество отдельных, но связанных между собой компьютеров. Такие системы называются *компьютерными сетями*. Два или более компьютера называются связанными между собой, если они могут обмениваться информацией.

*Цели*, для которых используются компьютерные сети:

- Предоставление доступа к программам, оборудованию и особенно данным для любого пользователя сети. Это называется совместным использованием ресурсов.

- Обеспечение высокой надежности при помощи альтернативных источников информации. Например, все файлы могут быть расположены на двух или трех машинах одновременно, так что если одна из них недоступна по какой-либо причине, то используются другие копии. Возможность продолжать работу, несмотря на аппаратные

проблемы, имеет большое значение для военных и банковских задач, воздушного транспорта, безопасности ядерного реактора и т.п.

- **Экономия средств.** Небольшие компьютеры обладают значительно лучшим соотношением цена-производительность, нежели большие. Это обстоятельство заставляет разработчиков создавать системы на основе модели клиент-сервер. Обмен информацией в модели клиент-сервер обычно принимает форму запроса серверу на выполнение каких-либо действий. Сервер выполняет работу и отправляет ответ клиенту. Обычно в сети количество клиентов значительно больше числа используемых ими серверов.

- **Масштабируемость,** т.е. способность увеличивать производительность системы по мере роста нагрузки. В случае модели клиент-сервер новые клиенты и новые серверы могут добавляться по мере необходимости.

- **Ускорение передачи информации.** КС является мощным средством связи между удаленными друг от друга пользователями. Если один из них изменяет документ, находящийся на сервере, в режиме on-line, остальные могут немедленно увидеть эти изменения.

### **3.2. Принципы построения и классификация компьютерных сетей**

Компьютерные сети классифицируются по различным параметрам.

*По размеру* (или по расстоянию между узлами сети) сети можно разделить на локальные и территориальные (региональные и глобальные). Размеры сетей являются важным классификационным фактором, поскольку в сетях различного размера применяется различная техника.

*Локальными сетями* (ЛВС – локальные вычислительные сети, или LAN, Local AN – Local Area Network) называют сети, размещающиеся, как правило, в одном здании или на территории какой-либо организации размерами до нескольких километров. Их часто используют для предоставления совместного доступа компьютеров к ресурсам (например, принтерам) и обмена информацией. Локальные сети отличаются от других сетей тремя характеристиками: размерами, технологией передачи данных и топологией.

*Региональные или муниципальные сети* (MAN – Metropolitan AN) являются увеличенными версиями локальных сетей и обычно используют схожие технологии. Такая сеть может объединять несколько предприятий корпорации или город. Муниципальная сеть

может поддерживать передачу цифровых данных, звука и включать в себя кабельное телевидение. Обычно муниципальная сеть не содержит переключающих элементов для переадресации пакетов во внешние линии, что упрощает структуру сети.

*Глобальные сети* (Wide AN или ГВС) охватывают значительную территорию, часто целую страну или даже континент. Они объединяют множество машин, предназначенных для выполнения приложений. Эти машины называются хостами. Хосты соединяются коммуникационными подсетями, или просто подсетями. Задачей подсети является передача сообщений от хоста хосту, подобно тому, как телефонная система переносит слова говорящего слушающему, т.е. коммуникативный аспект сети – подсеть отделен от прикладного аспекта – хостов, что значительно упрощает структуру сети.

*По технологии передачи данных* сети делятся:

- на широковещательные сети;
- сети с передачей от узла к узлу.

Широковещательные сети обладают единым каналом связи, совместно используемым всеми машинами сети. Короткие сообщения, называемые пакетами, посылаемые одной машиной, принимаются всеми машинами. Поле адреса в пакете указывает, кому направляется сообщение. При получении пакета машина проверяет его адресное поле. Если пакет адресован этой машине, она обрабатывает пакет. Пакеты, адресованные другим машинам, игнорируются.

Сети с передачей от узла к узлу состоят из большого количества соединенных пар машин. В такой сети пакету необходимо пройти через ряд промежуточных машин, чтобы добраться до пункта назначения. Часто при этом существует несколько возможных путей от источника к получателю.

Обычно небольшие сети используют широковещательную передачу, тогда как в крупных сетях применяется передача от узла к узлу.

*По структуре построения (топологии)* сети подразделяются:

- на одноузловые и многоузловые;
- одноканальные и многоканальные.

Термин *топология сети* характеризует способ организации физических связей компьютеров и других сетевых компонентов. Выбор той или иной топологии влияет на состав необходимого сетевого оборудования, возможности расширения сети и способ управления сетью. Все сети строятся на основе базовых топологий: шина, звезда, кольцо, ячеистая. На практике часто встречаются довольно сложные комбинации базовых топологий. В зависимости от топологии

соединений узлов различают сети шинной, кольцевой, звездной, иерархической, произвольной структуры.

*Шинная* топология – наиболее простая из всех топологий и весьма распространенная. В ней используется один кабель, называемый магистралью, или сегментом, вдоль которого подключены все компьютеры. В сети с топологией *шина* данные в виде электрических сигналов передаются всем компьютерам сети, но принимает их тот, адрес которого совпадает с адресом получателя, зашифрованным в этих сигналах. Причем в каждый момент времени передачу может вести только один компьютер. Поэтому производительность такой сети зависит от количества компьютеров, подключенных к шине. Чем больше компьютеров, ожидающих передачи данных, тем медленнее сеть. На быстроедействие сети также влияют:

- тип аппаратного обеспечения сетевых компьютеров;
- частота, с которой компьютеры передают данные;
- тип работающих сетевых приложений;
- тип сетевого кабеля;
- расстояние между компьютерами в сети.

*Шина* – пассивная топология: компьютеры только слушают передаваемые по сети данные, но не перемещают их от отправителя к получателю. Поэтому выход одного или нескольких компьютеров из строя никак не сказывается на работе сети.

Электрические сигналы распространяются по всему кабелю – от одного конца к другому. Сигналы, достигшие концов кабеля, отражаются от них. Возникает наложение сигналов, находящихся в разных фазах, и, как следствие, их искажение и ослабление, поэтому сигналы, достигшие конца кабеля, следует погасить. Для гашения сигналов на концах кабеля устанавливают терминаторы. При разрыве кабеля или отсутствии терминаторов функционирование сети прекращается.

В сети с топологией *звезда* все компьютеры с помощью сегментов кабеля подключаются к центральному устройству, называемому концентратором (hub). Сигналы от передающего компьютера поступают через концентратор ко всем остальным. В настоящее время концентратор стал одним из стандартных компонентов сетей. В сетях с топологией *звезда* он служит центральным узлом. Недостатки этой топологии: дополнительный расход кабеля, установка концентратора. Главное преимущество этой топологии перед *шиной* – более высокая надежность. Выход из строя одного или нескольких компьютеров на работу сети не влияет. Только неисправность концентратора приводит к остановке работы сети. Кроме того, концентратор может играть роль



интеллектуального фильтра информации, поступающей от узлов в сеть, и при необходимости блокировать запрещенные администратором передачи.

В сети с *кольцевой топологией* компьютеры подключаются к кабелю, замкнутому в кольцо. Сигналы передаются по кольцу в одном направлении и проходят через каждый компьютер. В отличие от пассивной топологии *шина* здесь каждый компьютер выступает в роли репитера (повторителя), усиливая сигналы и передавая их следующему компьютеру, поэтому выход из строя хотя бы одного компьютера приводит к падению сети.

*Сеть с ячеистой топологией* обладает высокой избыточностью и надежностью, т.к. каждый компьютер в такой сети соединен с каждым другим отдельным кабелем. Сигнал от компьютера-отправителя до компьютера-получателя может проходить по разным маршрутам, поэтому разрыв кабеля не сказывается на работоспособности сети. Основной недостаток – большие затраты на прокладку кабеля, что компенсируется высокой надежностью и простотой обслуживания. Ячеистая топология применяется в комбинации с другими топологиями при построении больших сетей.

Кроме базовых топологий, существуют их комбинации – *комбинированные топологии*. Чаще всего используются две комбинированные топологии: *звезда-шина* и *звезда-кольцо*.

*По характеру реализуемых функций* сети делятся:

- на вычислительные, предназначенные для решения задач управления на основе вычислительной обработки исходной информации;
- информационные сети, предназначенные для получения справочных данных по запросу пользователя;
- смешанные сети, в которых реализуются вычислительные и информационные функции.

*В зависимости от способа управления сети* разделяются на два типа: одноранговые и на основе сервера (клиент-сервер). Между этими двумя типами сетей существуют принципиальные различия, которые определяют их разные возможности. Выбор типа сети зависит от многих факторов: размера предприятия и вида его деятельности, необходимого уровня безопасности, доступности административной поддержки, объема сетевого трафика, потребностей сетевых пользователей, финансовых возможностей.

*В одноранговой сети* все компьютеры равноправны. Каждый компьютер функционирует и как клиент, и как сервер. Нет отдельного компьютера, ответственного за администрирование всей сети.

Пользователи сами решают, какие ресурсы на своем компьютере сделать доступными в сети.

Одноранговые сети относительно просты, дешевле сетей на основе сервера, но требуют более мощных компьютеров. Требования к производительности и уровню защиты сетевого ПО ниже, чем в сетях с выделенным сервером. Поддержка одноранговых сетей встроена во многие операционные системы, поэтому для организации одноранговой сети дополнительного ПО не требуется.

Если в сети более 10 компьютеров, то одноранговая сеть становится недостаточно производительной, поэтому большинство сетей имеют другую конфигурацию – они работают *на основе выделенного сервера*. Выделенным сервером называется такой компьютер, который функционирует только как сервер и не используется в качестве клиента или рабочей станции. Он специально оптимизирован для быстрой обработки запросов от сетевых клиентов и обеспечивает защиту файлов и каталогов. Сети на основе сервера стали промышленным стандартом.

Основным аргументом при выборе сети на основе сервера является защита данных. Проблемами безопасности занимается один администратор: он формирует единую политику безопасности и применяет ее в отношении каждого пользователя сети.

Сети на основе сервера, в отличие от одноранговых сетей, способны поддерживать тысячи пользователей. При этом к характеристикам компьютеров и квалификации пользователей предъявляются более мягкие требования, чем в одноранговых сетях.

*В зависимости от того, одинаковые или различные по типу ЭВМ применяются в сети, различают сети однотипных ЭВМ, называемые однородными (гомогенными), и разнотипных ЭВМ – неоднородные (гетерогенные).*

*В зависимости от прав собственности сети могут быть сетями общего пользования или частными.*

Признаком классификации сетей также служит тип используемых протоколов обмена информацией и способы коммутации данных.

### **3.3. Способы коммутации данных**

Под *коммутацией данных* понимается их передача, при которой канал передачи может использоваться попеременно для обмена информацией между различными пунктами информационной сети, в отличие от связи через некоммутируемые каналы, обычно закрепленными за обычными абонентами.

*Каналом связи* называют физическую среду и аппаратные средства, осуществляющие передачу информации между узлами коммутации.

Различают следующие способы коммутации данных:

- коммутации каналов;
- коммутация пакетов;
- коммутация сообщений.

*Буфер* – место промежуточного хранения данных, зарезервированная область памяти, в которой хранятся данные до их перемещения в ЗУ или из него в другую область памяти.

*Способ коммутации каналов* заключается в установлении физического канала связи из последовательно соединенных участков сети для передачи данных непосредственно между абонентами. При использовании коммутируемых каналов путь передачи данных образуется из самих каналов и устройств коммуникации, расположенных в узлах сети. Установление связи между источником и адресатом производится путем посылки пунктом отправления сигнализирующего общения, которое перемещается по сети передачи данных от одного узла коммутации к другому и, занимая пройденные каналы, прокладывает путь от источника к пункту назначения. Этот путь состоит из физических каналов, имеющих одну и ту же скорость передачи данных. Об установлении физического канала посылается сигнал обратной связи. Затем по установленному пути с одновременным использованием всех образующих каналов передается сообщение. Эти каналы оказываются недоступными для других передач. Отдельные участки сети соединяются между собой специальной аппаратурой – коммутаторами.

*Коммутация пакетов* позволяет добиться увеличения пропускной способности сети, скорости и надежности передачи данных.

Поступающее от абонента сообщение пакетируется, т.е. разбивается на пакеты, имеющие определенную длину. Каждый пакет снабжается заголовком, в котором находится адресная информация и номер пакета для сборки сообщения. Пакеты транспортируются как независимые информационные блоки. Коммутаторы сети принимают пакеты от конечных узлов и на основании адресной информации передают их друг другу, а в конечном итоге – получателю сообщения.

Коммутаторы пакетной сети отличаются от коммутаторов каналов тем, что имеют внутреннюю буферную память для временного хранения пакетов, если выходной порт в момент принятия пакета занят передачей другого пакета. В пункте назначения из пакетов формируется исходное сообщение.

*При коммутации сообщений* соединение устанавливается только между соседними узлами сети и только на время связи; поступающая на узел связи информация передается в память узла связи, после чего анализируется адрес получателя. Каждое сообщение снабжается заголовком и транспортируется в сети как единое целое. Поступившее в узел сообщение запоминается в его буферном запоминающем устройстве и в подходящий момент, когда освободится соответствующий канал связи, передается в следующий соседний узел.

Сообщение занимает в каждый момент передачи только один канал связи между соседними узлами. При этом канал связи между источником и адресатом может состоять из каналов с разной скоростью передачи данных. Коммутация сообщений по сравнению с коммутацией каналов позволяет ценой усложнения узла коммутации уменьшить задержку при передаче данных и повысить общую пропускную способность. Сообщение, в отличие от пакета, может иметь произвольную длину.

### **3.4. Глобальная сеть Internet. Структура, система адресации**

*Интернет* – глобальная телекоммуникационная информационная сеть, объединяющая десятки тысяч сетей ЭВМ, охватывающая более ста стран.

Каждому компьютеру, подключенному к Интернету, присваивается идентификационный номер, который называется IP-адресом. IP-адрес имеет формат xxx.xxx.xxx.xxx, где xxx – числа от 0 до 255. Рассмотрим типичный IP-адрес: 193.27.61.137. Для облегчения запоминания IP-адрес обычно выражают рядом чисел в десятичной системе счисления, разделенных точками. Но компьютеры хранят его в бинарной форме. Например, тот же IP-адрес в двоичном коде будет выглядеть так:

11000001.00011011.00111101.10001001.

Четыре числа в IP-адресе называются октетами, поскольку в каждом из них при двоичном представлении имеется восемь разрядов:  $4 \times 8 = 32$ . Так как каждая из восьми позиций может иметь два различных состояния: 1 или 0, общий объем возможных комбинаций составляет 28 или 256, т.е. каждый октет может принимать значения от 0 до 255. Комбинация четырех октетов дает 232 значения, т.е. примерно 4,3 млрд комбинаций, за исключением некоторых зарезервированных адресов.

Октеты делят на две секции: Net и Host. Net-секция используется для того, чтобы определить сеть, к которой принадлежит компьютер.

Host, который называют узлом, определяет конкретный компьютер в сети. Подобная система используется и в обычной почте.

По мере увеличения количества компьютеров цифровые имена стали заменять текстовыми, потому что текстовое имя проще запомнить, чем цифровое. Возникла проблема автоматизации этого процесса, и в 1983 г. в Висконсинском университете США была создана так называемая DNS-система (Domain Name System), которая автоматически устанавливала соответствие между текстовыми именами и IP-адресами. Вместо чисел была предложена ставшая сегодня для нас привычной запись типа [www.myname.gorod.ru](http://www.myname.gorod.ru).

Таким образом, при пересылке информации компьютеры используют цифровые адреса, люди – буквенные, а DNS-сервер служит своеобразным переводчиком.

Когда происходит обращение на Web или посылается e-mail, то используется доменное имя. Например, адрес <http://www.microsoft.com> содержит доменное имя [microsoft.com](http://microsoft.com). Аналогично e-mail-адрес [algol@rambler.ru](mailto:algol@rambler.ru) содержит доменное имя [rambler.ru](http://rambler.ru).

В доменной системе имен реализуется принцип назначения имен с определением ответственности за их подмножество соответствующих сетевых групп.

Каждая группа придерживается этого простого правила. Имена, которые она присваивает, единственны среди множества ее непосредственных подчиненных, поэтому никакие две системы, где бы они ни находились в Интернете, не смогут получить одинаковые имена. Так же уникальны адреса, указываемые на конвертах при доставке писем обычной почтой. Таким образом, адрес на основе географических и административных названий однозначно определяет точку назначения.

Домены имеют подобную иерархию. В именах домены отделяются друг от друга точками: [addressx.msk.ru](http://addressx.msk.ru), [addressy.spb.ru](http://addressy.spb.ru). В имени может быть различное количество доменов, но обычно их не больше пяти. По мере движения по доменам в имени слева направо количество имен, входящих в соответствующую группу, возрастает.

Для перевода буквенного доменного имени в IP-адрес цифрового формата служат DNS-серверы.

В качестве примера рассмотрим адрес [group.facult.nivers.rst.ru](http://group.facult.nivers.rst.ru).

Первым в имени стоит название рабочей машины – реального компьютера с IP-адресом. Это имя создано и поддерживается группой [facult](http://group.facult.nivers.rst.ru). Группа входит в более крупное подразделение [univers](http://group.facult.nivers.rst.ru), далее следует домен [rst](http://group.facult.nivers.rst.ru) – он определяет имена ростовской части сети, [ru](http://group.facult.nivers.rst.ru) – российской.

Каждая страна имеет свой домен: au – Австралия, be – Бельгия и т.д. Это географические домены верхнего уровня.

Помимо географического признака, используется организационный признак, в соответствии с которым существуют следующие доменные имена первого уровня:

- com – коммерческие предприятия;
- edu – образовательные учреждения;
- gov – государственные учреждения;
- mil – военные организации;
- net – сетевые образования;
- org – учреждения других организаций и сетевых ресурсов.

Внутри каждого доменного имени первого уровня находится целый ряд доменных имен второго уровня. Домен верхнего уровня располагается в имени правее, а домен нижнего уровня – левее.

Чтобы найти документ в сети Интернет, достаточно знать ссылку на него – так называемый универсальный указатель на ресурс URL (Uniform Resource Locator – унифицированный указатель ресурса), который указывает местонахождение каждого файла, хранящегося на компьютере, подключенном к Интернету.

Адрес URL является сетевым расширением понятия полного имени ресурса, например файла или приложения, и пути к нему в операционной системе. В URL, кроме имени файла и директории, где он находится, указывается сетевое имя компьютера, на котором этот ресурс расположен, и протокол доступа к ресурсу, который можно использовать для обращения к нему.

Рассмотрим некоторый URL:

<http://www.abc.def.ru/kartinki/SLIDE.htm>

Первая часть – <http://> (Hypertext Transfer Protocol) – протокол передачи гипертекста, по которому обеспечивается доставка документа с web-сервера, указывает браузеру, что для доступа к ресурсу применяется данный сетевой протокол.

Вторая часть – [www.abc.def.ru](http://www.abc.def.ru) – указывает на доменное имя.

Третья часть – [kartinki/SLIDE.htm](http://www.abc.def.ru/kartinki/SLIDE.htm) – показывает программе-клиенту, где на данном сервере искать ресурс. В данном случае ресурсом является файл в формате html, а именно SLIDE.htm, который находится в папке kartinki.

Имена директорий, содержащиеся в URL, – виртуальные и не имеют ничего общего с реальными именами каталогов компьютера, на котором выполняется web-сервер, а являются их псевдонимами. Ни один владелец компьютера, на котором выполняется web-сервер, не позволит постороннему пользователю, обращающемуся к web-серверу

через Интернет, иметь доступ к реальной файловой системе этого компьютера.

При написании URL важно правильно указывать верхние и нижние регистры. Дело в том, что web-серверы функционируют под управлением разных операционных систем, а в некоторых из них имена файлов и приложений являются регистро-чувствительными.

В общем случае формат URL имеет вид (протокол доступа) [://<домен>: <порт>](/<директория><имя ресурса>[/<параметры запроса>].

### **3.5. Обеспечение безопасности в компьютерных сетях**

#### **3.5.1. Основные понятия. Виды угроз**

Усложнение методов и средств организации машинной обработки, повсеместное использование глобальной сети Интернет приводит к тому, что информация, составляющая государственную или коммерческую тайну или представляющая собой интеллектуальную собственность становится все более уязвимой. Согласно статистическим данным более 80 % компаний несут финансовые убытки из-за нарушения целостности и конфиденциальности используемых данных.

Учитывая эти факты, защита информации в процессе ее сбора, хранения, обработки и передачи приобретает исключительно важное значение.

Введем ряд определений, используемых при описании средств и методов защиты информации в системах автоматизированной обработки, построенных на основе средств вычислительной техники.

*Компьютерная система* (КС) – организационно-техническая система, представляющую совокупность следующих взаимосвязанных компонентов:

- технические средства обработки и передачи данных;
- методы и алгоритмы обработки в виде соответствующего программного обеспечения;
- данные – информация на различных носителях и находящаяся в процессе обработки;
- конечные пользователи – персонал и пользователи, использующие КС с целью удовлетворения информационных потребностей;
- объект доступа, или объект, – любой элемент КС, доступ к которому может быть произвольно ограничен (файлы, устройства, каналы);

- субъект доступа, или субъект, – любая сущность, способная инициировать выполнение операций над объектом (пользователи, процессы).

*Информационная безопасность* – состояние КС, при котором она способна противостоять дестабилизирующему воздействию внешних и внутренних информационных угроз и при этом не создавать таких угроз для элементов самой КС и внешней среды.

*Конфиденциальность информации* – свойство информации быть доступной только ограниченному кругу конечных пользователей и иных субъектов доступа, прошедших соответствующую проверку и допущенных к ее использованию.

*Доступ к информации* – возможность субъекта осуществлять определенные действия с информацией.

*Санкционированный доступ к информации* – доступ с выполнением правил разграничения доступа к информации.

*Правила разграничения доступа* – совокупность положений, регламентирующих права доступа лиц или процессов к единицам информации или к определенному компоненту системы.

*Идентификация* – получение от субъекта доступа к сведениям (имя, учетный номер и т.д.), позволяющим выделить его из множества субъектов.

*Аутентификация* – получение от субъекта сведений (пароль, биометрические параметры и т.д.), подтверждающих, что идентифицируемый субъект является тем, за кого себя выдает.

*Угроза информационной безопасности КС* – возможность воздействия на информацию, обрабатываемую КС, с целью ее искажения, уничтожения, копирования или блокирования, а также возможность воздействия на компоненты КС, приводящие к сбою их функционирования.

*Уязвимость КС* – любая характеристика, которая может привести к реализации угрозы.

*Атака КС* – действия злоумышленника, предпринимаемые с целью обнаружения уязвимости КС и получения несанкционированного доступа к информации.

*Безопасная, или защищенная, КС* – КС, снабженная средствами защиты для противодействия угрозам безопасности.

*Комплекс средств защиты* – совокупность аппаратных и программных средств, обеспечивающих информационную безопасность.



*Политика безопасности* – совокупность норм и правил, регламентирующих работу средств защиты от заданного множества угроз.

*Дискреционная модель разграничения доступа* – способ разграничения доступа субъектов к объектам, при котором права доступа задаются некоторым перечнем прав доступа субъекта к объекту. При реализации представляет собой матрицу, строками которой являются субъекты, а столбцами – объекты; элементы матрицы характеризуют набор прав доступа.

*Полномочная (мандатная) модель разграничения доступа* – способ разграничения доступа субъектов к объектам, при котором каждому объекту ставится в соответствие уровень секретности, а каждому субъекту – уровень доверия к нему. Субъект может получить доступ к объекту, если его уровень доверия не меньше уровня секретности объекта.

Реализация угроз безопасности приводит к нарушению основных свойств информации: достоверности, сохранности и конфиденциальности. Для защищенной КС определяется перечень классов угроз, которым должен противодействовать комплекс средств защиты.

Источниками угроз информации являются люди, аппаратные или программные средства, используемые при разработке и эксплуатации АИС, факторы внешней среды.

Порождаемые данными источниками угрозы можно разделить на преднамеренные (умышленные) и непреднамеренные.

*Непреднамеренные угрозы* связаны главным образом со стихийными бедствиями и авариями, сбоями и отказами технических средств, с ошибками в алгоритмах и комплексах программ, а также с ошибками обслуживающего персонала и пользователей.

*Преднамеренные угрозы* связаны с незаконными действиями посторонних лиц и персонала автоматизированных систем. В соответствии с их физической сущностью и механизмами реализации могут быть распределены по пяти группам:

- шпионаж и диверсии (подслушивание, наблюдение, хищение документов и носителей информации, хищение программ, подкуп и шантаж сотрудников, сбор и анализ отходов машинных носителей информации, поджоги, взрывы);
- несанкционированный доступ (НСД) к информации – доступ с нарушением правил разграничения доступа субъекта к информации, с использованием штатных средств (программного или аппаратного обеспечения), предоставляемых КС;

- съем электромагнитных излучений и наводок;
- несанкционированная модификация алгоритмической, программной и технической структур системы;
- вредительские программы (вирусы).

Необходимо отметить, что абсолютно надежных систем защиты не существует. Кроме того, любая система защиты увеличивает время доступа к информации, поэтому построение защищенных КС не ставит целью надежно защититься от всех классов угроз. Уровень системы защиты – это компромисс между понесенными убытками от потери конфиденциальности информации, с одной стороны, и убытками от усложнения, удорожания КС и увеличения времени доступа к ресурсам от введения систем защиты, с другой стороны.

Гостехкомиссией при Президенте Российской Федерации были приняты руководящие документы, посвященные вопросам защиты информации в автоматизированных системах. Основой этих документов является концепция защиты средств вычислительной техники и автоматизированных систем от несанкционированного доступа к информации и основные принципы защиты КС.

### **3.5.2. Методы и средства защиты информации**

Требования безопасности определяют набор средств защиты КС на всех этапах ее существования – от разработки спецификации на проектирование аппаратных и программных средств до их списания. Рассмотрим комплекс средств защиты КС на этапе ее эксплуатации.

На этапе эксплуатации основной задачей защиты информации в КС является предотвращение НСД к аппаратным и программным средствам, а также контроль целостности этих средств. НСД может быть предотвращен или существенно затруднен при организации следующего комплекса мероприятий:

- идентификация и аутентификация пользователей;
- мониторинг несанкционированных действий – аудит;
- разграничение доступа к КС;
- криптографические методы сокрытия информации;
- защита КС при работе в сети.

При создании защищенных КС используют фрагментарный и комплексный подход. Фрагментарный подход предполагает последовательное включение в состав КС пакетов защиты от отдельных классов угроз. Например, незащищенная КС снабжается антивирусным пакетом, затем системой шифрования файлов, системой регистрации действий пользователей и т.д. Недостаток этого подхода в том, что

внедряемые пакеты, произведенные, как правило, различными пользователями, плохо взаимодействуют между собой и могут вступать в конфликты друг с другом. При отключении злоумышленником отдельных компонентов защиты остальные продолжают работать, что значительно снижает ее надежность.

Комплексный подход предполагает введение функций защиты в КС на этапе проектирования архитектуры аппаратного и системного программного обеспечения и является их неотъемлемой частью. Однако, учитывая вероятность появления новых классов угроз, модули КС, отвечающие за безопасность, должны иметь возможность замены их другими, поддерживающими общую концепцию защиты.

Организация надежной защиты КС невозможна с помощью только программно-аппаратных средств. Очень важным является административный контроль работы КС. Основные задачи администратора по поддержанию средств защиты заключаются в следующем:

- в постоянном контроле корректности функционирования КС и ее защите;
- регулярном просмотре журналов регистрации событий;
- организации и поддержании адекватной политики безопасности;
- инструктировании пользователей ОС об изменениях в системе защиты, правильном выборе паролей и т.д.;
- регулярном создании и обновлении резервных копий программ и данных;
- постоянном контроле изменений конфигурационных данных и политики безопасности отдельных пользователей, чтобы вовремя выявить взлом защиты КС.

### **3.5.3. Компьютерные вирусы и их классификация**

*Компьютерным вирусом* называется программа, способная самостоятельно создавать свои копии и внедряться в другие программы, в системные области дисковой памяти компьютера, распространяться по каналам связи. Целью создания и применения программ-вирусов является нарушение работы программ, порча файловых систем и компонентов компьютера, нарушение нормальной работы пользователей.

Компьютерным вирусам характерны определенные стадии существования: пассивная стадия, в которой вирус никаких действий не предпринимает; стадия размножения, когда вирус старается создать как можно больше своих копий; активная стадия, в которой вирус

переходит к выполнению деструктивных действий в локальной компьютерной системе или компьютерной сети.

*По среде обитания* вирусы делятся на сетевые и файловые, загрузочные и документные.

*Сетевые вирусы* используют для своего распространения команды и протоколы телекоммуникационных сетей.

*Файловые вирусы* чаще всего внедряются в исполняемые файлы, имеющие расширение exe и com, но могут внедряться и в файлы с компонентами операционных систем, драйверы внешних устройств, объектные файлы и библиотеки, в командные пакетные файлы. При запуске зараженных программ вирус на некоторое время получает управление и в этот момент производит запланированные деструктивные действия и внедрение в другие файлы программ.

*Загрузочные вирусы* внедряются в загрузочный сектор дискеты или в главную загрузочную запись жесткого диска. Такой вирус изменяет программу начальной загрузки операционной системы, запуская необходимые для нарушения конфиденциальности программы или подменяя системные файлы, в основном это относится к файлам, обеспечивающим доступ пользователей в систему.

*Документные вирусы* (макровирусы) заражают текстовые файлы редакторов или электронных таблиц, используя макросы, которые сопровождают такие документы. Вирус активизируется, когда документ загружается в соответствующее приложение.

*По способу заражения среды обитания* вирусы делятся на резидентные и нерезидентные.

*Резидентные вирусы* после завершения инфицированной программы остаются в оперативной памяти и продолжают свои деструктивные действия, заражая другие исполняемые программы, вплоть до выключения компьютера.

*Нерезидентные вирусы* запускаются вместе с зараженной программой и удаляются из памяти вместе с ней.

*По алгоритмам функционирования* вирусы классифицируются как паразитирующие, троянские кони, вирусы-невидимки и мутирующие.

*Паразитирующие* – вирусы, изменяющие содержимое зараженных файлов. Эти вирусы легко обнаруживаются и удаляются из файла, т.к. имеют всегда один и тот же внедряемый программный код.

*Троянские кони* – вирусы, маскируемые под полезные программы, которые очень хочется иметь на своем компьютере. Наряду с полезными функциями, соответствующими устанавливаемой программе, вирус может выполнять функции, нарушающие работу системы, или собирать информацию, обрабатываемую в ней.

*Вирусы-невидимки* способны прятаться при попытках их обнаружения. Они перехватывают запрос антивирусной программы и либо временно удаляются из зараженного файла, либо подставляют вместо себя незараженные участки программы.

*Мутящие вирусы* периодически изменяют свой программный код, что делает задачу обнаружения вируса очень сложной.

Для своевременного обнаружения и удаления вирусов необходимо знать *основные признаки появления вирусов* в компьютере. К таким признакам относятся:

- отказ в работе компьютера или отдельных компонентов;
- отказ в загрузке операционной системы;
- замедление работы компьютера;
- нарушение работы отдельных программ;
- искажение, увеличение размера или исчезновение файлов;
- уменьшение доступной программой оперативной памяти.

#### **3.5.4. Способы защиты от вирусов**

Для защиты от проникновения вирусов необходимо проводить мероприятия, исключающие заражение программ и данных компьютерной системы. Основными источниками проникновения вирусов являются коммуникационные сети и съемные носители информации.

Для исключения проникновения вирусов через КС необходимо осуществлять автоматический входной контроль всех данных, поступающих по сети, который выполняется сетевым экраном (брандмауэром), принимающим пакеты из сети только от надежных источников. Рекомендуется проверять всю электронную почту на наличие вирусов, а почту, полученную от неизвестных источников, удалять не читая.

Для исключения проникновения вирусов через съемные носители необходимо ограничить число пользователей, которые могут записывать на жесткий диск файлы и запускать программы со съемных носителей. Обычно это право дается только администратору системы. В обязательном порядке при подключении съемного носителя следует проверять его специальной антивирусной программой.

*Программы для обнаружения и удаления компьютерных вирусов* можно разделить на детекторы, ревизоры, фильтры, доктора и вакцины. Детекторы осуществляют поиск компьютерных вирусов в памяти и при обнаружении сообщают об этом пользователю. Ревизоры выполняют значительно более сложные действия для обнаружения вирусов. Они

запоминают исходное состояние программ, каталогов, системных областей и периодически сравнивают их с текущими значениями. При изменении контролируемых параметров ревизоры сообщают об этом пользователю. Фильтры выполняют выявление подозрительных процедур, например: коррекцию исполняемых программ, изменение загрузочных записей диска, изменение атрибутов или размеров файлов и др.

При обнаружении подобных процедур фильтры запрашивают пользователя о правомерности их выполнения. Доктора являются самым распространенным типом антивирусных программ. Эти программы не только обнаруживают, но и удаляют вирусный код из файла – «лечат» программы. Доктора способны обнаружить и удалить только известные им вирусы, поэтому их необходимо периодически, обычно раз в месяц, обновлять. Вакцины – это антивирусные программы, которые так модифицируют файл или диск, что он воспринимается программой-вирусом уже зараженным и поэтому вирус не внедряется.

Современные антивирусные решения обладают всеми означенными механизмами и постоянно добавляют новые средства борьбы с вредоносными программами. Популярными антивирусными программами являются Norton Antivirus, Антивирус Касперского, Dr.Web, Symantec Norton Antivirus и др.

### **3.6. Виды услуг, предоставляемых абонентам компьютерных сетей**

В число наиболее часто используемых служб Интернет входят электронная почта, WWW, служба новостей Интернет, передача файлов по протоколу FTP, терминальный доступ по протоколу Telnet и ряд других служб.

*Электронная почта.* Наиболее привычным видом услуг, предоставляемых абонентам компьютерных сетей, является электронная почта. Каждый абонент при регистрации получает свой собственный «почтовый ящик» – некоторый объем памяти на хост-машине (узле), в который попадают все адресованные ему сообщения.

Имена почтовых ящиков и сведения об их владельцах доступны всем абонентам сети. Войдя в сеть, можно послать сообщение по любому адресу. Для того чтобы получить поступившее сообщение, необходимо сообщить почтовой системе (почтовому клиенту) имя интересующего почтового ящика и пароль, дающий право на получение информации.

Обычно в момент регистрации доступа в Интернет сервис-провайдер предоставляет пользователю дисковое пространство под почтовый ящик: адрес этого почтового ящика (E-mail Account Address), имя пользователя (E-mail Account Login Name) и пароль (E-mail Account Password). Пароль для доступа предоставляется в целях предотвращения несанкционированного доступа к почте. Адрес электронной почты имеет формат: имяпользователя@имядомена, например [Ivanov@abc.rst.ru](mailto:Ivanov@abc.rst.ru).

Часть слева от значка @ – это имя почтового ящика (E-mail Account Name) на сервере, из которого владелец этого адреса забирает письма (в данном примере – Ivanov). Часть справа от значка @ называется доменом и указывает на местонахождение этого почтового ящика. Нужно отметить, что носителем адреса электронной почты является вовсе не конечный пункт доставки, т.е. не адрес вашего домашнего компьютера, а адрес сервера, на котором вы будете получать почту.

Электронная почта построена по принципу клиент-серверной архитектуры. Пользователь общается с клиентской программой, которая, в свою очередь, общается с почтовым сервером. Очевидно, что процедуры отправки и получения почты требуют разной степени идентификации личности, поэтому существуют и два разных протокола – на отправку и на прием писем.

Для передачи писем используются протокол SMTP (Simple Mail Transfer Protocol – простой протокол пересылки почты) и соответственно SMTP-серверы. Для приема почтовых сообщений в настоящее время наиболее часто используется протокол POP3 (Post Office Protocol – протокол почтового офиса), который контролирует право пользователя забирать почту из ящика и поэтому требует предоставления имени пользователя и пароля.

*IP-телефония* – технология, которая связывает два абсолютно разных мира – мир телефонии и мир Интернет. До недавнего времени сети с коммутацией каналов (телефонные сети) и Интернет (IP-сети) существовали для разных целей и независимо друг от друга: телефонные – для передачи голосовой информации, IP-сети – для передачи данных. Технология IP-телефонии объединяет эти сети посредством устройства, называемого шлюзом. Шлюз – это устройство, в которое с одной стороны включается телефонная линия, а с другой – IP-сеть.

WWW – самый популярный сервис Интернета, который благодаря своей относительной простоте и наглядности для пользователей сделал обращения к ресурсам Сети массовыми.

В самом общем плане WWW – это система web-серверов, поддерживающая документы, форматированные специальным образом. Служба WWW реализована в виде клиент-серверной архитектуры. Пользователь с помощью клиентской программы (браузера) осуществляет запрос той или иной информации на сервере, а web-сервер обслуживает запрос браузера. *Браузер* – это программа, обеспечивающая обращение к искомому ресурсу на сервере по его URL, интерпретирующая полученный результат и демонстрирующая его на клиентском компьютере.

Протокол, по которому происходит доставка web-сервером документа web-браузеру, носит название HTTP (Hypertext Transfer Protocol – протокол передачи гипертекста). *Гипертекст* – это текст, содержащий гиперссылки, связывающие слова или картинки документа с другим ресурсом (с каким-нибудь еще документом или с иным разделом этого же документа), при этом подобные связанные слова или картинки документа, как правило, выделяются, обычно с помощью подчеркивания. Пользователь может активировать эту связь щелчком мыши. Поскольку современные электронные документы содержат не только текст, но и любую мультимедийную информацию (текст, графика, звук), в качестве ссылок стали использовать не только текстовые, но и графические объекты. Со временем понятие *гипертекст* было расширено до понятия *гипермедиа*. Гипермедиа – это метод организации мультимедийной информации на основе ссылок на разные типы данных.

Особенно продуктивной идея гипертекста оказалась применительно к объединению цифровой информации, распределенной на серверах во всем мире.

Документ, доступный через Web, называют web-страницей, а группы страниц, объединенные общей темой и навигационно, – web-узлами, или web-сайтами. Один аппаратный web-сервер может содержать несколько web-сайтов, но возможна и обратная ситуация, когда огромный web-сайт может поддерживаться группой web-серверов. Тот факт, что навигация не требует знаний о местоположении искомых документов, как раз и является основным удобством и причиной популярности службы WWW.

В браузерах реализованы две основные функции: запрос информации у web-сервера и отображение ее на клиентском компьютере. Кроме того, браузеры обладают дополнительными сервисными функциями, такими как упрощение поиска, хранение закладок, указывающих на избранные страницы, и др.



Популярность WWW обусловлена тем, что можно не только просматривать чужие страницы и иметь доступ к огромному количеству информации, представленной на сотнях миллионов компьютеров, но и создать собственные ресурсы и таким образом донести любую информацию до всех будущих посетителей сайта. Иными словами, WWW – это глобальный механизм обмена информацией: одни люди помещают информацию на web-серверы, а другие ее просматривают. Создав web-сайт, владелец может поместить туда информацию различного рода: текст, графику, звук, анимацию, которая станет доступной для всех посетителей этого ресурса. Количество информации, которое может быть предоставлено посетителю, практически не ограничено по времени, в отличие от радио или телевидения.

*Базы данных.* Доступ к базам данных – типичный вид услуг, предоставляемых абонентам компьютерной сети. Подключившись к сети и задав сетевой адрес нужной базы данных, абонент подключается к ней и в режиме диалога может получить требуемую ему информацию, зачастую на платной основе.

*Поиск в Интернет.* Для поиска информации в Интернете предназначены различные инструменты: поисковые машины, индексированные каталоги, метапоисковые системы, тематические списки ссылок, онлайн-энциклопедии и справочники. При этом для поиска разного рода информации наиболее эффективными оказываются различные инструменты. Рассмотрим каждый инструмент в отдельности.

*Индексированные каталоги* содержат информацию, иерархически структурированную по темам. Тематические разделы первого уровня определяют широко популярные темы, такие как спорт, отдых, наука, магазины и т.д. В каждом разделе есть подразделы. Таким образом, путешествуя по дереву каталога, можно постепенно сужать область поиска. Дойдя до нужного подкаталога, вы находите в нем набор ссылок. Каталоги подразделяются на каталоги общего назначения и специализированные каталоги.

*Тематические списки ссылок* – это списки, составленные группой профессионалов или коллекционерами-одиночками. Часто узкоспециализированная тема может быть раскрыта одним специалистом лучше, чем группой сотрудников крупного каталога.

*Поисковые машины.* В ответ на запрос мы обычно получаем длинный список документов, многие из которых не имеют никакого отношения к теме запроса. Такие документы называются нерелевантными. Таким образом, релевантный документ – это

документ, содержащий искомую информацию. Очевидно, что от умения грамотно делать запрос зависит процент получаемых релевантных документов.

Поисковая машина состоит из двух частей: робота, или паука, и поискового механизма. База данных робота формируется в основном им самим (робот сам находит ссылки на новые ресурсы) и в существенно меньшей степени – владельцами ресурсов, которые регистрируют свои сайты в поисковой машине. Помимо робота, который обходит все предписанные серверы и формирует базу данных, существует программа, определяющая рейтинг найденных ссылок.

Принцип работы поисковой машины сводится к тому, что она опрашивает свою базу данных по ключевым словам, которые пользователь указывает в поле запроса, и выдает список ссылок, ранжированный по релевантности.

Поиск по индексу заключается в том, что пользователь формирует запрос и передает его поисковой машине. В случае когда у пользователя имеется несколько ключевых слов, весьма полезно использование булевых операторов. Текст, в пределах которого проверяется логическая комбинация, называется единицей поиска. Это может быть предложение, абзац или весь документ. В разных поисковых системах могут использоваться различные единицы поиска. После того как пользователь сделал запрос, поисковая система обрабатывает синтаксис запроса и сравнивает ключевые слова со словами в индексе. После этого составляется список сайтов, отвечающих запросу, они ранжируются по релевантности, и формируется результат поиска, который и выдается пользователю.

Существует огромное количество поисковых систем. Наиболее популярная на Западе поисковая система – Google ([www.google.com](http://www.google.com)). Всемирно популярный каталог Yahoo! в качестве поисковой системы использует именно Google. В Рунете самыми популярными поисковыми системами являются Яндекс ([www.yandex.ru](http://www.yandex.ru)) и Рамблер ([www.rambler.ru](http://www.rambler.ru)).

*Метапоисковые системы.* Так как Интернет развивается стремительными темпами, то рост количества документов происходит быстрее, чем поисковые системы успевают их проиндексировать. Отсюда следует, что даже если в Сети и есть то, что вы ищете, вовсе не обязательно, что об этом знает та поисковая машина, к которой вы обратились. Велика вероятность, что нужный документ проиндексирован другой поисковой системой. Метапоисковые системы позволяют транслировать запрос сразу в несколько поисковых систем.

*Онлайновые энциклопедии и справочники.* Для того чтобы найти толкование искомого слова в Интернете, существуют онлайновые энциклопедии и справочники.

# Глава 4

## АРХИТЕКТУРА

### СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

#### 4.1. Программное обеспечение ЭВМ. Компоненты программной среды

В общей архитектуре современных ЭВМ и их систем программное обеспечение (ПО или Software) является наиболее гибкой ее компонентой, обеспечивающей функционирование аппаратной компоненты (Hardware) в различных режимах и предоставляющей развитый пользовательский интерфейс для подготовки, отладки и решения задач.

Программная среда является своего рода оболочкой аппаратной среды, расширяющей ее возможности. Пользователь имеет возможность работы с аппаратной средой только непосредственно с помощью программных средств.

Под *программным обеспечением* будем понимать совокупность документированных программных средств для ЭВМ и их систем любого класса и типа, обеспечивающих функционирование, диагностику и тестирование их аппаратных средств, а также разработку, отладку и выполнение любых программ пользователя.

Таким образом, ПО служит интерфейсом между аппаратными ресурсами ЭВМ и проблемной средой.

ПО содержит три всеохватывающие компоненты:

- системное ПО (СПО);
- инструментальное ПО (ИПО);
- прикладное ПО (ППО).

В свою очередь, составляющие компоненты ПО ЭВМ имеют свою детализацию, представленную в табл. 4.1.

Таблица 4.1

СПО	ИПО	ППО
– базовое ПО; – операционные системы (ОС); – операционные оболочки; <i>служебные программы:</i> – средства тестирования и диагностики ЭВМ; – расширяющие функции	– компиляторы; – интерпретаторы; – библиотеки стандартных программ; – прикладные утилиты; – системы программирования	– общего назначения; – проблемно-ориентированные; – интегрированные; – расширяющие функции операционной системы

операционной системы		
----------------------	--	--

## 4.2. Системное программное обеспечение

Системное ПО управляет всеми ресурсами ЭВМ и осуществляет общую организацию процесса обработки информации и интерфейс ЭВМ с проблемной средой, в частности с пользователем. СПО состоит из *базового ПО (BIOS), операционных систем, операционных оболочек и служебных (сервисных) программ*. В некоторых классификациях к базовому ПО относят BIOS, ОС и операционные оболочки.

### 4.2.1. Базовое ПО

*Базовое ПО* в архитектуре компьютера занимает особое положение. С одной стороны, его можно рассматривать как составную часть аппаратных средств, с другой стороны, оно является одним из программных модулей операционной системы.

*Базовое ПО*, или BIOS, – программа, которая отвечает за управление всеми компонентами, установленными на материнской плате. Фактически BIOS является неотъемлемой составляющей системной платы и поэтому может быть отнесена к особой категории компьютерных компонентов, занимающих промежуточное положение между аппаратурой и программным обеспечением.

Аббревиатура BIOS расшифровывается как Basic Input/Output System – базовая система ввода/вывода. Раньше в системе IBM PC основным назначением BIOS была поддержка функций ввода/вывода за счет предоставления ОС интерфейса для взаимодействия с аппаратурой. В последнее время ее назначение и функции значительно расширились.

Второй важной функцией BIOS является процедура тестирования (POST – Power On Self Test) всего установленного на материнской плате оборудования (за исключением дополнительных плат расширения), проводимая после каждого включения компьютера. В процедуру тестирования входят:

- проверка работоспособности системы управления электропитанием;
- инициализация системных ресурсов и регистров микросхем;
- тестирование оперативной памяти;
- подключение клавиатуры;
- тестирование портов;
- инициализация контроллеров, определение и подключение жестких дисков.

В процессе инициализации и тестирования оборудования BIOS сравнивает данные системной конфигурации с информацией, хранящейся в CMOS – специальной энергозависимой памяти, расположенной на системной плате. Хранение данных в CMOS поддерживается специальной батареей, а информация обновляется всякий раз при изменении каких-либо настроек BIOS. Именно эта память хранит последние сведения о системных компонентах, текущую дату и время, а также пароль на вход в BIOS или загрузку ОС, если он установлен. При выходе из строя, повреждении или удалении батарейки все данные в CMOS-памяти обнуляются.

Третьей важной функцией, которую BIOS выполняет со времен IBM PC, является загрузка ОС. Современные BIOS позволяют загружать операционную систему не только с гибкого или жесткого диска, но и с приводов CD-ROM, ZIP, LS-120, SCSI-контроллеров. Определив тип устройства загрузки, BIOS приступает к поиску программы – загрузчика ОС на носителе или переадресует запрос на загрузку на BIOS другого устройства. Когда ответ получен, программа загрузки помещается в оперативную память, откуда и происходит загрузка системной конфигурации и драйверов устройств операционной системы.

Пользовательский интерфейс разных версий и разных производителей BIOS может сильно отличаться, но системные вызовы строго стандартизированы.

Физически BIOS находится в энергонезависимой перепрограммируемой флэш-памяти, которая вставляется в специальную колодку на материнской плате. На этой микросхеме есть яркая голографическая наклейка с логотипом фирмы – разработчика ПО для BIOS.

#### **4.2.2. Операционные системы**

Программы, организующие работу устройств и не связанные со спецификой решаемой задачи, вошли в состав комплекса программ, названного операционной системой.

*Операционная система* – совокупность программных средств, обеспечивающая управление аппаратной частью компьютера и прикладными программами, а также их взаимодействие между собой и пользователем.

ОС образует автономную среду, не связанную ни с одним из языков программирования. Любая же прикладная программа связана с ОС и может эксплуатироваться зачастую только на тех компьютерах,

где имеется аналогичная системная среда. Прикладные программные средства, разработанные в среде одной ОС, не могут быть использованы в среде другой ОС, если нет специального комплекса программ (конвертера), обеспечивающего такую преемственность.

*Назначение операционной системы.* Место ОС в структуре аппаратно-программных средств (АПС) компьютера показано на рис. 4.1.

Прикладные программы		
Интерпретаторы команд	Компиляторы	Редакторы
<b>Операционная система</b>		
Система команд		
Функциональные средства		
Аппаратные средства		

Рис. 4.1

Нижний уровень структуры составляют интегральные микросхемы, источники питания, дисководы и другие физические устройства.

Выше расположен уровень, на котором физические устройства рассматриваются с точки зрения функционально-логических связей. На этом уровне находятся внутренние регистры центрального процессора и арифметико-логическое устройство. Операции над данными выполняются в соответствии с тактовой частотой ЦП. В некоторых машинах эти операции осуществляются под управлением специальных средств, называемых микропрограммами. В других – с помощью аппаратуры. Некоторые операции выполняются за один такт работы ЦП, другие требуют нескольких тактов. Все операции составляют систему команд машины, а все данные имеют абсолютные значения адресов, по которым они хранятся в памяти. Система команд компьютера образует машинный язык.

Машинный язык содержит от 50 до 300 команд, по которым осуществляются преобразование, модификация и перемещения данных между устройствами. Управление устройствами на этом уровне осуществляется с помощью загрузки определенных данных в специальные регистры устройств. Например, при программировании ввода/вывода диску можно дать команду чтения, записав в его регистры адрес места на диске, адрес в основной памяти, число байтов для чтения и направление действия (чтение или запись). В действительности диску следует передавать большее количество параметров, а структура операции, возвращаемой диском, достаточно сложна. При этом очень важную роль играют временные соотношения.

*Операционная система* предназначена для того, чтобы скрыть от пользователя все эти сложности. Этот уровень АПС (рис. 4.1) является программным обеспечением, управляющим всеми электронными компонентами компьютера, распределяющим его ресурсы, организующим вычислительный процесс и предоставляющим пользователю удобный интерфейс, избавляющий его от необходимости непосредственного общения с аппаратурой. Действие чтения файла в этом случае становится намного более простым, чем когда нужно заботиться о перемещении головок диска, ждать, пока они установятся на нужное место, и т.д.

Над операционной системой в структуре АПС компьютера расположены остальные системные программы. Здесь находятся интерпретатор команд, системы окон, компиляторы и редакторы кода. Очень важно понимать, что такие программы не являются частью ОС. Под операционной системой обычно понимается то ПО, которое запускается в режиме ядра и защищается от вмешательства пользователя с помощью аппаратных средств. А компиляторы и редакторы запускаются в пользовательском режиме. Если пользователю не нравится какой-либо компилятор, он может выбрать другой или написать свой собственный, но он не может написать свой собственный обработчик прерываний, являющийся частью операционной системы и защищенный аппаратно от попыток его модифицировать.

Во многих ОС есть программы, которые работают в пользовательском режиме. Они помогают операционной системе выполнять специализированные функции. Например, программы, позволяющие пользователям изменять свои пароли. Эти программы не являются частью ОС и запускаются не в режиме ядра, но выполняемые ими функции влияют на работу системы. Такие программы также защищаются от воздействия пользователя.

Над системными программами (рис. 4.1) расположены прикладные программы. Обычно они покупаются или пишутся пользователем для решения собственных задач – обработки текста, работы с графикой, технических расчетов или создания системы управления базой данных.

Операционные системы выполняют две основные функции – расширение возможностей машины и управление ее ресурсами.

С точки зрения пользователя, ОС выполняет функцию виртуальной машины, с которой проще и легче работать, чем непосредственно с аппаратным обеспечением, составляющим реальный компьютер. Для программ ОС предоставляет ряд возможностей, которые они могут использовать с помощью специальных команд, называемых системными вызовами.



Концепция, рассматривающая ОС как удобный интерфейс пользователя, – это взгляд сверху вниз. Альтернативный взгляд снизу вверх дает представление об ОС как о механизме управления всеми частями компьютера. Современные компьютеры состоят из процессоров, памяти, дисков, сетевого оборудования, принтеров и огромного количества других устройств. В соответствии со вторым подходом работа ОС заключается в обеспечении организованного и контролируемого распределения процессоров, памяти и устройств ввода/вывода между различными программами, состоящими за право их использовать.

Операционные системы делятся:

- на однозадачные и многозадачные;
- одно- и многопользовательские;
- сетевые и несетевые.

Наиболее известны ОС семейства Windows, MS DOS, UNIX, LINUX.

#### **4.2.3. Операционные оболочки**

*Операционные оболочки* – специальные программы, предназначенные для облегчения общения пользователя с командами ОС. Операционные оболочки имеют текстовый и графический варианты пользовательского интерфейса, служат для расширения функций ОС и повышают уровень интерфейса с ЭВМ путем упрощения доступа к функциям ОС, уменьшая напряженность и сложность работы конечного пользователя.

С момента появления программы Norton Commander файловые менеджеры стали необходимым приложением на любом компьютере. Все они предназначены для разнообразной работы с файлами: копирования, переноса, удаления, редактирования текстовых файлов, гибкого запуска программ. В некоторых классификациях файловые менеджеры относят к служебным программам.

Самыми популярными файловыми менеджерами сегодня в России являются Total Commander и FAR Manager, работающие под управлением ОС Windows.

*FAR Manager* – Norton-подобный файл-менеджер, который может работать как в полноэкранном, так и в оконном режимах, поддерживает длинные имена файлов, корректно работает с русскими буквами, а встроенный редактор позволяет переключаться между DOS- и Windows-кодировками. Среди возможностей программы – определение размеров каталогов, вызов списка активных задач,

передача файлов через FTP-клиент, управление сетевыми и подключенными к ПК принтерами, подсветка синтаксиса в исходных текстах программ, поиск и замена символов одновременно во множестве файлов с применением регулярных выражений, средства переименования групп файлов с возможностью использования сложных составных масок, проверка орфографии при обработке текста в редакторе FAR и многое другое. Программа поддерживает большинство известных архивных форматов и позволяет архивировать и разархивировать, просматривать, редактировать и запускать на выполнение файлы из архивов. В системе предусмотрены развитая система управления горячими клавишами и очень большой набор встроенных функций, которые существенно расширяют возможности FAR Manager, дополняя и модифицируя их.

*Total Commander* продолжает традицию двухпанельных файловых менеджеров, но в большей степени ориентирован на Windows-интерфейс. Интерфейс *Total Commander* легко настраивается, позволяет просматривать содержимое носителей с использованием настраиваемых закладок. В итоге в рамках одной панели файл-менеджера можно открыть несколько директорий, каждая из которых будет представлена отдельной закладкой, а при переходе между закладками сохраняется состояние директории. Имеется поддержка архиваторов ZIP, ARJ, LZH, GZ, TAR, RAR и ACE и встроенный FTP-клиент. Наряду со стандартными возможностями, характерными для данного класса приложений, программа обладает целым рядом особенностей, которые способны существенно ускорить навигацию по дискам и папкам. К таким особенностям относятся: запоминание часто используемых каталогов, история последних посещенных каталогов, быстрый поиск, в том числе внутри файлов, многофункциональные возможности настройки горячих клавиш, удобная панель инструментов и др. Поддержка встроенных функций позволяет реализовать в *Total Commander* многие полезные возможности, такие как диспетчер задач, редактор реестра, временная панель, управление сервисами, работа с сетевыми папками, карманным компьютером, Linux-разделами и пр.

#### **4.2.4. Служебные программы**

*Служебные программы* (сервисное ПО) – дополнительно устанавливаемые программы, расширяющие функции ОС и используемые при работе или техническом обслуживании компьютера для выполнения вспомогательных функций.

Средства тестирования и диагностики используются для проверки работоспособности, правильности функционирования устройств компьютера и обнаружения неисправностей в процессе эксплуатации, указывают причину и место неисправности. Эти средства используются техническим персоналом, обслуживающим вычислительную технику. Результаты тестирования выводятся в наглядном виде, предоставляя необходимую информацию о состоянии узлов компьютера.

Средства расширения функций ОС достаточно многочисленны, их функциональные возможности определяются конкретным типом ОС. Средства данной группы могут быть реализованы как на уровне отдельных утилит, так и в виде специальных пакетов.

Утилиты – программы, служащие для выполнения вспомогательных операций обработки данных или обслуживания компьютеров (диагностики, тестирования аппаратных и программных средств, оптимизации использования дискового пространства, восстановления разрушенной на магнитном диске информации и т.д.).

Утилиты либо расширяют и дополняют соответствующие возможности ОС, либо решают самостоятельные задачи.

Утилиты позволяют повысить эффективность использования ЭВМ и удобство работы.

К стандартным утилитам относятся:

- антивирусные – предназначены для предотвращения заражения компьютерными вирусами и ликвидации последствий заражения вирусами;
- программы обслуживания дисков – служат для оптимизации дискового пространства, например дефрагментации;
- архиваторы данных – позволяют записывать информацию на дисках более плотно, объединять копии нескольких файлов в один архивный файл;
- обслуживания сети – реализуют протоколы обмена информацией и т.д.;
- и многие другие.

### **4.3. Инструментальное программное обеспечение**

Инструментальное ПО предназначено для создания оригинальных программных средств в любой проблемной области, включая СПО.

Процесс создания новых программ на языке машинных команд является низкопроизводительным. На практике большинство программ составляется на формальных языках программирования, которые более близки к математическому, следовательно, проще и производительней в работе, а перевод программ на язык машинных кодов осуществляет компьютер посредством инструментального программного

обеспечения. Под *языком программирования* понимают формализованный язык для описания алгоритма решения задачи на ЭВМ.

Текст алгоритма решения задачи, описанный средствами языка программирования, называется исходным модулем (ИМ).

Средством, осуществляющим перевод исходного модуля в последовательность команд ЭВМ, является специализированная программа.

Имеется два основных типа таких программ:

- компиляторы;
- интерпретаторы.

*Компилятор* транслирует (переводит) весь текст исходного модуля в машинный код, называемый объектным модулем (ОМ), за один непрерывный процесс.

Объектный модуль выполняться не может, т.к. содержит неразрешенные ссылки на другие модули или программы. Поэтому перед выполнением программы ее объектный модуль должен быть обработан специальными программами – редактором связей (Link), разрешающим все внешние ссылки и преобразующим ОМ в загрузочный модуль (ЗМ), и загрузчиком, определяющим для ЗМ абсолютные адреса в ОП, т.е. готовым для выполнения.

Таким образом, схема преобразования исходной программы в выполняемый загрузочный модуль имеет вид, представленный на рис. 4.2.

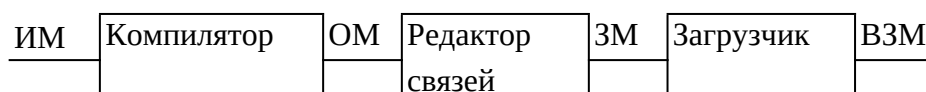


Рис. 4.2. Схема преобразования исходного модуля программы в загрузочный

К языкам компилирующего типа относятся Fortran, Algol, COBOL, Pascal, C и C++, PL/1.

В отличие от компилятора *интерпретатор* выполняет исходный модуль программы в режиме «оператор за оператором», по ходу превращая каждый оператор языка в машинные команды.

Языки интерпретирующего типа (Basic, Lisp, LOGO) больше подходят для разработки программ диалогового типа.

Для отладки программ используются различные средства – отладчики, трассировщики, позволяющие отслеживать выполнение программы в пооператорном режиме, идентифицировать место и вид

ошибки в программе, наблюдать за изменением значений переменных, выражений и т.п.

*Системы программирования* представляют собой интегрированные инструментальные средства, обеспечивающие все основные функции по разработке программ, а именно:

- создание и редактирование исходных модулей;
- компиляция и интерпретация;
- создание загрузочных модулей и их выполнение;
- отладка и тестирование;
- создание библиотек стандартных программ и т.д.

Типичными примерами программных систем являются Turbo Pascal и Borland C++ фирмы Borland.

#### **4.4. Прикладное программное обеспечение**

Прикладное ПО составляют пакеты прикладных программ (ППП), предназначенных для решения определенного круга задач из различных проблемных областей. Сюда же можно отнести все ПО, разработанное многочисленными пользователями.

ППП создаются для решения наиболее массовых задач, к которым относятся научно-технические, инженерные, экономические и другие.

Суть большинства ППП состоит в максимальном упрощении интерфейса ЭВМ – пользователь. Такие ППП можно классифицировать по группам, представленным в табл. 4.1.

*ППП общего назначения* ориентированы на широкий круг пользователей в различных проблемных областях, позволяют автоматизировать наиболее часто выполняемые операции. К пакетам такого типа относятся:

- текстовые процессоры – Microsoft Word, WordPerfect, TEX и др.;
- электронные таблицы – Microsoft Excel, SuperCalc;
- системы управления базами данных (СУБД) – Oracle, Microsoft SQL и др.;
- телекоммуникационные;
- и др.

*Проблемно-ориентированные ППП* имеют достаточно узкое применение, используя особые методы представления и обработки информации, учитывающие специфику поддерживаемых задач пользователя. Из пакетов данной группы можно отметить:

- графические – CorelDraw, Adobe PhotoShop;
- математические – MathCad;
- статистические – Statistica;

- издательские системы – Page Maker;
- проектирование и создание чертежей – AutoCAD.

*ППП, расширяющие функции ОС, составляют пакеты:*

- обеспечивающие сопряжение ЭВМ с научными системами и установками;
- обеспечивающие подключение к ЭВМ дополнительных вычислительных устройств, а также поддержку работы ЭВМ в локальных сетях и машинных комплексах;
- для расширения функций вычислительных устройств ЭВМ.

*Интегрированные ППП* объединяют функции ряда пакетов, как правило общего назначения. В таких пакетах обеспечивается полная информационная совместимость между отдельными прикладными программами. Типичным примером интегрированного ППП является Microsoft Office, объединяющий в себе текстовый процессор Microsoft Word, табличный процессор Microsoft Excel, средство создания презентаций Microsoft PowerPoint и др.

## Глава 5

### АРХИТЕКТУРА

### СОВРЕМЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

#### 5.1. Логические основы построения ЭВМ

Логические схемы (ЛС) составляют основу любой ЭВМ. Для описания ЛС, их синтеза и анализа широко используется математический аппарат алгебры логики (булевой алгебры), созданной Дж. Булем в 1854 г.

Алгебра логики – это раздел математики, изучающий высказывания, рассматриваемые со стороны их логических значений (истинности или ложности), определенных на множестве  $\{0,1\}$  и логических операций над ними.

Алгебра логики оперирует высказываниями. Логическое высказывание – это любое повествовательное предложение, в отношении которого можно однозначно сказать, истинно оно или ложно.

Использование алгебры логики позволяет:

- 1) удобно оперировать логическими выражениями, описывающими те или иные устройства и узлы, а не непосредственно схемами;
- 2) на этапе конструирования аппаратных средств алгебра логики позволяет значительно упростить логические функции, описывающие функционирование схем компьютера, и, следовательно, уменьшить число элементарных логических элементов, из десятков тысяч которых состоят основные узлы компьютера.

Использование операций алгебры логики в программном обеспечении микро-ЭВМ позволяет заменить аппаратную логику на программную, что является одним из применений микропроцессоров.

Таким образом, алгебра логики (булева алгебра) является основным средством анализа, разработки и описания структурно-функциональной архитектуры современной вычислительной техники.

#### 5.2. Логический базис булевой алгебры

Основными, или базовыми, операциями булевой алгебры служат:

- операция «логическое И» – логическое умножение или конъюнкция, обозначается символами  $\times^{\wedge}$ ,  $\&$ , символ операции разрешается опускать;

- операция «логическое ИЛИ» – логическое сложение или дизъюнкция, обозначается символами  $+, \vee, |$  ;
- операция «логическое НЕ» – логическое отрицание или инверсия, обозначается символами  $\neg x, \bar{x}$ .

*Аксиомы алгебры логики:*

1. Дизъюнкция двух переменных равна 1, если хотя бы одна из них равна 1, и равна 0, если обе переменные равны 0:

$$0 + 0 = 0;$$

$$0 + 1 = 1;$$

$$1 + 0 = 1;$$

$$1 + 1 = 1.$$

2. Конъюнкция двух переменных равна 0, если хотя бы одна переменная равна 0, и равна 1, если обе переменные равны 1:

$$0 \times 0 = 0;$$

$$0 \times 1 = 0;$$

$$1 \times 0 = 0;$$

$$1 \times 1 = 1.$$

3. Инверсия одного значения переменной совпадает с ее другим значением:

$$\bar{1} = 0;$$

$$\bar{0} = 1.$$

Набор логических операций {И, ИЛИ, НЕ} является функционально полным, поэтому он образует логический базис булевой алгебры.

Операции выполняются в следующем порядке: логическое отрицание, логическое умножение, логическое сложение. Порядок выполнения может быть изменен с помощью скобок.

*Формулы булевой алгебры.* С помощью логических переменных и символов логических операций любое высказывание можно формализовать, т.е. заменить логической формулой. Логические формулы – это составные логические высказывания. Дадим аксиоматическое определение понятия формулы:

1. Всякая логическая переменная и символы «истина» (1) и «ложь» (0) – формулы.

2. Если  $x$  и  $y$  – формулы, то  $\bar{x}, x \wedge y, x \vee y$  – формулы.

3. Никаких других формул в алгебре логики нет.

При структурно-функциональном описании Л используют понятие «логическая функция», а не понятие «логическая формула». Логическая функция может быть задана таблицей истинности или посредством логической формулы. Логические схемы, представленные одним из этих способов, называются комбинационными.

*Таблицы истинности булевых функций*



Таблица истинности для функции  $n$  переменных – таблица, состоящая из  $n+1$  столбцов и  $2^n$  строк, в которой в  $n$  столбцах слева перебираются все наборы значений переменных-аргументов, а в правом столбце записываются значения функции, вычисленные по каждой комбинации значений (табл. 5.1).

Таблица 5.1

	$x_1$	$x_2$	...	$x_n$	$f(x_1, x_2, \dots, x_n)$
0	0	0	...	0	$f(0, 0, \dots, 0)$
1	0	0	...	1	$f(0, 0, \dots, 1)$
...	...	...	...	...	...
$a$	$a_1$	$a_2$	...	$a_n$	$f(a_1, a_2, \dots, a_n)$
...	...	...	...	...	...
$2^n-1$	1	1	...	1	$f(1, 1, \dots, 1)$

**Пример.** Рассмотрим булеву функцию трех аргументов, называемую мажоритарной (*major* – больший), или функцией голосования: она принимает значение 1 на тех и только тех наборах, в которых единиц больше, чем нулей (табл. 5.2).

Таблица 5.2

$x_1$	$x_2$	$x_3$	$f(x_1, x_2, x_3)$
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Очевидно, что левая часть таблицы истинности постоянна для всех функций с одинаковым числом аргументов. Поэтому, задавая несколько таких функций, можно не повторять левую часть таблицы, а в ее правой части перечислить столбцы значений всех функций.

**Пример.** Булевы функции  $f_1(x_1, x_2)$ ,  $f_2(x_1, x_2)$ ,  $f_3(x_1, x_2)$  могут быть заданы общей таблицей (табл. 5.3).

Таблица 5.3

$x_1$	$x_2$	$f_1$	$f_2$	$f_3$
0	0	0	0	1
0	1	0	1	0
1	0	1	1	1
1	1	1	0	1

Теорема о числе булевых функций. **Число различных булевых функций, зависящих от  $n$  переменных, равно  $2^{2^n}$ .**

В табл. 5.4 приведена таблица истинности для логической функции  $f(x, y, z) = y + x \times z = y \vee x \wedge z$ .

Таблица 5.4

$x$	$y$	$z$	$f(x, y, z)$
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

*Законы алгебры логики* дают правила преобразования одних логических формул в другие (табл. 5.5).

Таблица 5.5

№	Название закона	Содержание
1	«Нуля и единицы»	$x + 0 = x$ ; $x \times 0 = 0$ ; $x + 1 = 1$ ; $x \times 1 = x$
2	Двойного отрицания	$\overline{\overline{x}} = x$
3	Противоречия	$x \times \overline{x} = 0$
4	Исключенного третьего	$x + \overline{x} = 1$
5	Идемпотентности (равносильности)	$x + x = x$ ; $x \times x = x$
6	Законы де Моргана	$\overline{x + y} = \overline{x} \times \overline{y}$ ; $\overline{x \times y} = \overline{x} + \overline{y}$
7	Коммутативности	$x \times y = y \times x$ ; $x + y = y + x$
8	Ассоциативности	$xyz = (xy)z = x(yz)$ ; $x + y + z = (x + y) + z = x + (y + z)$

Окончание табл. 5.5

№	Название закона	Содержание
9	Дистрибутивности	$x(y + z) = xy + xz;$ $x + (yz) = (x + y)(x + z)$
10	Поглощения	$x + xy = x;$ $x(x + y) = x$
11	Блейка-Порецкого	$x + \bar{x}y = x + y;$ $x(\bar{x} + y) = xy$
12	Склеивания	$xy + x\bar{y} = x;$ $(x + y)(x + \bar{y}) = x$
13	Обобщенного склеивания	$xy + \bar{y}z = xy + \bar{y}z + xz$

Данные законы применимы для выражений, содержащих только операции {И, ИЛИ, НЕ}. Чаще всего формулы записываются с использованием этого базиса. Такая форма записи называется **нормальной**.

Для выражений, содержащих другие операции, эти преобразования могут не быть тождественными, а следовательно, не могут являться законами. Например, выражения  $x(y \sim z)$  и  $xy \sim xz$  не являются равносильными, хотя преобразование выполнено якобы согласно закону дистрибутивности (доказательство неравносильности выражений предоставляется читателю).

*Обратите внимание!* Следует понимать, что:

1. Если выражения  $A$  и  $B$  тождественны, то возможно построить цепь тождественных преобразований от  $A$  к  $B$  или от  $B$  к  $A$ . Верно и обратное.

2. Если выражения  $A$  и  $B$  не тождественны, то невозможно перейти от формулы  $A$  к формуле  $B$  путем равносильных преобразований. Однако обратное неверно: если вы не смогли путем тождественных преобразований перейти от формулы  $A$  к формуле  $B$ , то это не значит, что они неравносильны (например, была неверно построена цепь рассуждений).

Поэтому доказательством, однозначно указывающим на тождественность или нетождественность двух формул, может служить только таблица истинности.

*Примеры доказательства законов.* Приведем несколько примеров. Будем помечать названия законов над выражениями, для которых они применяются.

Докажем закон поглощения, используя законы «нуля и единицы» и закон дистрибутивности. Конечно, предварительно необходимо доказать используемые законы, но мы будем считать, что это уже сделано:

$$F = x + x \cdot y = x \cdot 1 + x \cdot y = x \cdot (1 + y) = x \cdot 1 = x$$

"0 и 1"      дистрибутивный      "0 и 1"      "0 и 1"

Докажем закон Блейка-Порецкого:

$$F = x + \bar{x}y = (x + \bar{x}) \cdot (x + y) = 1 \cdot (x + y) = x + y$$

дист. б.т.      исключ. третьего      "0 и 1"

Обратите внимание на законы дистрибутивности, использованные в доказательствах. С первым из них читатель уже знаком, т.к. он полностью повторяет одноименный закон из школьного курса математики, однако второй используется только в логике, он был использован во втором доказательстве.

Примеры упрощения формул:

$$F = x \cdot y + \bar{x} \cdot y + \bar{x} \cdot \bar{y} = x \cdot y + \bar{x} \cdot y + \bar{x} \cdot y + \bar{x} \cdot \bar{y} = y + \bar{x}$$

идемпот.      склеивания      склеивания

Здесь закон идемпотентности был применен «справа налево», т.е. вместо одного «слагаемого» было записано два одинаковых:

$$F = \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z + \bar{x} \cdot y \cdot z = \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z + \bar{x} \cdot y \cdot z = \bar{x} \cdot \bar{y} + \bar{x} \cdot z$$

$$F = (x \cdot \bar{y} + z) \cdot (\bar{x} + y) + \bar{z} = x \cdot \bar{y} \cdot \bar{x} + x \cdot \bar{y} \cdot y + z \cdot \bar{x} + z \cdot y + \bar{z} =$$

$$= x \cdot \bar{x} \cdot \bar{y} + 0 + z \cdot \bar{x} + \bar{z} + \bar{z} + z \cdot y =$$

$$= 0 + 0 + \bar{x} + \bar{z} + \bar{z} + y = x + y + z$$

дистрибутивност.      коммутат.      противоречия      идемпот.  
"0 и 1"      Блейка-Порецкого      Блейка-Порецкого  
противоречия      идемпот.

Особое внимание следует обратить на применение законов де Моргана (в примерах далее использование данных законов помечено "де М.").

Тривиальный пример:

$$F = \bar{x} + \overline{x + y} = \bar{x} + \bar{x} \cdot \bar{y} = \bar{x}$$

де Мор.      поглощения

Теперь приведем формулу, содержащую под отрицанием выражение с отрицанием, которую можно упростить двумя способами:

### Реализация первого способа:

$$F = \overline{y \cdot xy} = \overline{y} + \overline{xy} = \overline{y} + \overline{x} \cdot \overline{y} = \overline{y} + \overline{x}$$

де Мор.

двойн.  
отриц.

Блейка-  
Порецкого

$$F = \overline{y \cdot \overline{xy}} = \overline{y \cdot (\overline{x} + \overline{y})} = \overline{y \cdot \overline{x} + 0} = \overline{y \cdot \overline{x}} = \overline{y} + x.$$

*de Mop.*
*de Mop.*

Еще пара примеров для того же закона:

$$F = \overline{x \cdot (y + z)} = \overline{x} + \overline{y \cdot z} ;$$

$$F = \overline{x + yz} = \overline{x} \cdot (\overline{y} + \overline{z}) .$$

Еще одной особенностью использования законов в качестве инструмента упрощения формул является то, что в результате различного хода рассуждений по упрощению могут получиться различные формулы, каждая из которых не поддается дальнейшему упрощению.

Упрощение 1:

$$F_1 = \overline{A}\overline{B}C + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C} + ABC = \overline{A}\overline{B}C + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C} + ABC + \overline{A}\overline{B}C + A\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + ABC = \overline{A}C + A\overline{C} + BC.$$

Упрощение 2:

$$F_2 = \overline{A}\overline{B}C + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C} + AB\overline{C} + ABC = \overline{A}\overline{B}C + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C} + AB\overline{C} + ABC = \overline{A}C + A\overline{C} + AB.$$

Все преобразования выполнены с использованием приведенных выше законов, однако, как можно заметить, формулы  $F_1$  и  $F_2$  различаются вторым слагаемым, но обе формулы не могут быть далее упрощены. Кроме того, если построить таблицы истинности для всех трех функций, можно увидеть, что  $F = F_1 = F_2$ .

### 5.3. Логические элементы

Булева алгебра позволяет не только проводить анализ ЛС, описываемых таблицей истинности или логическими выражениями, но и синтезировать их из более простых.

*Логический элемент* (элементарная логическая схема, вентиль) – часть электронной логической схемы, которая реализует элементарную логическую функцию.

Так как набор логических операций {«И», «ИЛИ», «НЕ»} является универсальным (функционально полным), т.е. на его основе можно представить любую логическую функцию, то соответствующий ему набор вентилях также будет универсальным.

К основным логическим элементам современных вычислительных устройств относятся электронные схемы, реализующие операции «И», «ИЛИ», «НЕ», а также «И-НЕ», «ИЛИ-НЕ» и др., и триггер. С помощью этих схем можно реализовать любую логическую функцию, описывающую работу устройств компьютера. Входные и выходные сигналы, соответствующие двум логическим состояниям в логических элементах – 1 и 0, имеют один из двух установленных уровней напряжения. Высокий обычно соответствует значению «истина» (1), а низкий – значению «ложь» (0).

Каждый логический элемент имеет свое условное обозначение, которое выражает его логическую функцию. Работу логических элементов описывают с помощью таблиц истинности.

Схема «И» реализует конъюнкцию двух или более логических значений. Условное обозначение схемы «И» с двумя входами и таблица истинности приведены на рис. 5.1, а. Связь между выходом этой схемы

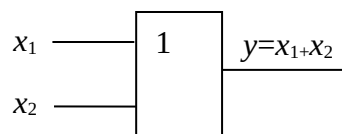
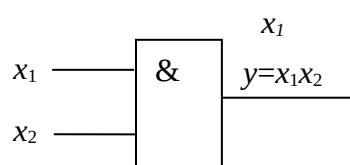
$y$  и входами  $x_1$  и  $x_2$  записывается как  $y = x_1 \& x_2$  и читается как « $x_1$  и  $x_2$ ». Операция конъюнкции обозначается на схемах знаком  $\&$  (амперсанд), являющимся сокращенной записью английского слова «and».

Схема «ИЛИ» реализует дизъюнкцию двух или более логических значений. Условное обозначение схемы «ИЛИ» с двумя входами и таблица истинности приведены на рис. 5.1, б. Связь между выходом этой схемы  $y$  и входами  $x_1$  и  $x_2$  записывается как  $y = x_1 + x_2$  и читается как « $x_1$  или  $x_2$ ». Когда на входе этой схемы будет хотя бы одна 1, на ее выходе также будет 1. Знак «1» на схеме соответствует обозначению, т.е. значение дизъюнкции равно 1, если сумма операндов больше или равна 1.

Схема «НЕ» (инвертор, рис. 5.1, в) реализует операцию отрицания. Связь на входе читается как «инверсия  $x$ ».

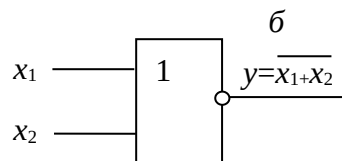
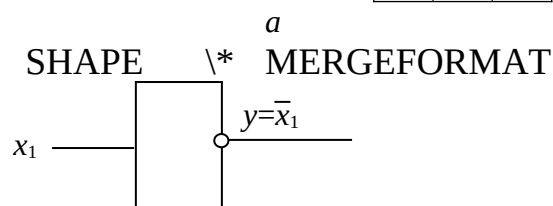
Схема «ИЛИ-НЕ» (рис. 5.1, г) состоит из элемента «ИЛИ» и инвертора и осуществляет отрицание результата схемы «ИЛИ». Связь читается как «инверсия  $x_1$  или  $x_2$ ».

Схема «И-НЕ» (рис. 5.1, д) состоит из элемента «И» и инвертора и осуществляет отрицание результата схемы «И». Связь читается как «инверсия  $x_1$  и  $x_2$ ».



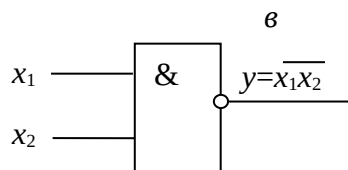
$x_2$	$y$	
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

$x_1$	$x_2$	$y$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



$x$	$y$
0	1
1	0

$x_1$	$x_2$	$y$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



$x_1$	$x_2$	$y$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

д

Рис. 5.1. Условные обозначения  
и таблицы истинности основных логических схем

*Триггер* – электронное устройство с двумя устойчивыми состояниями равновесия, соответствующими логической единице или логическому нулю, способное многократно переходить из одного состояния в другое под воздействием внешних сигналов. В отличие от рассмотренных выше схем триггеры – это логические устройства с памятью. Выходные сигналы триггеров зависят от входных сигналов, действующих в настоящий момент, и от входных сигналов, действовавших на входы до этого.

#### 5.4. Принципы Дж. фон Неймана

Большинство современных ЭВМ строится на базе принципов, сформулированных американским ученым Дж. фон Нейманом:

1. Основными блоками фон-неймановской машины являются блок управления, арифметико-логическое устройство, память и устройство ввода/вывода.

2. Информация кодируется в двоичной форме и разделяется на единицы, называемые словами.

3. Алгоритм представляется в форме последовательности управляющих слов, которые определяют смысл операции. Эти управляющие слова называются командами. Совокупность команд, представляющая алгоритм, называется программой.

4. Программы и данные хранятся в одной и той же памяти.

5. Устройства управления и арифметическое устройство обычно объединяются в одно, называемое центральным процессором (ЦП).

Принципы фон-Неймана практически можно реализовать множеством различных способов. Перед тем как описать принципы функционирования ЭВМ, введем несколько определений.



*Архитектура ЭВМ* – абстрактное определение машины в терминах основных функциональных модулей, языка, структур данных. Архитектура не определяет особенности реализации аппаратной части ЭВМ, времени выполнения команд, степени параллелизма, ширины шин и других аналогичных характеристик. Она отображает видимые для пользователя характеристики ЭВМ: систему команд, режимы адресации, форматы данных, набор программно-доступных регистров. Другими словами, термин «архитектура» используется для описания возможностей, предоставляемых ЭВМ.

Часто также употребляется термин «*конфигурация ЭВМ*», под которым понимается состав и компоновка функциональных элементов вычислительного устройства с четким определением характера, количества, взаимосвязей и основных их характеристик.

Термин «*организация ЭВМ*» определяет, как реализованы возможности ЭВМ.

### **5.5. Программное управление ЭВМ**

*Команда* – совокупность сведений, необходимых процессору для выполнения определенного действия при выполнении программы.

Команда состоит из кода операции, содержащего указание на операцию, которую необходимо выполнить, и нескольких адресных полей, содержащих указание на места расположения операндов команды (данных, над которыми должна быть произведена операция с указанным кодом).

Множество команд, реализованных в данной ЭВМ, образует ее *систему команд*.

Алгоритм решения задачи, заданный в виде последовательности команд на языке вычислительной машины (в кодах машины), называется *машинной программой*.

*Состав машинных команд*. Современные ЭВМ автоматически выполняют несколько сотен различных команд. Все машинные команды можно разделить на группы по видам выполнения операций:

- операции пересылки информации внутри ЭВМ;
- арифметические операции над информацией;
- логические операции над информацией;
- операции обращения к внешним устройствам ЭВМ;
- операции передачи управления;
- обслуживающие и вспомогательные операции.

Команды передачи управления служат для изменения естественного порядка выполнения команд. К ним относятся операции

безусловной передачи управления и операции условной передачи управления.

Как правило, система команд современных ЭВМ использует несколько типов адресации: прямая, относительная, непосредственная, регистровая, косвенная, стековая и т.д.

Развитие архитектуры ЭВМ в сторону расширения системы команд и приближения их к операторам языков высокого уровня порождает ряд нежелательных явлений, вплоть до невозможности реализации процессора на одном кристалле.

Альтернативным подходом в создании высокопроизводительных ЭВМ и персональных компьютеров является использование так называемой RISC-архитектуры (компьютер с сокращенным набором команд).

Такой подход состоит в использовании наиболее часто используемых команд (определенных на основе статистического анализа большого числа программ для основных предметных областей), позволяя упрощать аппаратные схемы процессора и повышать его производительность. Типичная RISC-архитектура характеризуется набором команд от 30 до 120.

## **5.6. Функционально-структурная организация ЭВМ**

### **5.6.1. Элементы организации основных блоков ЭВМ**

Рассмотрим элементы организации основных блоков современных ЭВМ, принимая за основу общую модель некоторой формальной ЭВМ. Такой подход позволяет с единых позиций рассмотреть общие принципы функционирования ЭВМ, не отвлекаясь на специфические архитектурные особенности, присущие ЭВМ различных классов и типов. В ЭВМ выделяют следующие основные компоненты (рис. 5.2):

- центральный процессор (ЦП);
- оперативную память (ОП);

- систему ввода/вывода, включающую в общем случае каналы ввода/вывода и/или контроллеры и внешние устройства.

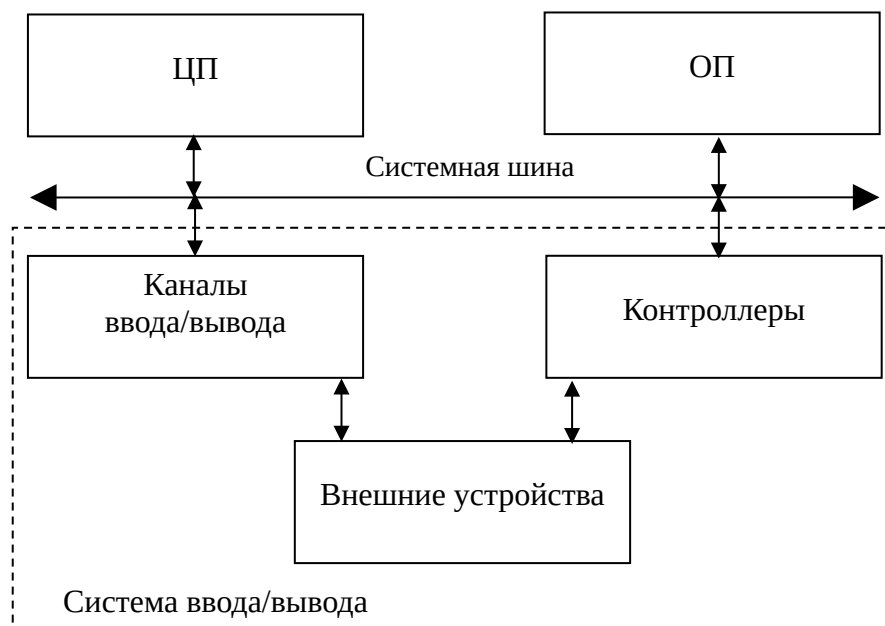


Рис. 5.2. Общая структура формальной ЭВМ

### 5.6.2. Архитектурная организация процессора ЭВМ

Процессор занимает в архитектуре ЭВМ центральное место, осуществляя управление взаимодействием всех основных компонент, входящих в состав ЭВМ. Он непосредственно осуществляет обработку информации и программное управление данным процессом.

В состав ЦП входят следующие устройства, описанные ниже.

*Устройство управления (УУ)* формирует и подает во все блоки машины в нужные моменты времени определенные сигналы управления (управляющие импульсы).

УУ координирует функционирование всех устройств ЭВМ посредством посылки управляющих сигналов.

*Регистровая память (РП)* содержит регистры сверхоперативной памяти (более высокого быстродействия, чем ОП) небольшого объема. РП служит для кратковременного хранения, записи и выдачи информации, непосредственно используемой в вычислениях в ближайшие такты работы ЦП. Регистры – ячейки памяти различной длины, выполненные, как правило, в виде быстродействующих полупроводниковых интегральных запоминающих устройств.

*Арифметико-логическое устройство (АЛУ)* служит для выполнения арифметических и логических операций над данными,

поступающими из ОП и хранящимися в РП, и работает под управлением УУ.

АЛУ выполняет арифметические операции над двоичными числами с фиксированной и плавающей точками, над десятичными числами и другого типа информацией.

Логические операции производятся над отдельными битами, байтами и их последовательностями. Результат сохраняется в специальном регистре – сумматоре, являющемся основным регистром для арифметико-логических операций.

*Интерфейсный блок* обеспечивает обмен информацией с ОП и защиту участков ОП от несанкционированного для текущей программы доступа, а также связь ЦП с периферийными устройствами и другими внешними (по отношению к нему) устройствами (ВУ), в качестве которых могут выступать другие процессоры и ЭВМ.

### **5.6.3. Организация памяти ЭВМ**

Под памятью понимаются устройства, служащие для запоминания и представления информации. Такие устройства называются также запоминающими устройствами (ЗУ).

Организация и характеристики (объем и время доступа) имеющейся в ЭВМ памяти в значительной мере определяют ее производительность и вычислительные возможности.

Память современных ЭВМ в общем случае имеет многоуровневую организацию:

*Внутренняя память:*

- сверхоперативная (СВОП);
- кэш-память;
- постоянное ЗУ (ПЗУ);
- ОП, или оперативное запоминающее устройство (ОЗУ);

*Внешняя память:*

- накопители на магнитных дисках (НМД);
- накопители на гибких магнитных дисках (НГМД);
- накопители на магнитных лентах (НМЛ);
- накопители на оптических дисках и др.

ПЗУ используется для хранения неизменной информации: загрузочных программ операционной системы, программ тестирования устройств компьютера и некоторых драйверов базовой системы ввода/вывода (BIOS). Из ПЗУ можно только считывать информацию.

ПЗУ – энергонезависимое устройство, т.е. при выключении электричества информация не теряется.

*Кэш-память* представляет из себя новый, нетрадиционный тип внутренней памяти ЭВМ, время доступа к которой значительно меньше (не более нескольких десятков наносекунд), чем к ОП. Кэш-память используется для хранения наиболее часто используемых программ и данных, реализуя таким образом своего рода связующий буфер между быстрыми устройствами ЦП и более медленной ОП.

ОЗУ служит для хранения информации (программы, данные, промежуточные и конечные результаты), непосредственно обеспечивающей текущий вычислительный процесс в АЛУ и УУ процессора и является энергозависимой.

#### **5.6.4. Организация системы сопряжения ЭВМ**

Система сопряжения обеспечивает интерфейс центральной части ЭВМ с внешней средой или периферией (внешняя память, устройства ввода/вывода, удаленные терминалы, другие ЭВМ и т.д.). Выделяют две большие группы периферийных устройств:

- внешние ЗУ;
- внутренние ЗУ.

*Интерфейс* – совокупность линий и шин, управляющих сигналов, электронных схем и протоколов связи, предназначенная для обеспечения обмена информацией между устройствами.

Существует два варианта организации внутримашинного интерфейса:

- многосвязный интерфейс (канальная организация ЭВМ) – каждое устройство связано с прочими устройствами посредством персонального канала (специализированного процессора);
- односвязный интерфейс (шинная организация ЭВМ) – каждое устройство связано с прочими устройствами посредством общей или так называемой системной шины. Такой интерфейс используется в подавляющем большинстве современных персональных компьютеров.

*Шина* – многопроводная линия, к которой подключаются процессор, ОП, периферийные устройства.

Разрядность шины (существуют шины 8-, 16-, 32- и 64-разрядные) и тактовая частота, на которой она работает, определяют ее пропускную способность.

### 5.6.5. Система внешних устройств ЭВМ

*Внешняя память (ВП)* обеспечивает расширение возможностей ЭВМ по обработке информации, предоставляя в распоряжение пользователя устройства для хранения больших объемов информации.

ВП реализуется устройствами, которые можно разделить на две группы:

- устройства с прямым доступом (например, НГМД и НМД) – более быстрые;
- устройства с последовательным доступом (например, НМЛ) – более медленные.

НМЛ могут оформляться либо в виде бабин, либо в виде кассетной магнитной ленты – картриджи или стримеры.

По режиму эксплуатации НМД делятся на стационарные и съемные. В персональных ЭВМ в качестве ВП используются стационарные НМД типа винчестер, емкость которых измеряется десятками Гбайт.

НГМД (дискеты размера 5.25/3.5 дюйма) являются сменными и служат как для хранения, так и для транспортировки программ и данных, в настоящее время практически вышли из обращения.

В настоящее время очень широко используются оптические диски (CD-ROM), которые делятся по режиму использования на диски «только для чтения», т.е. с однократной записью и «чтение/запись», т.е. с возможностью многократной перезаписи (до нескольких тысяч).

*Устройства ввода/вывода информации в ЭВМ.* К устройствам ввода информации относятся:

- клавиатура – устройство для ручного ввода числовой, символьной и управляющей информации в ЭВМ; ручного ввода графической информации в ЭВМ;
- графические планшеты (дигитайзеры) – устройства для ручного ввода графической информации в ЭВМ;
- сканеры – для автоматического считывания информации с бумажных носителей и ввода в компьютер машинописных текстов, графиков, рисунков, чертежей;
- манипуляторы – устройства управления курсором (джойстик, мышь, трекбол);
- сенсорные экраны – для ввода отдельных элементов изображения или управляющих команд в ЭВМ путем прикосновения к определенному месту экрана пальцем или другим предметом;
- цифровые фотокамеры.

*К устройствам вывода информации относятся:*

- принтеры – печатающие устройства для регистрации информации на бумажный носитель;
- графопостроители (плоттеры) – для вывода графической информации (графиков, чертежей, рисунков) на бумажный носитель;
- микрофиши и микрофильмы – для быстрого вывода информации большого объема с помощью специализированного проекционного оборудования. Используются в библиотечном и архивном деле;
- устройства вывода звуковой информации: синтезаторы, музыкальные платы, звукогенераторы и пр.

## 5.7. Классификация ЭВМ

В современной вычислительной технике основой представления информации являются электрические сигналы, допускающие в случае использования напряжения постоянного тока две формы представления – аналоговую и дискретную.

*По принципу действия* вычислительные машины делятся на три больших класса:

- аналоговые;
- цифровые;
- гибридные.

Аналоговая вычислительная машина (АВМ) – это машина, оперирующая информацией, представленной в виде непрерывных изменений некоторых физических величин. При этом в качестве физических переменных используются сила тока электрической цепи, угол поворота вала, скорость и ускорение движения тела и т.п.

АВМ весьма просты и удобны в эксплуатации. Программирование задач для них, как правило, нетрудоемкое. Скорость решения задач изменяется по желанию оператора и может быть сколь угодно большой, однако точность решения задач довольно низкая.

АВМ наиболее эффективно использовать для решения математических задач, содержащих дифференциальные уравнения, не требующие сложной логики: моделирование в гидро- и аэродинамике, управление непрерывными процессами, исследование динамики электромагнитных полей и др.

АВМ не могут решать задачи, связанные с хранением и обработкой большого объема информации различного характера, а также для решения вычислительных задач с высокой точностью и многих других.

С такими задачами с легкостью справляются цифровые вычислительные машины (ЦВМ).

Положительные черты обоих типов совмещают гибридные вычислительные машины (ГВМ), включающие в себя как аналоговые, так и дискретные устройства обработки информации.

ГВМ целесообразно использовать для решения задач управления сложными быстродействующими комплексами.

*По этапам создания и используемой элементной базе ЭВМ делятся на поколения:*

I поколение – 50-е гг., ЭВМ на электронных вакуумных лампах;

II поколение – 60-е гг., на дискретных полупроводниковых приборах (транзисторах);

III поколение – 70-е гг., ЭВМ на полупроводниковых интегральных схемах с малой и средней степенью интеграции (сотни – тысячи транзисторов в одном корпусе);

IV поколение – 80-е гг., ЭВМ на больших и сверхбольших интегральных схемах – микропроцессорах (десятки тысяч – миллионы транзисторов в одном кристалле);

V поколение – 90-е гг., ЭВМ с многими десятками параллельно работающих микропроцессоров, позволяющих строить эффективные системы обработки знаний (ЭВМ на сверхсложных микропроцессорах, одновременно выполняющих десятки последовательных команд программы);

VI и последующие поколения – оптоэлектронные ЭВМ с массовым параллелизмом и нейронной структурой (с распределенной сетью большого числа (десятки тысяч) несложных микропроцессоров, моделирующих архитектуру нейронных биологических систем.

*По назначению ЭВМ можно разделить на три группы:*

- универсальные;
- проблемно-ориентированные;
- специализированные.

Универсальные ЭВМ предназначены для решения самых различных инженерных задач: экономических, математических, информационных и др., отличающихся сложностью алгоритмов и большим объемом обрабатываемых данных.

Проблемно-ориентированные ЭВМ служат для решения более узкого круга задач, связанных, как правило, с управлением технологическими объектами. Они обладают ограниченными по сравнению с универсальными ЭВМ аппаратными и программными ресурсами.

Специализированные ЭВМ используются для решения узкого круга задач или реализации строго определенной группы функций. Такая узкая направленность ЭВМ позволяет четко специализировать их



структуру, существенно снизить их сложность и стоимость при сохранении высокой производительности и надежности работы. К специализированным ЭВМ можно отнести программируемые микропроцессоры специального назначения, адаптеры, контроллеры и другие устройства.

*По размерам и функциональным возможностям ЭВМ делят:*

- на супер-ЭВМ и большие ЭВМ;
- малые ЭВМ;
- мини-ЭВМ;
- микро-ЭВМ.

Данная классификация частично соотносится с классификацией по этапам создания ЭВМ.

Супер-ЭВМ, являющиеся развитием больших ЭВМ – самые мощные вычислительные машины, используемые для решения таких задач, как прогнозирование метеообстановки, моделирование экологических систем и др.

Малые ЭВМ используются чаще всего для управления технологическими процессами.

Мини-ЭВМ – вычислительная машина, относящаяся по архитектуре, размерам и стоимости к классу малых ЭВМ, но по производительности сравнимая с большой ЭВМ.

Изобретение в 1969 г., микропроцессора (МП) привело к появлению в 70-х гг. еще одного класса ЭВМ – микро-ЭВМ, Сейчас МП используется во всех без исключения классах ЭВМ.

В свою очередь, микро-ЭВМ делятся в классе универсальных ЭВМ на многопользовательские и однопользовательские (персональные).

Многопользовательские микро-ЭВМ – это мощные микро-ЭВМ, оборудованные несколькими видеотерминалами и функционирующие в режиме разделения времени, что позволяет эффективно работать на них сразу нескольким пользователям.

В классе специализированных ЭВМ микро-ЭВМ делятся на серверы и рабочие станции.

Персональные компьютеры (ПК) – однопользовательские микро-ЭВМ, удовлетворяющие требованиям общедоступности и универсальности применения.

Рабочие станции представляют из себя однопользовательские мощные микро-ЭВМ, специализированные для выполнения определенного вида работ (графических, инженерных, издательских и др.).

Серверы – многопользовательские мощные микро-ЭВМ в вычислительных сетях, выделенные для обработки запросов от всех станций сети.

Приведенная классификация весьма условна, т.к. современный компьютер, оснащенный проблемно-ориентированным программным и аппаратным обеспечением, может использоваться и как рабочая станция, и как многопользовательская микро-ЭВМ, и как сервер, по своим характеристикам не уступающий малым ЭВМ.

*Тенденции развития вычислительных систем.* При разработке и создании собственно ЭВМ существенный и устойчивый приоритет в последние годы имеют работы по миниатюризации супер-ЭВМ и созданию сверхминиатюрных ПК.

В плане создания принципиально новых архитектур вычислительных средств большое внимание уделяется проектам нейрокомпьютеров, базирующихся на понятии *нейронная сеть* как связующей архитектуры элементов компьютера.

В частности, в нейрокомпьютерах могут использоваться уже имеющиеся специализированные сетевые МП – транспьютеры.

Транспьютер – микропроцессор сети со встроенными средствами связи. Промышленный выпуск нейрокомпьютеров и нейрочипов, включая их программное обеспечение, ведется с конца 80-х гг., однако они пока ориентированы на сугубо научные исследования.

Особое место также занимают исследования проблемы интеллектуализации интерфейса пользователя с ЭВМ, включающей задачу речевого интерфейса, предоставляющего возможность общения с компьютером на естественном языке.

Другой аспект интеллектуализации ЭВМ связан с созданием определенных архитектур ЭВМ, используемых в системах управления базами знаний – машин баз знаний.

## **5.8. Формы представления и преобразования информации**

### **5.8.1. Кодирование и декодирование информации**

При любых видах работы с информацией всегда идет речь о ее представлении в виде определенных символических структур.

Наиболее распространены одномерные представления информации, при которых сообщения имеют вид последовательности символов. Однако широко используется и многомерное ее представление.

Представление информации происходит в различных формах в процессе восприятия окружающей среды живыми организмами и человеком, в процессах обмена информацией между человеком и человеком, человеком и компьютером, компьютером и компьютером и т.д. Преобразование информации из одной формы представления (знаковой системы) в другую называется *кодированием*.

В узком смысле под кодированием понимается переход от исходного представления информации, удобного для восприятия человеком, к представлению, удобному для хранения, передачи и обработки.

Обратный переход к исходному представлению называется *декодированием*.

Средством кодирования служит таблица соответствия знаковых систем, которая устанавливает взаимно однозначное соответствие между знаками или группами знаков двух различных знаковых систем.

В процессе обмена информацией часто приходится производить операции кодирования и декодирования информации. При вводе знака алфавита в компьютер путем нажатия соответствующей клавиши на клавиатуре происходит кодирование знака, т.е. преобразование его в компьютерный код. При выводе знака на экран монитора или принтер происходит обратный процесс – декодирование, когда из компьютерного кода знак преобразуется в его графическое изображение.

Рассмотрим в качестве примера кодирования соответствие цифрового и штрихового кодов товара. Такие коды имеются на каждом товаре и позволяют полностью идентифицировать товар (страну и фирму производителя, тип товара и др.).

Знакам цифрового кода (цифрам) соответствуют группы знаков штрихового кода (узкие и широкие штрихи, а также размеры промежутков между ними). Для человека удобен цифровой код, а для автоматизированного учета – штриховой код, который считывается с помощью узкого светового луча и подвергается последующей обработке в компьютерных бухгалтерских системах учета.

При кодировании информации ставятся следующие цели:

- удобство физической реализации;
- удобство восприятия;
- высокая скорость передачи и обработки;
- экономичность, т.е. уменьшение избыточности сообщения;
- надежность, т.е. защита от случайных искажений;
- сохранность, т.е. защита от нежелательного доступа к информации.

Эти цели часто противоречат друг другу, например, экономичность требует уменьшения избыточности сообщения, а надежность достигается только благодаря этой самой избыточности.

На разных этапах обработки информации достигаются разные цели, и поэтому информация неоднократно перекодируется.

Для манипулирования информацией, представленной в ЭВМ, предназначено запоминающее устройство (или память) ЭВМ.

Информация в памяти ЭВМ записывается в форме цифрового двоичного кода. В компьютере для представления информации используется двоичное кодирование, т.к. удалось создать надежно работающие технические устройства, которые могут со стопроцентной надежностью сохранять и распознавать не более двух различных состояний (цифр):

- электромагнитные реле (замкнуто/разомкнуто), широко использовались в конструкциях первых ЭВМ;
- участок поверхности магнитного носителя информации (намагничен/размагничен);
- участок поверхности лазерного диска (отражает/не отражает);
- триггер, может устойчиво находиться в одном из двух состояний, широко используется в оперативной памяти компьютера.

Все виды информации в компьютере кодируются на машинном языке в виде логических последовательностей нулей и единиц (рис. 5.3).

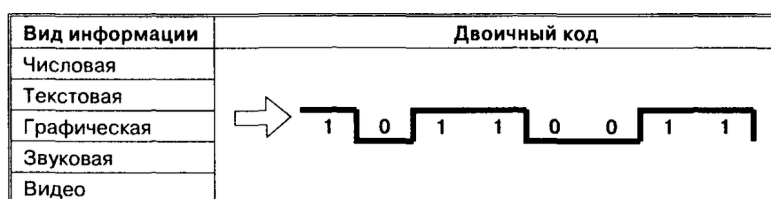


Рис. 5.3. Двоичное кодирование информации

Информация в компьютере представлена в двоичном коде, алфавит которого состоит из двух цифр (0 и 1).

Цифры двоичного кода можно рассматривать как два равновероятных состояния (события). При записи двоичной цифры реализуется выбор одного из двух возможных состояний (одной из двух цифр), и, следовательно, она несет количество информации, равное 1 биту.

Количество информации, которое может помещаться в один элемент (0 или 1), называемое *битом*, очень мало и не несет никакой смысловой нагрузки. Однако если соединить несколько таких элементов

в ячейку, то тогда можно сохранить в запоминающем устройстве столько информации, сколько потребуется.

Важно, что каждая цифра машинного двоичного кода несет информацию в 1 бит. Таким образом, две цифры несут информацию в 2 бита, три цифры – в 3 бита и т.д. Количество информации в битах равно количеству цифр двоичного машинного кода.

Последовательность битов, рассматриваемых аппаратной частью ЭВМ как единое целое, называется *машинным словом*.

### 5.8.2. Единицы измерения количества информации

За единицу количества информации принимается такое количество информации, которое содержит сообщение, уменьшающее неопределенность в два раза. Единица измерения количества информации *bit* (bit) получила свое название от английского словосочетания Binary digiT (двоичная цифра).

Если вернуться к опыту с бросанием монеты, то здесь неопределенность как раз уменьшается в два раза, и, следовательно, полученное количество информации равно 1 биту.

Минимальной единицей измерения количества информации является бит, а следующей по величине единицей является байт, причем

$$1 \text{ байт} = 2^3 \text{ бит} = 8 \text{ бит}.$$

В информатике система образования кратных единиц измерения количества информации несколько отличается от принятых в большинстве наук. Традиционные метрические системы единиц, например Международная система единиц СИ, в качестве множителей кратных единиц используют коэффициент  $10^n$ , где  $n = 3, 6, 9$  и т.д., что соответствует десятичным приставкам Кило ( $10^3$ ), Мега ( $10^6$ ), Гига ( $10^9$ ) и т.д.

Компьютер оперирует числами не в десятичной, а в двоичной системе счисления, поэтому в кратных единицах измерения количества информации используется коэффициент  $2^n$ .

Так, кратные байту единицы измерения количества информации вводятся следующим образом:

$$1 \text{ Кбайт} = 2^{10} \text{ байт} = 1024 \text{ байт};$$

$$1 \text{ Мбайт} = 2^{10} \text{ Кбайт} = 1024 \text{ Кбайт};$$

$$1 \text{ Гбайт} = 2^{10} \text{ Мбайт} = 1024 \text{ Мбайт}.$$

### 5.8.3. Представление целых чисел со знаком и без знака

Любое целое число можно рассматривать как вещественное, но с нулевой дробной частью, т.е. можно было бы ограничиться представлением в компьютере вещественных чисел и реализацией арифметических действий над ними. Однако для эффективного использования памяти, повышения скорости выполнения вычислений и введения операции деления нацело с остатком целые числа представляются специально для них предназначенными способами.

Введение специальных способов представления целых чисел оправдано тем, что достаточно часто в задачах, решаемых с помощью компьютера, многие действия сводятся к операциям над целыми числами. Например, в задачах экономического характера данными служат количества акций, сотрудников, деталей, транспортных средств и т.д., по своему смыслу являющиеся целыми числами. Целые числа используются и для обозначения даты и времени, и для нумерации различных объектов: элементов массивов, записей в базах данных, машинных адресов и т.п.

Для компьютерного представления целых чисел обычно используется несколько различных способов представления, отличающихся друг от друга количеством разрядов и наличием или отсутствием знакового разряда. Беззнаковое представление можно использовать только для неотрицательных целых чисел, отрицательные числа представляются только в знаковом виде.

При беззнаковом представлении все разряды ячейки отводятся под само число. При представлении со знаком самый старший (левый) разряд отводится под знак числа, остальные разряды – под собственно число. Если число положительное, то в знаковый разряд помещается 0, если число отрицательное – 1. Очевидно, в ячейках одного и того же размера можно представить больший диапазон целых неотрицательных чисел в беззнаковом представлении, чем чисел со знаком. Например, в одном байте (8 разрядов) можно записать положительные числа от 0 до 255, а со знаком – только до 127, поэтому если известно заранее, что некоторая числовая величина всегда является неотрицательной, то выгоднее рассматривать ее как беззнаковую.

Говорят, что целые числа в компьютере хранятся в формате с фиксированной запятой.

*Представление целых положительных чисел.* Для получения компьютерного представления беззнакового целого числа в  $k$ -разрядной ячейке памяти достаточно перевести его в двоичную систему счисления

и дополнить полученный результат слева нулями до  $k$  разрядов. Понятно, что существует ограничение на числа, которые мы можем записать в  $k$ -разрядную ячейку.

Максимально представимому числу соответствуют единицы во всех разрядах ячейки (двоичное число, состоящее из  $k$  единиц). Для  $k$ -разрядного представления оно будет равно  $2^k - 1$ . Минимальное число представляется нулями во всех разрядах ячейки, оно всегда равно нулю. Ниже приведены максимальные числа для беззнакового представления при различных значениях  $k$ :

Количество разрядов	Максимальное число
8	$255(2^8 - 1)$
16	$65535(2^{16} - 1)$
32	$4294967295(2^{32} - 1)$
64	$18446744073709551615(2^{64} - 1)$

При знаковом представлении целых чисел возникают такие понятия, как прямой, обратный и дополнительный коды.

Представление числа в привычной для человека форме «знак-величина», при которой старший разряд ячейки отводится под знак, остальные  $k - 1$  разрядов – под цифры числа, называется *прямым кодом*.

Например, прямые коды двоичных чисел  $11001_2$  и  $-11001_2$  для восьмиразрядной ячейки равны  $00011001$  и  $10011001$  соответственно. Положительные целые числа представляются в компьютере с помощью прямого кода. Прямой код отрицательного целого числа отличается от прямого кода соответствующего положительного числа содержимым знакового разряда. Но вместо прямого кода для представления отрицательных целых чисел в компьютере используется дополнительный код.

Отметим, что максимальное положительное число, которое можно записать в знаковом представлении в  $k$  разрядах, равно  $2^{k-1} - 1$ , что практически в два раза меньше максимального числа в беззнаковом представлении в тех же  $k$  разрядах.

**Пример.** Определите максимальное положительное число в восьмиразрядном и шестнадцатиразрядном знаковых способах представления чисел.

**Решение.** Максимальное положительное число в 8 битах равно  $127(2^7 - 1)$ , в 16 битах –  $32767(2^{15} - 1)$ .

**Пример.** Число  $53 = 110101_2$  в восьмиразрядном представлении имеет вид  $00110101$ .

Это же число 53 в 16 разрядах будет записано следующим образом: 00000000000110101.

В обоих случаях неважно, знаковое или беззнаковое представление при этом используется.

**Пример.** Для числа  $200 = 11001000_2$  представление в 8 разрядах со знаком невозможно, т.к. максимальное допустимое число в таком представлении равно 127, а в беззнаковом восьмиразрядном представлении оно имеет вид 11001000.

*Обратный, дополнительный код числа.* Для представления в компьютере целых отрицательных чисел используют дополнительный код, который позволяет заменить арифметическую операцию вычитания операцией сложения, что существенно увеличивает скорость вычислений. Прежде чем вводить определение дополнительного кода, сделаем следующее важное замечание.

В  $k$ -разрядной целочисленной компьютерной арифметике  $2^k \equiv 0$ .

Объяснить это можно тем, что двоичная запись числа  $2^k$  состоит из одной единицы и  $k$  нулей, а в ячейку из  $k$  разрядов может уместиться только  $k$  цифр, в данном случае только  $k$  нулей. В таком случае говорят, что значащая единица вышла за пределы разрядной сетки.

$k$ -разрядный *дополнительный код* отрицательного числа  $m$  – это запись в  $k$  разрядах положительного числа  $2^k - |m|$ , где  $|m|$  – модуль отрицательного числа  $m$ ,  $|m| < 2^{k-1}$ .

Разберемся, что и до чего дополнительный код дополняет. Дополнительный код отрицательного числа  $m$  – это дополнение модуля этого числа до 2 (или до нуля в  $k$ -разрядной арифметике):

$$(2^k - |m|) + |m| = 2^k \equiv 0.$$

Алгоритм получения дополнительного  $k$ -разрядного кода отрицательного числа:

1. Модуль числа представить прямым кодом в  $k$  двоичных разрядах.
2. Значения всех разрядов инвертировать (все нули заменить на единицы, а единицы – на нули), получив, таким образом,  $k$ -разрядный *обратный код* исходного числа.
3. К полученному обратному коду, трактуемому как  $k$ -разрядное неотрицательное двоичное число, прибавить единицу.

Обратный код является дополнением исходного числа до числа  $2^k - 1$ , состоящего из  $k$  двоичных единиц. Поэтому прибавление единицы к инвертированному коду позволяет получить его искомым дополнительным кодом.

**Пример.** Получим дополнительный код числа  $-52$  для восьми- и шестнадцатиразрядной ячеек. Для восьмиразрядной ячейки:



0011 0100 – прямой код числа  $|-52| = 52$ ;  
1100 1011 – обратный код числа  $-52$ ;  
1100 1100 – дополнительный код числа  $-52$ . Для шестнадцатиразрядной ячейки: 0000 0000 0011 0100 – прямой код числа  $|-52|$ ;  
1111 1111 1100 1011 – обратный код числа  $-52$ ; 1111 1111 1100 1100 – дополнительный код числа  $-52$ .

#### **5.8.4. Представление символьной информации в ЭВМ**

Символьная информация хранится и обрабатывается в памяти ЭВМ в форме цифрового кода. Например, можно обозначить каждую букву числами, соответствующими ее порядковому номеру в алфавите: А – 01, Б – 02, В – 03, ..., Э – 30, Ю – 31, Я – 32. Точно также можно договориться обозначать точку числом 33, запятую – 34 и т.д.

Так как на устройствах автоматической обработки информации используются двоичные коды, то обозначения букв надо перевести в двоичную систему. Тогда в рассмотренном нами примере буквы будут обозначаться А – 00000001, Б – 00000010, В – 00000011, ..., Э – 00011110, Ю – 00011111, Я – 00100000.

При преобразовании символов (знаков) в цифровой код между множествами символов и кодов должно иметь место взаимнооднозначное соответствие.

Таблица кодирования символов 8-битовыми числами называется ASCII (American Standard Code for Information Interchange). Первая, или нижняя, половина таблицы ASCII (коды 0-126) содержит знаки препинания, арабские цифры и символы английского алфавита. Она является общепринятой во всем мире. В каждой стране используется своя верхняя половина таблицы ASCII (коды 127-255, или расширенные ASCII-коды), в которой находятся буквы национальных алфавитов и специальные символы.

#### **5.8.5. Представление чисел в формате с плавающей запятой**

В отличие от порядковых типов (все целые, символьный, логический), значения которых всегда сопоставляются с рядом целых чисел и, следовательно, представляются в памяти машины абсолютно точно, значение вещественных типов определяет число лишь с некоторой конечной точностью, зависящей от внутреннего формата вещественного числа.

Запись числа в формате с плавающей точкой является весьма эффективным средством представления очень больших и весьма малых

вещественных чисел при условии, что они содержат ограниченное число значащих цифр, и, следовательно, не все вещественные числа могут быть представлены в памяти. Обычно число используемых при вычислениях значащих цифр таково, что для большинства задач ошибки округления пренебрежимо малы.

Любое вещественное число  $x$ , представленное в системе счисления с основанием  $N$ , можно записать в виде

$$x = \pm m \cdot N^{\pm p},$$

где  $m$  – мантисса;  $p$  – порядок числа.

Если  $|m| < 1$ , то запись числа называется нормализованной слева.

Следующие примеры показывают, как можно представить любое число в форме с плавающей запятой:

а) в десятичной системе счисления

$$372,95 = 0,37295 \cdot 10^3;$$

$$25 = 0,025 \cdot 10^3 = 0,25 \cdot 10^2;$$

$$0,0000015 = 0,15 \cdot 10^{-5} = 0,015 \cdot 10^{-4};$$

б) в двоичной системе счисления

$$11010,1101 = 0,0110101101 \cdot 2^6 = 0,110101101 \cdot 2^5;$$

$$0,011011 = 0,11011 \cdot 2^{-1};$$

$$0,1 = 0,1 \cdot 2^0.$$

Здесь порядок определяет, на сколько разрядов необходимо осуществить сдвиг относительно запятой.

Число называют *нормализованным справа*, если после запятой в мантиссе стоит не нуль. Например, числа  $0,00076_{10}$  и  $0,00011_2$ , представленные соответственно в виде  $0,076 \cdot 10^{-2}$  и  $0,011 \cdot 2^{-2}$  не являются нормализованными справа, а в виде  $0,76 \cdot 10^{-3}$  и  $0,11 \cdot 2^{-3}$  являются таковыми.

В настоящее время распространена (описана в стандарте IEEE 754) также другая форма записи – нормализованная, в которой мантисса десятичного числа принимает значения от 1 (включительно) до 10 (не включительно), а мантисса двоичного числа принимает значения от 1 (включительно) до 2 (не включительно) ( $1 \leq m \leq N$ ). В такой форме любое число (кроме 0) записывается единственным образом. Недостаток заключается в том, что в таком виде невозможно представить 0, поэтому представление чисел в информатике предусматривает специальный признак (бит) для числа 0.

Так как старший разряд (целая часть числа) мантиссы двоичного числа (кроме 0) в нормализованном виде равен «1», то при записи мантиссы числа в ЭВМ старший разряд можно не записывать, что и

используется для уменьшения объема хранимой информации или (при том же объёме) увеличения точности хранения числа.

Формат для представления чисел с плавающей точкой содержит два поля фиксированной длины. Количество позиций для значащих цифр различно в разных ЭВМ, но существует тем не менее общий формат, приведенный на рис. 5.4. В соответствии с этой записью формат вещественного числа содержит в общем случае поля характеристики (так называемый «смещенный порядок», используется вместо порядка, получается прибавлением к порядку такого смещения, чтобы характеристика была всегда положительный), мантиссы и её знака.

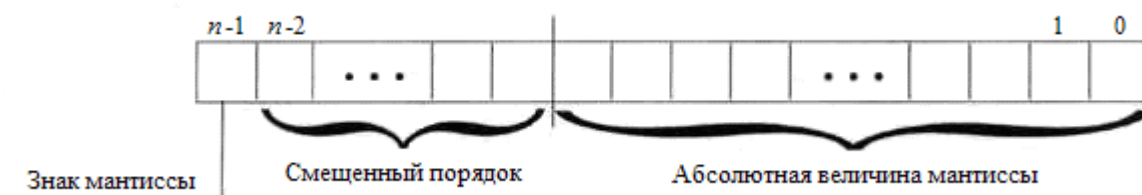


Рис. 5.4. Общая структура вещественных чисел

Введение характеристики избавляет от необходимости выделять один бит для знака порядка и упрощает выполнение операций сравнения ( $<$ ,  $>$ ,  $<=$ ,  $>=$ ) и арифметических операций над вещественными числами. Так, при сложении или вычитании чисел с плавающей точкой для того, чтобы выровнять операнды, требуется сдвиг влево или вправо мантиссы числа. Сдвиг можно осуществить с помощью единственного счетчика, в который сначала заносится положительное число, уменьшающееся затем до тех пор, пока не будет выполнено требуемое число сдвигов.

Таким образом, для представления вещественных чисел в памяти ЭВМ порядок  $p$  вещественного числа представляется в виде характеристики путем добавления смещения (старшего бита порядка):

$$X = 2^{n-1} + k + p,$$

где  $n$  – число бит, отведенных для характеристики;

$p$  – порядок числа;

$k$  – поправочный коэффициент фирмы IBM, равный +1 для `real` и -1 для форматов `single`, `double`, `extended`.

Тип	Значащих цифр	Характеристика	Кол-во бит на характеристику
Real	11-12	$X = 2^7 + p + 1$	8
Single	7-8	$X = 2^7 + p - 1$	8
Double	15-16	$X = 2^{10} + p - 1$	11

Extended	19-20	$X = 2^{14} + p - 1$	15
----------	-------	----------------------	----

Алгоритм формирования машинного представления вещественного числа в памяти ЭВМ состоит из следующих пунктов:

1. Число представляется в двоичном коде.
2. Двоичное число нормализуется. При этом для чисел больше единицы плавающая точка переносится влево, определяя положительный порядок. Для чисел меньше единицы точка переносится вправо, определяя отрицательный порядок.

3. С учетом типа вещественного числа по таблице определяется характеристика.

4. В отведенное в памяти поле, в соответствии с типом числа, записываются мантисса, характеристика и знак числа. При этом необходимо отметить следующее:

- для чисел типа real характеристика хранится в младшем байте памяти, для чисел типа single, double, extended – в старших байтах;
- знак числа находится всегда в старшем бите старшего байта;
- мантисса всегда хранится в прямом коде;
- первый бит мантиссы (для нормализованного числа всегда 1) для чисел типа real, single, double не хранится (является скрытым). В числах типа extended все разряды мантиссы хранятся в памяти ЭВМ.

Формат машинного представления данных (на примере типа single) следующий:

мл. байт    ст. байт

7    0 15    8 23 22 16 31 30 24 – № разрядов памяти  
 $m \dots m \quad m \dots m \quad x \quad m \dots m \quad s \quad x \dots x$

где  $s$  – знаковый разряд;

$x$  – характеристика числа;

$m$  – нормализованная мантисса.

### Примеры:

1) Число  $-15,375_{10}$ ;

в двоичной системе счисления  $-1111,011_2$ ;

нормализованное двоичное число  $-1,111011_2 \cdot 2^3$ ;  $p = 3$ .

Учитывая отбрасывание неявной единицы и сдвиг порядка, получаем:  $s = 1$ ;  $x = 2^7 - 1 + 3 = 2^7 + 2^1 = 130$ ;

в двоичной системе счисления  $x = 10000010_2$ ;  $m = 1110110...0_2$ ;

машинное представление числа в формате single:

00000000 00000000 01110110 11000001

2) Число  $-0,1875_{10}$ ;

в двоичной системе счисления  $-0,0011_2$ ;  
нормализованное двоичное число  $-1,1_2 \cdot 2^{-3}$ ;  $p = -3$ .

Учитывая отбрасывание неявной единицы и сдвиг порядка, получаем:  $s = 1$ ;  $x = 2^7 - 1 - 3 = 124$ ;

в двоичной системе счисления  $x = 01111100_2$ ;  $m = 100...0_2$ ;

машинное представление числа в формате single:

00000000 00000000 01000000 10111110

3) Число  $0,1_{10}$ ;

в двоичной системе счисления  $0,0(0011)_2 = 0,(1100)_2 \cdot 2^{-3}$ .

Учитывая факт, что бесконечная периодическая дробь не может быть записана в конечную область памяти, то последний бит мантииссы (в формате single) получит +1 (из-за операции округления). Таким образом, машинное представление числа в формате single:

11001101 11001100 11001100 00111101

При выполнении арифметических операций над числами, представленными в формате с плавающей запятой, надо отдельно выполнять их для порядков и мантиисс. При алгебраическом сложении чисел надо сначала уравнивать порядки слагаемых. При умножении порядки надо складывать, а мантииссы перемножать. При делении из порядка делимого вычитают порядок делителя, а над мантииссами совершают обычную операцию деления. После выполнения операций необходимо провести нормализацию результата, если это необходимо.

Арифметические операции с числами в формате с плавающей запятой намного сложнее таких же операций для чисел с фиксированной запятой. Но зато формат с плавающей запятой позволяет производить операции масштабирования автоматически в самой машине и избавляет от накопления абсолютной погрешности при вычислениях.

### 5.8.6. Машинная эпсилон

В отличие от чисел с фиксированной запятой сетка чисел, которые способна отобразить арифметика с плавающей запятой, неравномерна: она более густая для чисел с малыми порядками и более редкая – для чисел с большими порядками. Но относительная погрешность записи чисел одинакова и для малых чисел, и для больших. Поэтому можно ввести понятие машинной эпсилон.

*Машинной эпсилон* называется наименьшее положительное число  $\varepsilon$  такое, что  $1 \oplus \varepsilon \neq 1$  (знаком  $\oplus$  обозначено машинное сложение). Грубо

говоря, числа  $a$  и  $b$ , соотносящиеся так, что  $1 < \frac{a}{b} < 1 + \varepsilon$ , машина не различает.

Следует отметить, что вещественный формат с  $m$ -разрядной мантиссой позволяет абсолютно точно представлять  $m$ -разрядные целые числа, т. е. любое двоичное целое число, содержащее не более  $m$  разрядов, может быть без искажений преобразовано в вещественный формат.

Машинная эпсилон приводит иногда к неожиданным эффектам. Приведем несколько примеров.

**Пример 1.** Вычисление суммы при помощи типа SINGLE:

$$S = \frac{10^{-9}}{10^9} + \frac{10^{-9}}{10^9} + \frac{10^{-9}}{10^9}.$$

Очевидно, что данная сумма равна 1 (единице), но из-за того, что тип `single` не способен хранить 9 значащих цифр числа (хотя и способен хранить само по себе число  $10^{-9}$ ), это приводит к тому, что нижеприведенная программа выведет на экран число 0,03125 (что в двоичном представлении соответствует  $0,00001_2$ , или  $1,0_2 \cdot 2^{-5}$ ). Ответ на вопрос, почему результат получается именно таким, читателю предлагается дать самостоятельно.

```
1: var s,p: single;
2: i: longint;
3: begin
4: s:=0; p:=1e-9;
5: for i:=1 to 1000000000 do
6: s:=s+p;
7: writeln(s)
8:
9: end.
```

Если же в программе (в строке 1) заменить тип переменных  $S$  и  $P$  на `double`, то сумма будет равна 0,999999992539932880, что является вполне приемлемой погрешностью.

**Пример 2.** Вычисление суммы при помощи типа `single`:

$$S = 1 + \frac{10^{-9}}{10^9} + \frac{10^{-9}}{10^9} + \frac{10^{-9}}{10^9}.$$

Очевидно, что данная сумма равна 2 (двум). Если в программе из предыдущего примера исправить начальное значение переменной  $S$  с нуля на единицу (в строке 4), то по тем же причинам, что и в предыдущем примере, результат окажется далек от реального, и на

экран выведется число 1. Если же считать сумму справа налево и в строке 4 переменной  $S$  давать начальное значение, равное 0, а в строку 8 дописать команду  $s := s + 1$ , то результат будет совпадать с предыдущим примером и на экран будет выведено:

- при использовании типа `single` – 1,03125;
- при использовании типа `double` – 1,999999992539932880.

**Пример 3.** Использование итерационных циклов для дробных чисел.

Следующие программы достаточно банальны на первый взгляд:

- программа `iter1` должна вывести на экран числа от 0 (включительно) до 1 (включительно) с шагом 0,1;
- программа `iter2` должна вывести на экран числа от 0 (включительно) до 3 (не включая) с шагом 0,3.

<pre>program iter1; var   k: single; begin   k:=0;   while k&lt;=1 do   begin     writeln(k);     k:=k+0.1;   end; end.</pre>	<pre>program iter2; var   k: double; begin   k:=0;   while k&lt;3 do   begin     writeln(k);     k:=k+0.3;   end; end.</pre>
---	--

Однако данные программы дают совершенно противоположный результат работы:

- программа `iter1` выводит на экран числа от 0 (включительно) до 1 (не включая) с шагом 0,1;
- программа `iter2` выводит на экран числа от 0 (включительно) до 3 (включительно) с шагом 0,3.

Объяснить данное поведение программ читателю предлагается самостоятельно.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Акулов О.А. Информатика: базовый курс: учебник О.А. Акулов, Н.В. Медведев. – М.: Омега-Л, 2008. – 574 с.
2. Апатова Н.В. Информационные технологии в школьном образовании / Н.В. Апатова. – М., 1994. – 354 с.
3. Бешенков С.А. Информатика. Систематический курс: учебник для 10 класса / С.А. Бешенков, Е.А. Ракитина. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001. – 432 с.
4. Богатырев А.Н. Учителю технологии (трудового обучения) о современных информационных технологиях / А.Н. Богатырев, А.В. Коптелов, Г.Н. Некрасова. – Киров, 1998. – 114 с.
5. Воройский Ф.С. Информатика. Новый систематизированный толковый словарь-справочник: Вводный курс по информатике и вычислительной технике в терминах / Ф.С. Воройский. – М., 2001. – 564 с.
6. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики / В.М. Глушков. – М.: Наука, 1987. – 552 с.
7. Информатика. Базовый курс / под ред. С.В. Симоновича. – СПб.: Питер, 2006. – 640 с.
8. Информатика: учебник / под ред. проф. Н.В. Макаровой. – 3-е изд., перераб. – М.: Финансы и статистика, 2007 – 768 с.: ил.
9. Семакин И.Г. Информатика / И.Г. Семакин, Е.К. Хеннер. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. – 164 с.
10. Симонович С.В. Специальная информатика: учеб. пособие / С.В. Симонович, Г.А. Евсеев, А.Г. Алексеев. – М.: АСТ-ПРЕСС: Инфорком-Пресс, 2002. – 480 с.
11. Христочевский С.А. Информационные технологии: Пособие для 8-11 классов / под общ. ред. С.А. Христочевского. – М.: АРКТИ, 2001. – 200 с.
12. Андреева Е.В. Математические основы информатики. Элективный курс: учеб. пособие / Е.В. Андреева, Л.Л. Босова, И.Н. Фалина. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 328 с.
13. Истомин Е.П. Информатика и программирование: учебник / Е.П. Истомин, С.Ю. Неклюдов, В.И. Романенко. – СПб.: ООО «Андреевский издательский дом», 2008. – 248 с.
14. Минакова И.И. Методы программирования: учеб. пособие / И.И. Минакова и др. – М.: Вузовская книга, 1999. – 280 с.
15. Острейковский В.А. Информатика: учебник для вузов / В.А. Острейковская. – М.: Высш. шк., 2007. – 511 с.
16. Шафрин Ю.А. Информационные технологии: учебник / Ю.А. Шафрин. – М.: ЛБЗ, 1998. – 272 с.



Учебное издание

ЛЕПУСТИН Алексей Владимирович  
ТОКАРЕВА Ольга Сергеевна

## ВВЕДЕНИЕ В ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Учебное пособие

Научный редактор  
доктор техн. наук,  
профессор *Н.Г. Марков*

**Редактор Н.Т. Сегнельникова**

Компьютерная верстка *Л.А. Егорова*

**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии  
с качеством предоставленного оригинал-макета**



Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет  
Система менеджмента качества  
Издательства Томского политехнического университета сертифицирована  
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



**ИЗДАТЕЛЬСТВО** 

**ТПУ**. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.  
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, [www.tpu.ru](http://www.tpu.ru)