

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТАДЖИКИСТАНА  
ФАКУЛЬТЕТ СОВМЕСТНЫЙ ТАДЖИКСКО-РОССИЙСКИЙ  
КАФЕДРА СЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ**



**КУРС ЛЕКЦИЙ**

по дисциплине информационные технологии в системах связи  
для групп с русским языком обучения  
1-45 01 03 01



**Душанбе – 2014**



ТЕМА: ПОНЯТИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

**1.1 СОДЕРЖАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

**1.1.1 Определение информационной технологии**

Технология при переводе с греческого (techne) означает искусство, мастерство, умение, а это не что иное, как процессы.

*Под процессом* следует понимать определенную совокупность действий, направленных на достижение поставленной цели. Процесс должен определяться выбранной человеком стратегией и реализоваться с помощью совокупности различных средств и методов.

*Под технологией материального производства* понимают совокупность средств и методов обработки, изготовления, изменения состояния, свойств, формы сырья или материала. Технология изменяет качество или первоначальное состояние материи в целях получения продукта.

Информация является одним из ценнейших ресурсов общества, наряду с такими традиционными материальными видами ресурсов, как нефть, газ, полезные ископаемые и др., а значит, процесс ее переработки по аналогии с процессами переработки материальных ресурсов можно воспринимать как технологию. Тогда справедливо следующее определение.

*Информационная технология (ИТ)* - совокупность средств и методов сбора, обработки и передачи данных (первичной информации) для получения информации нового качества о состоянии объекта, процесса или явления (информационного продукта).

Цель информационной технологии - производство информации для ее анализа человеком и принятия на его основе решения по выполнению какого-либо действия.

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

*Глобальная информационная технология* включает модели методы и средства, формализующие и позволяющие использовать информационные ресурсы общества.

*Базовая информационная технология* предназначена для определенной области применения (производство, научные исследования, обучение и т.д.).

*Конкретные информационные технологии* реализуют обработку данных при решении функциональных задач пользователей (например, задачи учета, планирования, анализа).

Как и все технологии, информационные технологии находятся в постоянном развитии и совершенствовании. Этому способствуют появление новых технических средств, разработка новых концепции, методов организации данных, их передачи, хранения и обработки, форм взаимодействия пользователей с техническими и другими компонентами информационно-вычислительных систем.

Расширение круга лиц, имеющих доступ к информационно-вычислительным ресурсам систем обработки данных, а также использование вычислительных сетей, объединяющих территориально удаленных друг от друга пользователей, особо остро ставят проблему обеспечения надежности данных и защиты их от несанкционированного доступа. В связи с этим современные информационные технологии базируются на концепции использования специальных аппаратных и программных средств, обеспечивающих защиту информации

Следующим шагом в совершенствовании информационных технологий, используемых в организационно-экономическом управлении, является расширение сферы применения баз знаний и соответствующих им систем искусственного интеллекта.

База знаний - важнейший элемент экспертной системы, создаваемой на рабочем месте специалиста управления. Она выступает в роли накопителя знаний в конкретной области профессиональной деятельности и помощника при проведении анализа экономической ситуации в процессе выработки и принятия управленческого решения.

Информационные технологии в сфере организационно - экономического управления в настоящее время развиваются по следующим основным направлениям:

**“Информационные технологии”**

- активизация роли специалистов управления (непрофессионалов в области вычислительной техники) в подготовке и решении задач экономического управления;
- совершенствование систем интеллектуального интерфейса конечных пользователей различных уровней;
- объединение информационно-вычислительных ресурсов с помощью вычислительных сетей различных уровней (от ЛВС, объединяющих пользователей в рамках одного подразделения организации до глобальных);
- разработка комплексных мер обеспечения защиты информации (технических, организационных, программных, правовых и т.п.) от несанкционированного доступа.

### **1.1.2 Инструментарий информационной технологии**

Техническими средствами производства информации являются аппаратное, программное и математическое обеспечение процесса. Выделим отдельно из этих средств программные продукты и назовем их инструментарием, а для большей четкости можно его конкретизировать, назвав программным инструментарием информационной технологии.

**Инструментарий информационной технологии** - один или несколько взаимосвязанных программных продуктов для определенного типа компьютера, технология работы в котором позволяет достичь поставленную пользователем цель.

В качестве инструментария можно использовать следующие распространенные виды программных продуктов для персонального компьютера: текстовый процессор (редактор), настольные издательские системы, электронные таблицы, системы управления базами данных, электронные записные книжки, электронные календари, информационные системы функционального назначения (финансовые, бухгалтерские, для маркетинга и пр.), экспертные системы и т.д.

### **1.1.3 Информационная технология и информационная система**

Информационная технология тесно связана с информационными системами, которые являются для нее основной средой. На первый взгляд может показаться, что определения информационной технологии и системы очень похожи между собой.

Информационная технология является процессом, состоящим из четко регламентированных правил выполнения операций, действий, этапов разной степени сложности над данными, хранящимися в компьютерах. Основная цель информационной технологии - в результате целенаправленных действий по переработке первичной информации получить необходимую для пользователя информацию.

**Информационная система** представляет собой человеко-компьютерную систему обработки информации. Информационная система является средой, составляющими элементами которой являются компьютеры, компьютерные сети, программные продукты, базы данных, люди, различного рода технические и программные средства, связи и т.д. Основная цель информационной системы - организация хранения и передачи информации.

Реализация функций информационной системы невозможна без знания ориентированной на нее информационной технологии, Информационная технология может существовать и вне сферы информационной системы

**Пример.** Информационная технология работы в среде текстового процессора Microsoft Word, который не является информационной системой.

Таким образом, информационная технология является более емким понятием, отражающим современное представление о процессах преобразования информации в информационном обществе. В умелом сочетании двух информационных технологий - управленческой и компьютерной - залог успешной работы информационной системы.

Обобщая все вышесказанное, введем несколько более узкие определения информационной системы и технологии, реализованные средствами компьютерной техники.

**Информационная технология** - совокупность четко определенных целенаправленных действий персонала по переработке информации на компьютере.

**Информационная система** - человеко-компьютерная система для поддержки принятия "Информационные технологии"

решений и производства информационных продуктов, использующая компьютерную информационную технологию.

## **1.2 ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Существует несколько точек зрения на развитие информационных технологий с использованием компьютеров, которые определяются различными признаками деления.

Общим для всех изложенных ниже подходов является то, что с появлением персонального компьютера начался новый этап развития информационной технологии. Основной целью становится удовлетворение персональных информационных потребностей человека как в профессиональной сфере, так и в бытовой.

**По признаку - вид задач и процессов обработки информации** - выделяются два этапа:

1-й этап (60 - 70-е гг.) - обработка данных в вычислительных центрах в режиме коллективного пользования. Основным направлением развития информационной технологии являлась автоматизация операционных рутинных действий человека.

2-й этап (с 80-х гг.) - создание информационных технологий, направленных на решение стратегических задач.

**По признаку - проблемы, стоящие на пути информатизации общества** - выделяются четыре этапа:

1-й этап (до конца 60-х гг.) характеризуется проблемой обработки больших объемов данных в условиях ограниченных возможностей аппаратных средств.

2-й этап (до конца 70-х гг.) связывается с распространением ЭВМ серии ИВМ/360. Проблема этого этапа - отставание программного обеспечения от уровня развития аппаратных средств.

3-й этап (с начала 80-х гг.) - компьютер становится инструментом непрофессионального пользователя, а информационные системы - средством поддержки принятия его решений. Проблемы - максимальное удовлетворение потребностей пользователя и создание соответствующего интерфейса работы в компьютерной среде.

4-й этап (с начала 90-х гг.) создание современной технологии межорганизационных связей и информационных систем. Проблемы того этапа весьма многочисленны. Наиболее существенными из них являются:

- выработка соглашений и установление стандартов, протоколов компьютерной связи;
- организация доступа к стратегической информации;
- организация защиты и безопасности информации.

**По признаку - преимущество, которое приносит компьютерная технология** выделяются три этапа:

1-й этап (с начала 60-х гг.) характеризуется довольно эффективной обработкой информации при выполнении рутинных операций с ориентацией на централизованное коллективное использование ресурсов вычислительных центров. Основным критерием оценки эффективности создаваемых информационных систем была разница между затраченными на разработку и сэкономленными в результате внедрения средствами.

2-й этап (с середины 70-х гг.) связан с появлением персональных компьютеров. Изменился подход к созданию информационных систем - ориентация смещается в сторону индивидуального пользователя для поддержки принимаемых им решений.

3-й этап (с начала 90-х гг.) связан с понятием анализа стратегических преимуществ в бизнесе и основан на достижениях телекоммуникационной технологии распределенной обработки информации. Информационные системы имеют своей целью не просто увеличение эффективности обработки данных и помощь управленцу. Соответствующие информационные технологии должны помочь организации выстоять в конкурентной борьбе и получить преимущество.

**По признаку - виды инструментария технологии** - выделяются пять этапов:

1-й этап (до второй половины XIX в.) - "ручная" информационная технология, инструментарий которой составляли: перо, чернильница, книга. Коммуникации осуществлялись ручным способом путем переправки через почту писем, пакетов, депеш.

2-й этап (с конца XIX в.) - "механическая" технология, инструментарий которой составляли: пишущая машинка, телефон, оснащенная более совершенными средствами доставки почта.

3-й этап (40 - 60-е гг. XX в.) - "электрическая" технология, инструментарий которой составляли: большие ЭВМ и соответствующее программное обеспечение, электрические пишущие машинки, ксероксы, портативные диктофоны.

4-й этап (с начала 70-х гг.) - "электронная" технология, основным инструментарием которой становятся большие ЭВМ и создаваемые на их базе автоматизированные системы управления (АСУ) и информационно-поисковые системы (ИПС), оснащенные широким спектром базовых и специализированных программных комплексов.

5-й этап (с середины 80-х гг.) - "компьютерная" ("новая") технология, основным инструментарием которой является персональный компьютер с широким спектром стандартных программных продуктов разного назначения. На этом этапе происходит процесс персонализации АСУ, который проявляется в создании систем поддержки принятия решений определенными специалистами. Подобные системы имеют встроенные элементы анализа и интеллекта для разных уровней управления, реализуются на персональном компьютере и используют телекоммуникации.

В связи с переходом на микропроцессорную базу существенным изменениям подвергаются и технические средства бытового, культурного и прочего назначений. Начинают широко использоваться в различных областях глобальные и локальные компьютерные сети.

### **1.3 ОСОБЕННОСТИ НОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Информационная технология является наиболее важной составляющей процесса использования информационных ресурсов общества. К настоящему времени она прошла несколько эволюционных этапов, смена которых определялась главным образом развитием научно-технического прогресса, появлением новых технических средств переработки информации. В современном обществе основным техническим средством технологии переработки информации служит Персональный компьютер. Внедрение персонального компьютера в информационную сферу и применение телекоммуникационных средств связи определили новый этап развития информационной технологии и, как следствие, изменение ее названия за счет присоединения одного из синонимов: "новая", "компьютерная" или "современная".

Прилагательное "новая" подчеркивает новаторский, а не Эволюционный характер этой технологии. Ее внедрение является новаторским актом в том смысле, что она существенно изменяет содержание различных видов деятельности в организациях. В понятие новой информационной технологии включены также коммуникационные технологии, которые обеспечивают передачу информации разными средствами, а именно - телефон, телеграф, телекоммуникации, факс и др.

**Новая информационная технология** - информационная технология с "дружественным" интерфейсом работы пользователя, использующая персональные компьютеры и телекоммуникационные средства.

Прилагательное "компьютерная" подчеркивает, что основным техническим средством ее реализации является компьютер.

Три основных принципа новой (компьютерной) информационной технологии:

- интерактивный (диалоговый) режим работы с компьютером;
- интегрированность с другими программными продуктами;
- гибкость процесса изменения как данных, так и постановок задач.

Для эффективного взаимодействия конечных пользователей с вычислительной системой новые информационные технологии опираются на принципиально иную организацию интерфейса пользователей с вычислительной системой (так называемого дружественного интерфейса), который выражается прежде всего в следующем:

- в обеспечении права пользователя на ошибку благодаря защите информационно-вычислительных ресурсов системы от непрофессиональных действий на компьютере;
- в наличии широкого набора иерархических меню, системы подсказок и обучения и т.п., облегчающих процесс взаимодействия пользователя с ПК;
- в наличии системы "отката", позволяющей при выполнении регламентированного действия, последствия которого по каким-либо причинам не удовлетворили пользователя, вернуться к предыдущему состоянию системы.

По-видимому, более точным следует считать все же термин новая, а не компьютерная информационная технология, поскольку он отражает в ее структуре не только технологии, основанные на использовании компьютеров, но и технологии, основанные на других технических средствах, особенно на средствах, обеспечивающих телекоммуникацию.

#### **1.4 ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Для информационных технологий является вполне естественным то, что они *устаревают* и заменяются новыми.

**Например:** на смену технологии пакетной обработки программ на большой ЭВМ в вычислительном центре пришла технология работы на персональном компьютере на рабочем месте пользователя. Телеграф передал все свои функции телефону и т.д.

При внедрении новой информационной технологии в организации необходимо оценить риск отставания от конкурентов в результате ее неизбежного устаревания со временем, так как информационные продукты, как никакие другие виды материальных товаров, имеют чрезвычайно высокую скорость сменяемости новыми видами, версиями. Периоды сменяемости колеблются от нескольких месяцев до одного года.

Если в процессе внедрения новой информационной технологии этому фактору не уделять должного внимания, возможно, что к моменту внедрения новой информационной технологии она уже устареет и придется принимать меры к ее модернизации. Основной причиной неудач является отсутствие или слабая проработанность методологии использования информационной технологии.

## ЛЕКЦИЯ №2

### ТЕМА: ВИДЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

#### 2.1 КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В настоящее время классификация ИТ проводится по следующим признакам:

- способу реализации в автоматизированных информационных системах (АИС),
- степени охвата задач управления,
- классам реализуемых технологических операций,
- типу пользовательского интерфейса,
- вариантам использования сети ЭВМ,
- обслуживаемой предметной области и др.

1) **По способу реализации ИТ** делятся на традиционные и современные ИТ. Традиционные ИТ существовали в условиях централизованной обработки данных, до периода массового использования ПЭВМ. Они были ориентированы главным образом на снижение трудоемкости пользователя (например, инженерные и научные расчеты, формирование регулярной отчетности на предприятиях и др.). Новые (современные) ИТ связаны в первую очередь с информационным обеспечением процесса управления в режиме реального времени.

2) **По степени охвата информационными технологиями задач управления** выделяют: электронную обработку данных, автоматизацию функций управления, поддержку принятия решений, электронный офис, экспертную поддержку.

В первом случае электронная обработка данных выполняется с использованием ЭВМ без пересмотра методологии и организации процессов управления при решении локальных математических и экономических задач.

Во втором случае при автоматизации управленческой деятельности вычислительные средства используются для комплексного решения функциональных задач, формирования регулярной отчетности и работы в информационно-справочном режиме для подготовки управленческих решений. К этой же группе относятся ИТ поддержки принятия решений, которые предусматривают широкое использование экономико-математических методов и моделей, пакеты прикладных программ (ППП) для аналитической работы и формирования прогнозов, составления бизнес-планов, обоснованных оценок и выводов по процессам и явлениям производственно-хозяйственной деятельности.

К названной группе относятся и широко внедряемые в настоящее время ИТ, получившие название электронного офиса и экспертной поддержки принятия решений. Эти два варианта ИТ ориентированы на использование достижений в области новейших подходов к автоматизации работы специалистов и руководителей, создание для них наиболее благоприятных условий выполнения профессиональных функций, качественного и современного информационного обслуживания за счет автоматизированного набора управленческих процедур, реализуемых в условиях конкретного рабочего места и офиса в целом.

Электронный офис предусматривает наличие интегрированных ППП, которые обеспечивают комплексную реализацию задач предметной области. В настоящее время все большее распространение приобретают электронные офисы, сотрудники и оборудование которых могут находиться в разных помещениях. Необходимость работы с документами, материалами и базами данных (БД) конкретного предприятия или учреждения в гостинице, транспорте, дома привела к появлению электронных офисов, включенных в соответствующие сети ЭВМ

ИТ экспертной поддержки принятия решений, составляют основу автоматизации труда специалистов-аналитиков. Эти работники кроме аналитических методов и моделей для исследования складывающихся ситуаций вынуждены использовать накопленный опыт в оценке ситуаций, т.е. сведения, составляющие базу знаний в конкретной предметной области.



3) *По классу реализуемых технологических операций ИТ* подразделяются: на работу с текстовым и табличным процессорами, графическими объектами, системы управления БД, гипертекстовые и мультимедийные системы.

Технология формирования видеоизображения получила название компьютерной графики.

**Компьютерная графика** - это создание, хранение и обработка моделей объектов и их изображений с помощью ЭВМ. Эта технология проникла в область моделирования различных конструкций (машиностроение, авиационная техника, автомобилестроение, строительная техника и др.), экономического анализа, проникает в рекламную деятельность, делает занимательным досуг. Формируемые и обрабатываемые с помощью цифрового процессора изображения могут быть демонстрационными и анимационными. К демонстрационным изображениям относят, как правило, коммерческую (деловую) и иллюстрационную графику. Ко второй группе - анимационной графике - принадлежит инженерная и научная графика, а также графика, связанная с рекламой, искусством, играми, когда на экран выводятся не только одиночные изображения, но и последовательность кадров в виде фильма (интерактивный вариант). Интерактивная графика является одним из наиболее прогрессивных направлений среди современных ИТ. Это направление переживает бурное развитие в области появления новых графических станций и в области специализированных программных средств, позволяющих создавать реалистические объемные движущиеся изображения, сравнимые по качеству с кадрами видеофильма.

В классическом понимании система управления БД (СУБД) представляет собой набор программ, позволяющих создавать и поддерживать БД в актуальном состоянии.

Обычно любой текст представляется как одна длинная строка символов, которая читается в одном направлении.

**Гипертекстовая технология** - организация текста в виде иерархической структур. Материал текста делится на фрагменты. Каждый видимый на экране ЭВМ фрагмент, дополненный многочисленными связями с другими фрагментами, позволяет уточнить информацию об изучаемом объекте и двигаться в одном или нескольких направлениях по выбранной связи.

**Мультимедиа-технология** - программно-техническая организация обмена с компьютером текстовой, графической, аудио и видеoinформацией.

4) *По типу пользовательского интерфейса* можно рассматривать ИТ с точки зрения возможностей доступа пользователя к информационным и вычислительным ресурсам. Так, пакетная ИТ исключает возможность пользователя влиять на обработку информации, пока она проводится в автоматическом режиме. В отличие от пакетной диалоговая ИТ предоставляет пользователю неограниченную возможность взаимодействовать с хранящимися в системе информационными ресурсами в реальном масштабе времени, получая при этом всю необходимую информацию для решения функциональных задач и принятия решений.

Интерфейс сетевой ИТ предоставляет пользователю средства доступа к территориально распределенным информационным и вычислительным ресурсам благодаря развитым средствам связи.

В настоящее время наблюдается тенденция к объединению различных типов ИТ в единый компьютерно – технологический комплекс, который носит название интегрированного. Особое место в нем принадлежит средствам коммуникации, обеспечивающим не только чрезвычайно широкие технологические возможности автоматизации управленческой деятельности, но и являющимся основой создания самых разнообразных сетевых вариантов ИТ: локальных, многоуровневых, распределенных и глобальных информационно-вычислительных сетей.

5) *По обслуживаемым предметным областям ИТ* подразделяются разнообразно. Например, только в экономике ими являются, бухгалтерский учет, банковская, налоговая и страховая деятельность и др.

Рассмотрим типичные применения информационных технологий, применяемых в управленческой системе предприятия:

*Бухгалтерский учет* - классическая область применения информационных технологий и наиболее часто реализуемая на сегодняшний день задача. Во-первых, ошибка бухгалтера может стоить очень дорого, поэтому очевидна выгода использования возможностей автоматизации бухгалтерии. Во-вторых, задача бухгалтерского учета довольно легко формализуется, так что разработка систем автоматизации бухгалтерского учета не представляет технической сложности.

*Управление финансовыми потоками.* Внедрение информационных технологий в управление финансовыми потоками также обусловлено критичностью этой области управления предприятия к ошибкам.

Неправильно построив систему расчетов с поставщиками и потребителями, можно спровоцировать кризис наличности даже при налаженной сети закупки, сбыта и хорошем маркетинге. И наоборот, точно просчитанные и жестко контролируемые условия финансовых расчетов могут существенно увеличить оборотные средства фирмы.

*Управление складом, ассортиментом, закупками.* Можно автоматизировать процесс анализа движения товара.

*Управление производственным процессом* представляет собой очень трудоемкую задачу. Основными механизмами здесь являются планирование и оптимальное управление производственным процессом.

Автоматизированное решение подобной задачи дает возможность грамотно планировать, учитывать затраты, проводить техническую подготовку производства, оперативно управлять процессом выпуска продукции в соответствии с производственной программой и технологией.

Очевидно, что чем крупнее производство, тем большее число бизнес-процессов участвует в создании прибыли, а значит, использование информационных систем жизненно необходимо.

*Управление маркетингом* подразумевает сбор и анализ данных о фирмах-конкурентах, их продукции и ценовой политике, а также моделирование параметров внешнего окружения для определения оптимального уровня цен, прогнозирования прибыли и планирования рекламных кампаний. Решение большинства этих задач могут быть формализованы и представлены в виде информационной системы, позволяющей существенно повысить эффективность управления маркетингом.

*Документооборот* является очень важным процессом деятельности любого предприятия. Хорошо отлаженная система учетного документооборота отражает реально происходящую на предприятии текущую производственную деятельность и дает управленцам возможность воздействовать на нее. Поэтому автоматизация документооборота позволяет повысить эффективность управления.

*Оперативное управление предприятием.* Информационная технология, решающая задачи оперативного управления предприятием строится на основе базы данных, в которой фиксируется вся возможная информация о предприятии. Информационная система оперативного управления включает в себя массу программных решений автоматизации бизнес-процессов, имеющих место на конкретном предприятии.

Предоставление информации о фирме. Активное развитие сети Интернет привело к необходимости создания корпоративных серверов для предоставления различного рода информации о предприятии. Практически каждое уважающее себя предприятие сейчас имеет свой web-сервер. Web-сервер предприятия решает ряд задач, из которых можно выделить две основные:

- создание имиджа предприятия;
- максимальная разгрузка справочной службы компании путем предоставления потенциальным и уже существующим абонентам возможности получения необходимой информации о фирме,
- предлагаемых товарах, услугах и ценах.

Кроме того, использование web-технологий открывает широкие перспективы для электронной коммерции и обслуживания покупателей через Интернет.

## 2.2 ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

*Информационная технология обработки данных* предназначена для решения хорошо структурированных задач, по которым имеются необходимые входные данные и известны алгоритмы и другие стандартные процедуры их обработки.

Эта технология применяется на уровне исполнительской деятельности персонала невысокой квалификации в целях автоматизации некоторых рутинных постоянно повторяющихся операций управленческого труда. Поэтому внедрение информационных технологий и систем на этом уровне существенно повысит производительность труда персонала, освободит его от рутинных операций, возможно, даже приведет к необходимости сокращения численности работников.

На уровне операционной деятельности решаются следующие задачи:

- обработка данных об операциях, производимых фирмой;
- создание периодических контрольных отчетов о состоянии дел в фирме;
- получение ответов на всевозможные текущие запросы и оформление их в виде бумажных документов или отчетов.

*Примеры рутинных операций:* операция проверки на соответствие нормативу уровня запасов указанных товаров на складе. При уменьшении уровня запаса выдается заказ поставщику с указанием необходимого количества товара и сроков, другой пример, операция продажи товаров фирмой, в результате которой формируется выходной документ для покупателя в виде чека или квитанции.

*Пример контрольного отчета:* ежедневный отчет о поступлениях и выдачах наличных средств банком, формируемый в целях контроля баланса наличных средств.

*Пример запроса:* запрос к базе данных по кадрам, который позволит получить данные о требованиях, предъявляемых к кандидатам на занятие определенной должности.

### Основные компоненты

Представим основные компоненты информационной технологии обработки данных (рис. 2.2.) и приведем их характеристики.

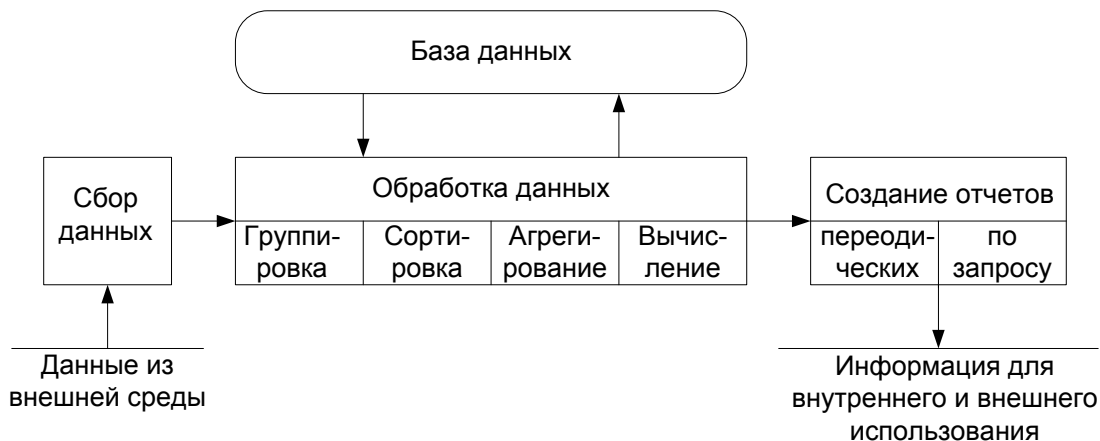


Рис. 2.2 Основные компоненты информационной технологии обработки данных

*Сбор данных.* По мере того как фирма производит продукцию или услуги, каждое ее действие сопровождается соответствующими записями данных. Обычно действия фирмы, затрагивающие внешнее окружение, выделяются особо как операции, производимые фирмой.

*Обработка данных.* Для создания из поступающих данных информации, отражающей деятельность фирмы, используют следующие типовые операции:

- классификация или группировка. Первичные данные обычно имеют вид кодов, состоящих из одного или нескольких символов. Эти коды, выражающие определенные признаки объектов, используются для идентификации и группировки записей.

*Пример.* При расчете заработной платы каждая запись включает в себя код (табельный номер) работника, код подразделения, в котором он работает, занимаемую должность и т. п. В соответствии с этими кодами можно произвести разные группировки;

- сортировка, с помощью которой упорядочивается последовательность записей;
- вычисления, включающие арифметические и логические операции, эти операции, выполняемые над данными, дают возможность получать новые данные;
- укрупнение или агрегирование, служащее для уменьшения количества данных и реализуемое в форме расчетов итоговых или средних значений.

*Хранение данных.* Многие данные на уровне операционной деятельности необходимо сохранять для последующего использования либо здесь же, либо на другом уровне. Для их хранения создаются базы данных.

*Создание отчетов (документов).* В информационной технологии обработки данных необходимо создавать документы для руководства и работников фирмы, а также для внешних партнеров. При этом документы могут создаваться как по запросу или в связи с проведенной фирмой операцией, так и периодически в конце каждого месяца, квартала или года.

*Примеры* информационных систем оперативного уровня: бухгалтерская; банковских депозитов; обработки заказов; регистрации авиабилетов; выплаты зарплаты и т.д.

Наибольшее число пакетов прикладных программ создано для бухгалтерского учета. Среди них можно отметить "Турбо-Бухгалтер", "Инфо-Бухгалтер", "Парус", "АВАС", и др.

Типичной информационной системой оперативного уровня является популярная программа "1С: Бухгалтерия" фирмы "1С" для Windows. Эта программа предоставляет широкие возможности манипулирования бухгалтерскими данными.

Программа "1С:Бухгалтерия" входит в комплекс программ "1 С: Предприятие", который включает также разделы "1С:Торговля+Склад" и "1С:Зарплата+Кадры".

Справочное и информационное обеспечение экономической деятельности представлено следующими пакетами программ: "ГАРАНТ" (налоги, бухучет, аудит, предпринимательство, банковское дело, валютное регулирование, таможенный контроль), "КОНСУЛЬТАНТ+" (налоги, бухучет, аудит, предпринимательство, банковское дело, валютное регулирование, таможенный контроль).

## **2.3 ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ**

*Цель информационной технологии управления* - удовлетворение информационных потребностей всех без исключения сотрудников фирмы, имеющих дело с принятием решений. Она может быть полезна на любом уровне управления.

Для принятия решений на уровне управленческого контроля информация должна быть представлена в агрегированном виде так, чтобы просматривались тенденции изменения данных, причины возникших отклонений и возможные решения. На этом этапе решаются следующие задачи обработки данных:

- оценка планируемого состояния объекта управления;
- оценка отклонений от планируемого состояния;
- выявление причин отклонений;
- анализ возможных решений и действий.

Эта технология ориентирована на работу в среде информационной системы управления и используется при худшей структурированности решаемых задач, если их сравнивать с задачами, решаемыми с помощью информационной технологии обработки данных.

ИС управления идеально подходят для удовлетворения сходных информационных потребностей работников различных функциональных подсистем (подразделений) или уровней управления фирмой. Поставляемая ими информация содержит сведения о прошлом, настоящем и вероятном будущем фирмы. Эта информация имеет вид регулярных или специальных управленческих отчетов.

*Регулярные отчеты* создаются в соответствии с установленным графиком,

определяющим время их создания, например месячный анализ продаж компании.

*Специальные отчеты* создаются по запросам управленцев или когда в компании произошло что-то незапланированное.

И те, и другие виды отчетов могут иметь форму суммирующих, сравнительных и чрезвычайных отчетов.

В суммирующих отчетах данные объединены в отдельные группы, отсортированы и представлены в виде промежуточных и окончательных итогов по отдельным полям.

*Сравнительные отчеты* содержат данные, полученные из различных источников или классифицированные по различным признакам и используемые для целей сравнения.

*Чрезвычайные отчеты* содержат данные исключительного (чрезвычайного) характера.

Использование отчетов для поддержки управления оказывается особенно эффективным при реализации так называемого управления по отклонениям.

*Управление по отклонениям* предполагает, что главным содержанием получаемых менеджером данных должны являться отклонения состояния хозяйственной деятельности фирмы от некоторых установленных стандартов (например, от ее запланированного состояния).

### Основные компоненты

Основные компоненты информационной технологии управления показаны на рис. 2.3.

Входная информация поступает из систем операционного уровня. Выходная информация формируется в виде управленческих отчетов в удобном для принятия решения виде.

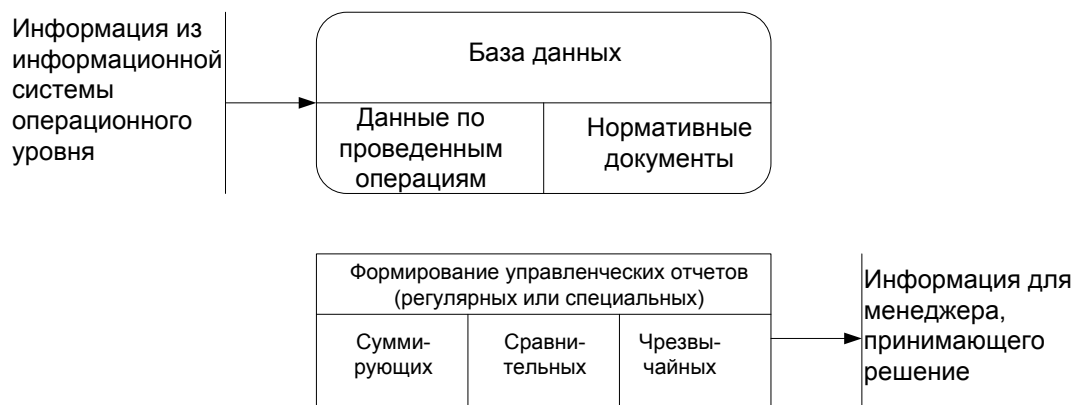


Рис.2.3 - Основные компоненты информационной технологии управления

Содержимое базы данных при помощи соответствующего программного обеспечения преобразуется в периодические и специальные отчеты, поступающие к специалистам, участвующим в принятии решений в организации. База данных, используемая для получения указанной информации, должна состоять из двух элементов:

- 1) данных, накапливаемых на основе оценки операций, проводимых фирмой;
- 2) планов, стандартов, бюджетов и других нормативных документов, определяющих планируемое состояние объекта управления (подразделения фирмы).

*Пример.*

Экономическая и финансовая деятельность поддерживается следующими пакетами программ:

Программный продукт Audit Expert, разработанный фирмой ПроИнвест-

Консалтинг, является эффективным инструментом комплексного анализа финансового состояния и результатов деятельности предприятия. Приведение финансовой отчетности к международному стандарту позволяет Audit Expert преобразовать данные финансовой отчетности предприятий за разные годы в аналитические таблицы, соответствующие требованиям Международных стандартов бухгалтерского учета. Такой подход делает результаты анализа понятными как для российских, так и для иностранных экспертов. Отчеты формируются как на русском, так и на английском языке.

"Экономический анализ и прогноз деятельности фирмы, организации" (фирма ИНЕК), реализующий функции: экономический анализ деятельности фирмы, предприятия; бизнес-план; технико-экономическое обоснование возврата кредитов; анализ и отбор вариантов деятельности; прогноз баланса, потоков денежных средств и готовой продукции;

"Финансовый анализ предприятия" (фирма Инфософт), реализующий функции: общая оценка финансового состояния; анализ финансовой устойчивости; анализ ликвидности баланса; анализ финансовых коэффициентов (ликвидность, маневренность, покрытие, соотношение заемных и собственных средств); анализ коэффициентов деловой активности; расчет и анализ коэффициентов оборачиваемости; оценка рентабельности производства.

В области создания финансово-кредитных систем работают фирмы "Диа-софт", "Инверсия", R-Style, Программбанк, "Асофт" и др.

## ***2.4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ОФИСНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ***

Исторически автоматизация началась на производстве и затем распространилась на офис, имея вначале целью лишь автоматизацию рутинной секретарской работы. По мере развития средств коммуникаций автоматизация офисных технологий заинтересовала специалистов и управленцев, которые увидели в ней возможность повысить производительность своего труда.

Автоматизация офиса призвана не заменить существующую традиционную систему коммуникации персонала (с ее совещаниями, телефонными звонками и приказами), а лишь дополнить ее. Совместное использование этих систем обеспечивает рациональную автоматизацию управленческого труда и наилучшее обеспечение управленцев информацией.

Автоматизированный офис привлекателен для менеджеров всех уровней управления в фирме не только потому, что поддерживает внутрифирменную связь персонала, но также потому, что предоставляет им новые средства коммуникации с внешним окружением.

***Информационная технология автоматизированного офиса*** - организация и поддержка коммуникационных процессов как внутри организации, так и с внешней средой на базе компьютерных сетей других современных средств передачи и работы с информацией

Офисные автоматизированные технологии используются управленцами, специалистами, секретарями и конторскими служащими, особенно они привлекательны для группового решения проблем. Они позволяют повысить производительность труда секретарей и конторских работников и дают им возможность справляться с возрастающим объемом работ. Однако это преимущество является второстепенным по сравнению с возможностью использования автоматизации офиса в качестве инструмента для решения проблем. Улучшение и ускорение принимаемых менеджерами решений в результате их более совершенной коммуникации способно обеспечить экономический рост фирмы.

В настоящее время известно несколько десятков программных продуктов для компьютеров и некомпьютерных технических средств, обеспечивающих технологию автоматизации офиса: текстовый процессор, табличный процессор, электронная почта, электронный календарь, аудиопочта, компьютерные и телеконференции, видеотекст, хранение изображений, а также специализированные программы управленческой деятельности: ведения документов, контроля за исполнением приказов и т.д.

Автоматизацию офиса дополняют некомпьютерные средства: аудио и видеоконференции, факсимильная связь, ксерокс и другие средства оргтехники.

## Основные компоненты

База данных является обязательным компонентом любой информационной технологии. В автоматизированном офисе база данных концентрирует в себе данные о производственной системе фирмы так же, как в технологии обработки данных на операционном уровне. Информация в базу данных может также поступать из внешнего окружения фирмы. Специалисты должны владеть основными технологическими операциями по работе в среде баз данных.

*Пример.* В базе данных собираются сведения о ежедневных продажах, передаваемые торговыми агентами фирмы на главный компьютер, или сведения о еженедельных поставках сырья. Могут ежедневно по электронной почте поступать с биржи сведения о курсе валют или котировках ценных бумаг, в том числе и акций этой фирмы, которые ежедневно корректируются в соответствующем массиве базы данных.

Информация из базы данных поступает на вход компьютерных приложений (программ), таких, как текстовый процессор, табличный процессор, электронная почта, компьютерные конференции и пр. Любое компьютерное приложение автоматизированного офиса обеспечивает работникам связь друг с другом и с другими фирмами.

*Текстовый процессор* - это вид прикладного программного обеспечения, предназначенный для создания и обработки текстовых документов. Таким образом, в распоряжении менеджера имеется эффективный вид письменной коммуникации. Регулярное получение подготовленных с помощью текстового процессора писем и докладов дает возможность менеджеру постоянно оценивать ситуацию на фирме.

*Электронная почта* (E-mail), основываясь на сетевом использовании компьютеров, дает возможность пользователю получать, хранить и отправлять сообщения своим партнерам по сети. Здесь имеет место только однонаправленная связь. Это ограничение, по мнению многих исследователей, не является слишком важным, поскольку в пятидесяти случаях из ста служебные переговоры по телефону имеют целью лишь получение информации. Для обеспечения двухсторонней связи придется многократно посылать и принимать сообщения по электронной почте или воспользоваться другим способом коммуникации.

Электронная почта может предоставлять пользователю различные возможности в зависимости от используемого программного обеспечения. Чтобы посылаемое сообщение стало доступно всем пользователям электронной почты, его следует поместить на компьютерную доску объявлений, при желании можно указать, что это частная корреспонденция. Вы также можете послать отправленное с уведомлением о его получении адресатом.

Аудиопочта - это почта для передачи сообщений голосом. Она напоминает электронную почту, за исключением того, что вместо набора сообщения на клавиатуре компьютера вы передаете его через телефон. Также по телефону вы получаете присланные сообщения. Система включает в себя специальное устройство для преобразования аудиосигналов в цифровой код и обратно, а также компьютер для хранения аудиосообщений в цифровой форме. Аудиопочта *также* реализуется в сети. Система будет периодически обзванивать всех указанных сотрудников для передачи им сообщения.

*Табличный процессор* так же, как и текстовый процессор, является базовой составляющей информационной культуры любого сотрудника и автоматизированной офисной технологии. Без знания основ технологии работы в нем невозможно полноценно использовать персональный компьютер в своей деятельности. Функции современных программных сред табличных процессоров позволяют выполнять многочисленные операции над данными, представленными в табличной форме. Объединяя эти операции по общим признакам, можно выделить наиболее многочисленные и применяемые группы технологических операций:

- ввод данных как с клавиатуры, так и из баз данных;
- обработка данных (сортировка, автоматическое формирование итогов, копирование и перенос данных, различные группы операций по вычислениям, агрегирование данных и

т.д.);

- вывод информации в печатном виде, в виде импортируемых файлов в другие системы, непосредственно в базу данных;
- качественное оформление табличных форм представления данных;
- многоплановое и качественное оформление данных в виде диаграмм и графиков;
- проведение инженерных, финансовых, статистических расчетов;
- проведение математического моделирования и ряд других вспомогательных операций.

Любая современная среда табличного процессора имеет средства пересылки данных по сети.

*Электронный календарь* предоставляет еще одну возможность использовать сетевой вариант компьютера для хранения и манипулирования рабочим расписанием управленцев и других работников организации. Менеджер (или его секретарь) устанавливает дату и время встречи или другого мероприятия, просматривает получившееся расписание, вносит изменения при помощи клавиатуры. Техническое и программное обеспечение электронного календаря полностью соответствует аналогичным компонентам электронной почты. Более того, программное обеспечение календаря часто является составной частью программного обеспечения электронной почты.

Система дополнительно дает возможность получить доступ также и к календарям других менеджеров. Она может автоматически согласовать время встречи с их собственными расписаниями.

Использование электронного календаря оказывается особенно эффективным для менеджеров высших уровней управления, рабочие дни которых расписаны надолго вперед.

*Компьютерные конференции* используют компьютерные сети для обмена информацией между участниками группы, решающей определенную проблему. Естественно, круг лиц, имеющих доступ к этой технологии, ограничен. Количество участников компьютерной конференции может быть во много раз больше, чем аудио- и видеоконференций.

*Телеконференция* включает в себя три типа конференций: аудио, видео и компьютерную. Видеотекст основан на использовании компьютера для получения отображения текстовых и графических данных на экране монитора.

Обмен каталогами и ценниками (прайс-листами) своей продукции между компаниями в форме видеотекста приобретает сейчас все большую популярность. Что же касается компаний, специализирующихся на продаже видеотекста, то их услуги начинают конкурировать с такой печатной продукцией, как газеты и журналы. Так, во многих странах сейчас можно заказать газету или журнал в форме видеотекста, не говоря уже о текущих сводках биржевой информации.

*Хранение изображений.* В любой фирме необходимо длительное время хранить большое количество документов. Их число может быть так велико, что хранение даже в форме файлов вызывает серьезные проблемы. Поэтому возникла идея хранить не сам документ, а его образ (изображение), причем хранить в цифровой форме. Хранение изображений (imaging) является перспективной офисной технологией и основывается на использовании специального устройства

оптического распознавателя образов, позволяющего преобразовывать изображение документа или фильма в цифровой вид для дальнейшего хранения во внешней памяти компьютера. Сохраненное в цифровом формате изображение может быть в любой момент выведено в его реальном виде на экран или принтер. Для хранения изображений используются оптические диски

Идея хранения изображений не нова и реализовывалась раньше на основе микрофильмов. Созданию данной технологии способствовало появление нового технического решения - оптического диска в комбинации с цифровой записью изображения.

*Аудиоконференции* используют аудиосвязь для поддержания коммуникаций между территориально удаленными работниками или подразделениями фирмы. Наиболее простым техническим средством реализации аудиоконференций является телефонная



связь, оснащенная дополнительными устройствами, дающими возможность участия в разговоре более чем двум участникам. Создание аудиоконференций не требует наличия компьютера, а лишь предполагает использование двухсторонней аудиосвязи между ее участниками. Использование аудиоконференций облегчает принятие решений, оно дешево и удобно.

*Видеоконференции* предназначены для тех же целей, что и аудиоконференций, но с применением видеоаппаратуры. Их проведение также не требует компьютера. В процессе видеоконференции ее участники, удаленные друг от друга на значительное расстояние, могут видеть на телевизионном экране себя и других участников. Одновременно с телевизионным изображением передается звуковое сопровождение.

Хотя видеоконференции позволяют сократить транспортные и командировочные расходы, большинство фирм применяет их не только по этой причине. Эти фирмы видят в них возможность привлечь к решению проблем максимальное количество менеджеров и других работников, территориально удаленных от главного офиса.

*Факсимильная связь* основана на использовании факс-аппарата, способного читать документ на одном конце коммуникационного канала и воспроизводить его изображение на другом. Факсимильная связь вносит свой вклад в принятие решений за счет быстрой и легкой рассылки документов участникам группы, решающей определенную проблему, независимо от их географического положения.

*Наиболее популярным набором программ для офисной автоматизации* является Microsoft Office. Продукты Microsoft Office тесно интегрированы между собой, они имеют более 50% общего программного кода. Это является основой однотипной работы со всеми приложениями.

## **2.5 ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

Системы поддержки принятия решений и соответствующая им информационная технология появились усилиями в основном американских ученых в конце 70-х - начале 80-х гг., чему способствовали широкое распространение персональных компьютеров, стандартных пакетов прикладных программ, а также успехи в создании систем искусственного интеллекта.

Главной особенностью информационной технологии поддержки принятия решений является качественно новый метод организации взаимодействия человека и компьютера. Выработка решения, что является основной целью этой технологии, происходит в результате итерационного процесса, в котором участвуют:

- система поддержки принятия решений (СППР) в роли вычислительного звена и объекта управления;
- лица, принимающего решение, оценивающего полученный результат вычислений на компьютере.

Окончание итерационного процесса происходит по воле человека. В этом случае можно говорить о способности информационной системы совместно с пользователем создавать новую информацию для принятия решений.

Дополнительно к этой особенности информационной технологии поддержки принятия решений можно указать еще ряд ее отличительных характеристик:

- ориентация на решение плохо структурированных (формализованных) задач;
- сочетание традиционных методов доступа и обработки компьютерных данных с возможностями математических моделей и методами решения задач на их основе;
- направленность на непрофессионального пользователя компьютера;
- высокая адаптивность, обеспечивающая возможность приспособливаться к особенностям имеющегося технического и программного обеспечения, а также требованиям пользователя.

Информационная технология поддержки принятия решений может использоваться на любом уровне управления. Кроме того, решения, принимаемые на различных уровнях

управления, часто должны координироваться. Поэтому важной функцией и систем, и технологий является координация лиц, принимающих решения, как на разных уровнях управления, так и на одном уровне.

### Основные компоненты

Рассмотрим структуру системы поддержки принятия решений (рис. 2.4), а также функции составляющих ее блоков, которые определяют основные технологические операции.

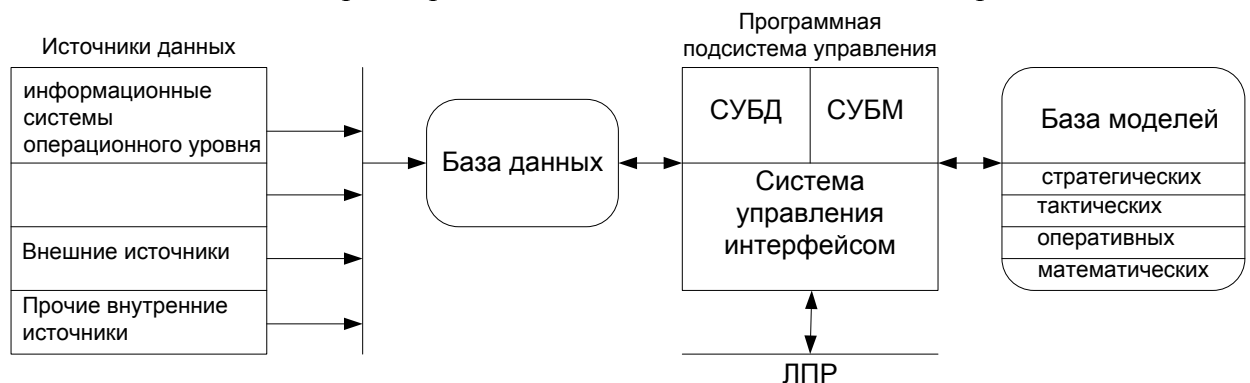


Рис. 2.4 - Основные компоненты информационной технологии поддержки принятия решений

В состав системы поддержки принятия решений входят три главных компонента: база данных, база моделей и программная подсистема, которая состоит из системы управления базой данных (СУБД), системы управления базой моделей (СУБМ) и системы управления интерфейсом между пользователем и компьютером.

*База данных* играет в информационной технологии поддержки принятия решений важную роль. Данные могут использоваться непосредственно пользователем для расчетов при помощи математических моделей. Рассмотрим источники данных и их особенности.

1) Часть данных поступает от информационной системы операционного уровня. Чтобы использовать их эффективно, эти данные должны быть предварительно обработаны.

2) Помимо данных об операциях фирмы для функционирования системы поддержки принятия решений требуются и другие внутренние данные, например данные о движении персонала, инженерные данные и т.п., которые должны быть своевременно собраны, введены и поддержаны.

3) Важное значение, особенно для поддержки принятия решений на верхних уровнях управления, имеют данные из внешних источников. В числе необходимых внешних данных следует указать данные о конкурентах, национальной и мировой экономике. В отличие от внутренних данных внешние данные обычно приобретаются у специализирующихся на их сборе организаций.

4) В настоящее время широко исследуется вопрос о включении в базу данных еще одного источника данных - документов, включающих в себя записи, письма, контракты, приказы и т.п. Если содержание этих документов будет записано в памяти и затем обработано по некоторым ключевым характеристикам (поставщикам, потребителям, датам, видам услуг и др.), то система получит новый мощный источник информации.

*База моделей.* Целью создания моделей являются описание и оптимизация некоторого объекта или процесса. Использование моделей обеспечивает проведение анализа в системах поддержки принятия решений. Модели, базируясь на математической интерпретации проблемы, при помощи определенных алгоритмов способствуют нахождению информации, полезной для принятия правильных решений.

*Пример.* Модель линейного программирования дает возможность определить наиболее выгодную производственную программу выпуска нескольких видов продукции при заданных ограничениях на ресурсы.

Использование моделей в составе информационных систем началось с применения

статистических методов и методов финансового анализа, которые реализовывались командами обычных алгоритмических языков. Позже были созданы специальные языки, позволяющие моделировать ситуации типа "что будет, если?" или "как сделать, чтобы?". Такие языки, созданные специально для построения моделей, дают возможность построения моделей определенного типа, обеспечивающих нахождение решения при гибком изменении переменных.

*Существует множество типов моделей* и способов их классификации, например, по цели использования, области возможных приложений, способу оценки переменных и т. п.

*По цели использования* модели подразделяются на оптимизационные, связанные с нахождением точек минимума или максимума некоторых показателей (например, управляющие часто хотят знать, какие их действия ведут к максимизации прибыли или минимизации затрат), и описательные, описывающие поведение некоторой системы и не предназначенные для целей управления (оптимизации).

*По способу оценки* модели классифицируются на детерминированные, использующие оценку переменных одним числом при конкретных значениях исходных данных, и стохастические, оценивающие переменные несколькими параметрами, так как исходные данные заданы вероятностными характеристиками.

Детерминированные модели более популярны, потому что они менее дорогие, их легче строить и использовать. К тому же часто с их помощью получается вполне достаточная информация для принятия решения.

*По области возможных приложений* модели разбиваются на специализированные, предназначенные для использования только одной системой, и универсальные - для использования несколькими системами.

Специализированные модели более дорогие, они обычно применяются для описания уникальных систем и обладают большей точностью.

В системах поддержки принятия решения база моделей состоит из стратегических, тактических и оперативных моделей, а также математических моделей в виде совокупности модельных блоков, модулей и процедур, используемых как элементы для их построения (см. рис.6).

Стратегические модели используются на высших уровнях управления для установления целей организации, объемов ресурсов, необходимых для их достижения, а также политики приобретения и использования этих ресурсов. Они могут быть также полезны при выборе вариантов размещения предприятий, прогнозировании политики конкурентов и т.п. Для стратегических моделей характерны значительная широта охвата, множество переменных, представление данных в сжатой агрегированной форме. Часто эти данные базируются на внешних источниках и могут иметь субъективный характер. Горизонт планирования в стратегических моделях, как правило, измеряется в годах. Эти модели обычно детерминированные, описательные, специализированные для использования на одной определенной фирме.

Тактические модели применяются управляющими (менеджерами) среднего уровня для распределения и контроля использования имеющихся ресурсов. Среди возможных сфер их использования следует указать: финансовое планирование, планирование требований к работникам, планирование увеличения продаж, построение схем компоновки предприятий. Эти модели применимы обычно лишь к отдельным частям фирмы (например, к системе производства и сбыта) и могут также включать в себя агрегированные показатели. Временной горизонт, охватываемый тактическими моделями, - от одного месяца до двух лет. Здесь также могут потребоваться данные из внешних источников, но основное внимание при реализации данных моделей должно быть уделено внутренним данным фирмы. Обычно тактические модели реализуются как детерминированные, оптимизационные и универсальные.

Оперативные модели используются на низших уровнях управления для поддержки принятия оперативных решений с горизонтом, измеряемым днями и неделями. Возможные применения этих моделей включают в себя ведение дебиторских счетов и кредитных расчетов, календарное производственное планирование, управление запасами и

т.д. Оперативные модели обычно используют для расчетов внутрифирменные данные. Они, как правило, детерминированные, оптимизационные и универсальные (т.е. могут быть использованы в различных организациях).

Математические модели состоят из совокупности модельных блоков, модулей и процедур, реализующих математические методы. Сюда могут входить процедуры линейного программирования, статистического анализа временных рядов, регрессионного анализа и т.п. - от простейших процедур до сложных ППП.

*Пример.*

Программный продукт Forecast Expert, также разработанный фирмой Про-Инвест-Консалтинг, представляет собой универсальную систему прикладного прогнозирования. Forecast Expert предназначен для построения прогноза временного ряда. В качестве прогнозируемых могут выступать параметры как сфер производства и обращения - цены мирового рынка, спрос на изделия, объемы закупок комплектующих и производственных запасов при увеличении объема производства, цены комплектующих, параметры технологических процессов, так и финансового рынка - цены покупки и продажи акций, деловая активность участников рынка, объем предложений свободных средств инвесторами и многое другое.

Применение Forecast Expert позволяет проанализировать имеющиеся данные и построить прогноз с указанием границ доверительного интервала (при заданной вероятности прогноза) на период времени. Модель определяет степень влияния сезонных факторов и учитывает их при построении прогноза.

## **2.6 ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ**

Наибольший прогресс среди компьютерных информационных систем отмечен в области разработки экспертных систем (ЭС), основанных на использовании элементов искусственного интеллекта. Экспертные системы дают возможность менеджеру или специалисту получать консультации экспертов по любым проблемам, на основе которых этими системами накоплены знания.

Под **искусственным интеллектом** (ИИ) обычно понимают способности компьютерных систем к таким действиям, которые назывались бы интеллектуальными, если бы исходили от человека. Чаще всего здесь имеются в виду способности, связанные с человеческим мышлением. Работы в области искусственного интеллекта не ограничиваются экспертными системами. Они также включают в себя создание роботов, систем, моделирующих нервную систему человека, его слух, зрение, обоняние, способность к обучению.

Решение специальных задач требует специальных знаний. Главная идея использования технологии экспертных систем заключается в том, чтобы получить от эксперта его знания и, загрузив их в память компьютера, использовать всякий раз, когда в этом возникнет необходимость. Являясь одним из основных приложений искусственного интеллекта, экспертные системы представляют собой компьютерные программы, трансформирующие опыт экспертов в какой-либо области знаний в форму эвристических правил. На практике ЭС используются прежде всего как системы-советчики в тех ситуациях, где специалист сомневается в выборе правильного решения. Экспертные знания, хранящиеся в памяти системы, более глубокие и полные, чем соответствующие знания пользователя.

ЭС находят распространение при решении задач с принятием решений в условиях неопределенности (неполноты) для распознавания образов, в прогнозировании, диагностике, планировании, управлении, конструировании и т.д.

Типичная экспертная система состоит из решателя (интерпретатора), БД (базы данных), БЗ (базы знаний), компонентов приобретения знаний, объяснительного и диалогового компонентов.

*БД* предназначена для хранения исходных и промежуточных данных, используемых для решения задач, фактографических данных.

*Решатель*, используя исходные данные из БД и знания из БЗ, обеспечивает

решение задач для конкретных ситуаций.

*Компонент приобретения знаний* автоматизирует процесс наполнения БЗ.

*Объяснительный компонент* объясняет, как система получила решение задачи (или почему не получила) и какие знания она при этом использовала. Диалоговый компонент обеспечивает диалог между экспертной системой и пользователем в процессе решения задачи и приобретения знаний.

Экспертные системы создаются для решения разного рода задач профессиональной деятельности человека, и в зависимости от этого выполняют разные функции.

### **2.6.1 Типы экспертных систем**

Можно назвать несколько *типов современных экспертных систем*.

1) Экспертные системы первого поколения. Предназначены для решения хорошо структурированных задач, требующих небольшого объема эмпирических знаний. Сюда относятся классификационные задачи и задачи выбора из имеющегося набора вариантов.

2) Оболочки ЭС. Имеют механизм ввода-вывода, но БЗ пустая. Требуется настройка на конкретную предметную область. Знания приобретаются в процессе функционирования ЭС, способной к самообучению.

3) Гибридные ЭС. Предназначены для решения различных задач с использованием БЗ. Это задачи с использованием методов системного анализа, исследования операций, математической статистики, обработки информации. Пользователь имеет доступ к объективизированным знаниям, содержащимся в БЗ и пакетах прикладных программ.

4) Сетевые ЭС. Между собой связаны несколько экспертных систем. Результаты решения одной из них являются исходными данными для другой системы. Эффективны при распределенной обработке информации.

При разработке экспертных систем должны участвовать: эксперт той предметной области, задачи которой будет решать система; инженер по знаниям - специалист по разработкам систем; программист - специалист по разработке инструментальных средств. Эксперт определяет знания, то есть описывает предметную область в виде совокупности данных и правил, обеспечивает полноту и правильность введенных в экспертную систему знаний. Данные определяют объекты, их характеристики и значения. Правила указывают на способы манипулирования данными.

Инженер по знаниям помогает эксперту: выявить и структурировать знания, необходимые для функционирования экспертной системы; осуществить выбор инструментальных средств, которые наиболее эффективны для решения задач в данной предметной области; указать способы представления знаний. Программист разрабатывает инструментальную среду, включающую все компоненты экспертной системы, производит ее сопряжение с другими существующими системами.

### **2.6.2 Виды знаний**

1) *Понятийные знания*. Это набор понятий, которыми пользуется ЛПР, работающий в некоторой области интеллектуальной, управляющей деятельности, а также свойства и взаимосвязи этих понятий. Эта категория знаний в основном вырабатывается в сфере фундаментальных наук.

2) *Конструктивные знания* (близкие к понятийным знаниям). Это знания о структуре и взаимодействии частей различных объектов. Они в основном составляют содержание технических, прикладных наук. К примеру, если взять программирование, то понятийное знание - знание о структуре операторов, данных, языка программирования. Конструктивное знание - это знание об устройстве конкретных программ, о типичных алгоритмах.

3) *Процедурные знания.* К ним относятся методические правила решения различных задач, с которыми ЛПР уже сталкивался и их решать. В производственной сфере аналогом процедурных знаний являются технологические знания различных производственных процессов. Процедурные знания - это опыт интеллектуальной, управляющей деятельности ЛПР в определенной предметной области.

4) *Фактографические знания.* Они включают в себя количественные и качественные характеристики конкретных объектов, явлений и их элементов. Их накопление ведется в виде таблиц, справочников, файлов, БД.

### 2.6.3 Способы формализованного представления знаний в БЗ

Формализованное представление знаний в информационных технологиях управления в виде интеллектуальных систем является первичным. Рассмотрим распространенные способы их формализованного представления.

1) **Представление знаний продукционными правилами.** Продукционные правила представляют знания в форме ЕСЛИ - ТО. Системы, использующие представления знаний продукционными правилами, называются продукционными. Это самый наглядный и простой способ. В таких системах представления знаний имеются средства, позволяющие использовать в данных и правилах нечеткую информацию с определенной вероятностью, называемой фактором уверенности.

2) **Логика предикатов (раздел математической логики).** Константы и переменные определяют отдельные объекты и обозначаются буквами или набором букв (U, V, W, X, Y). Последовательность из n констант или переменных (n - конечно,  $n > 1$ ) называется функцией. Атомарным предикатом называется последовательность из n сущностей и понятий, описанных константами, переменными или функциями.

Предикат принимает одно из двух значений: истина или ложь. Предикат, в котором все переменные, константы и функции связаны между собой, называется предложением. Предложения используются для представления знаний. Логика предикатов обеспечивает высокий уровень модульности знаний (представляет их как единое целое в определенной предметной области) и позволяет выяснить, имеются или отсутствуют противоречия между новыми и уже существующими знаниями. Но чрезмерный уровень формализации представления знаний, трудность их прочтения снижают эффективность обработки. Кроме этого, в логике предикатов все отношения описываются предикатами, что не позволяет при компьютерной обработке полностью отразить свойства структуры данных. Для программирования используется язык логического типа ПРОЛОГ.

3) **Модель доски объявлений.** Модель представляется как совокупность отдельных проблем, каждая из которых составляет отдельное множество знаний. Все множества модели используются согласованно как единое целое и управляются через общую рабочую область памяти, называемую доской объявлений. Отдельное множество знаний называется источником знаний (ИЗ), и каждый ИЗ строится как продукционная система.

4) **Семантические сети.** Знания можно рассматривать как отношения между понятиями и сущностями, являющимися конкретными объектами реального мира. Понятия и отношения можно представить в виде семантической сети, состоящей из вершин и дуг. В вершинах располагаются понятия, а направленные связи между вершинами соответствуют различного рода отношениям между этими понятиями. Семантические сети могут быть выполнены обучаемыми и растущими, что означает возможность автоматического добавления в сеть новых узлов по мере появления в опыте ее использования новых понятий, а также увеличение весовых коэффициентов, соответствующих дугам. В процессе ее обучения между существующими узлами также могут устанавливаться дополнительные связи.

5) **Фреймовые системы.** Фреймы рассматриваются как структура описания отдельной сущности или понятия. Они могут быть в виде их совокупностей,

представляемых как отдельное множество знаний, относящихся к одному объекту. Каждый фрейм состоит из множества элементов, называемых слотами, которые в свою очередь представляются определенной структурой данных. Каждый фрейм и слот имеют имя, единственное во всей фреймовой системе. В значение слота содержится конкретную информацию.

Фреймы не связаны в сеть. Управление большим числом источников знаний выполняется самим пользователем путем вызова нужных процедур (в других способах это выполняет сама система). Для поиска нужного объекта задаются значения слотов. Если данные удовлетворяют условиям всех слотов, то объект считается найденным.

#### 2.6.4 Области применения ЭС

*ЭС в задачах интерпретации*, как правило, используют информацию от датчиков для описания ситуации. В качестве примера приведем интерпретацию показаний измерительных приборов на химическом заводе для определения состояния процесса. Интерпретирующие системы имеют дело не с четкими символьными представлениями проблемной ситуации, а непосредственно с реальными данными. Они сталкиваются с затруднениями, которых нет у систем других типов, потому что им приходится обрабатывать информацию зашумленную, недостаточную, неполную, ненадежную или ошибочную. Им необходимы специальные методы регистрации характеристик непрерывных потоков данных, сигналов или изображений и методы их символьного представления.

*Интерпретирующие ЭС* могут обработать разнообразные виды данных. Например, системы анализа сцен и распознавания речи, используя естественную информацию, - в одном случае визуальные образы, в другом - звуковые сигналы, - анализируют их характеристики и понимают их смысл. Интерпретация в области химии использует данные дифракции рентгеновских лучей, спектрального анализа или ядерно-магнитного резонанса для вывода химической структуры веществ. Интерпретирующая система в геологии использует каротажное зондирование - измерение проводимости горных пород в буровых скважинах и вокруг них, - чтобы определить подповерхностные геологические структуры. Медицинские интерпретирующие системы используют показания следящих систем (например, значения пульса, кровяного давления), чтобы установить диагноз или тяжесть заболевания. Наконец, в военном деле интерпретирующие системы используют данные от радаров, радиосвязи и сонарных устройств, чтобы оценить ситуацию и идентифицировать цели.

*ЭС в задачах прогнозирования* определяют вероятные последствия заданных ситуаций. Примерами служат прогноз ущерба урожаю от некоторого вида вредных насекомых, оценивание спроса на нефть на мировом рынке в зависимости от складывающейся геополитической ситуации и прогнозирование места возникновения следующего вооруженного конфликта на основании данных разведки. Системы прогнозирования иногда используют имитационное моделирование, т.е. программы, которые отражают причинно-следственные взаимосвязи в реальном мире, чтобы сгенерировать ситуации или сценарии, которые могут возникнуть при тех или иных входных данных. Эти возможные ситуации вместе со знаниями о процессах, порождающих эти ситуации, образуют предпосылки для прогноза.

*ЭС в задачах диагностики* используют описания ситуаций, характеристики поведения или знания о конструкции компонент, чтобы установить вероятные причины неправильного функционирования диагностируемой системы. Примерами служат: определение причин заболевания по симптомам, наблюдаемым у пациентов; локализация неисправностей в электронных схемах и определение неисправных компонент в системе охлаждения ядерных реакторов. Диагностические системы часто являются консультантами, которые не только ставят диагноз, но также помогают в отладке. Они могут взаимодействовать с *пользователем*, чтобы оказать помощь при поиске неисправностей, а затем предложить порядок действий по их устранению. Медицина представляется вполне естественной областью для диагностирования, и действительно, в медицинской области было разработано больше диагностических систем, чем в любой другой отдельно взятой предметной области.

*ЭС, применяемые в области проектирования,* разрабатывают конфигурации объектов с учетом набора ограничений, присущих проблеме. Учитывая то, что проектирование столь тесно связано с планированием, многие проектирующие системы содержат механизмы разработки и уточнения планов для достижения желаемого проекта. Наиболее часто встречающиеся области применения планирующих ЭС - химия, электроника и военное дело.

*ЭС, которые используются для решения задач наблюдения,* сравнивают действительное поведение с ожидаемым поведением системы. Примерами могут служить слежение за показаниями измерительных приборов в ядерных реакторах с целью обнаружения аварийных ситуаций или оценку данных мониторинга больных, помещенных в блоки интенсивной терапии. Наблюдающие ЭС подыскивают наблюдаемое поведение, которое подтверждает их ожидания относительно нормального поведения или их предположения о возможных отклонениях. Наблюдающие ЭС по самой своей природе должны работать в режиме реального времени.

*ЭС в задачах отладки* находят рецепты для исправления неправильного поведения устройств. Примерами могут служить настройка компьютерной системы с целью преодолеть некоторый вид затруднений в ее работе; выбор типа обслуживания, необходимого для устранения неисправностей в телефонном кабеле; выбор ремонтной операции для исправления известной неисправности в насосе.

*ЭС в задачах ремонта* аппаратуры следуют плану, который предписывает некоторые рецепты восстановления. Примером является настройка масс-спектрометра, т.е. установка ручек регулировки прибора в положение, обеспечивающее достижение оптимальной чувствительности, совместимой с правильным отношением величин пиков и их формы. Пока что было разработано очень мало ремонтных ЭС отчасти потому, что необходимость фактического выполнения ремонтных процедур на объектах реального мира дополнительно усложняет задачу. Ремонтным системам также необходимы диагностирующие, отлаживающие и планирующие процедуры для производства ремонта.

*ЭС в области обучения* подвергают диагностике, "отладке" и исправлению ("ремонту") поведение обучаемого. В качестве примеров приведем обучение студентов отысканию неисправностей в электрических цепях, обучение военных моряков обращению с двигателем на корабле и обучение студентов-медиков выбору антимикробной терапии. Обучающие системы создают модель того, что обучающийся знает и как он эти знания применяет к решению проблемы. Системы диагностируют и указывают обучающемуся его ошибки, анализируя модель и строя планы исправлений указанных ошибок. Они исправляют поведение обучающихся, выполняя эти планы с помощью непосредственных указаний обучающимся.

*ЭС в задачах управления* адаптивно руководят поведением системы в целом. Примерами служат управление производством и распределением компьютерных систем или контроль за состоянием больных при интенсивной терапии. Управляющие ЭС должны включать наблюдающие компоненты, чтобы отслеживать поведение объекта на протяжении времени, но они могут нуждаться также и в других компонентах для выполнения любых или всех из уже рассмотренных типов задач: интерпретации, прогнозирования, диагностики, проектирования, планирования, отладки, ремонта и обучения. Типичная комбинация задач состоит из наблюдения, диагностики, отладки, планирования и прогноза.



## ЛЕКЦИЯ №3 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 4.1 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМАХ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

#### 5.3.1 ЭВМ при выборе решений в области технологии, организации, планирования и управления производством

Применение компьютерных информационных технологий позволяет в ряде случаев при сравнительно небольших затратах получать ценные управленческие решения. Составление экономико-математических моделей и проведение расчетов с помощью компьютера позволяют быстро и относительно недорого проводить разработку и сравнение многочисленных вариантов планов и управленческих решений.

Многовариантность выбора - одно из ценнейших качеств рассматриваемых методов. Однако в настоящее время практическое применение экономико-математических методов в управлении и планировании производственной деятельностью, несмотря на оснащение управленческих служб средствами вычислительной техники, далеко не соответствует имеющемуся в этой области научному запасу.

Трудности практического внедрения экономико-математических методов связаны со многими объективными и субъективными причинами, но прежде всего обусловлены сложностью экономических процессов и явлений, невозможностью расчленения больших систем на обозримые части с целью их автономного рассмотрения, а также *необходимостью* учитывать наряду с технологическими аспектами и поведение людей.

Поэтому практически приемлемым путем является включение компьютерных решений конкретных типовых задач в процесс принятия управленческих решений руководителем. При этом необходимо сочетать опыт и трудноформализуемые знания руководителя, хорошо знающего производственную и хозяйственную стороны управленческой деятельности, с производительностью и многовариантностью компьютерно-математических методов.

В настоящее время имеются отработанные методы решения ряда типовых задач по организации и планированию производства, для которых могут быть применены компьютерные технологии. Все эти задачи могут быть классифицированы следующим образом.

1) Задачи в области организации производства. К ним относятся, например, задачи организации проектирования, ремонта машин, транспорта и складского хозяйства, задачи управления качеством, расчета потребности в ресурсах (трудовых, материальных, технических) с распределением во времени на основе календарного плана производства и т.п.

2) Задачи планирования производства. К ним относятся, например, задачи планирования производства товарной продукции, технического развития и повышения эффективности производства, труда и заработной платы, механизации и материально-технического обеспечения производства, задачи анализа производственно-хозяйственной деятельности и т.п.

Такие отработанные решения определенных типовых задач базируются на методах имитационного моделирования, линейного программирования, вероятностного моделирования и других методах.

Возможность практического решения указанных задач в настоящее время расширяется в связи с компьютеризацией всех звеньев управленческого аппарата, созданием локальных и объединенных вычислительных сетей, организацией локальных и централизованных информационных баз данных и обеспечением к ним оперативного доступа.

### 5.3.2 Возможности использования новых информационных технологий в системах организационного управления

*Современные информационные технологии* определяются как непрерывные процессы обработки, хранения, передачи и отображения информации, направленные на эффективное использование информационных ресурсов, средств вычислительной техники и передачи данных при управлении системами различного класса и назначения.

ИТ существенно увеличивают степень автоматизации всех информационных процессов, что является предпосылкой для ускорения темпов научно-технического прогресса, повышения производительности и эффективности управленческого труда.

Основу современных информационных технологий составляют *четыре* технических достижения:

- 1) развитие носителей информации, позволяющих хранить практически неограниченные объемы информации;
- 2) развитие средств связи, обеспечивающих доставку информации в любую точку земного шара без существенных ограничений во времени;
- 3) возможность автоматизированной обработки информации в местах ее возникновения с помощью персональной ЭВМ;
- 4) возможности удаленного доступа и обработки информации, хранящейся в распределенных базах и банках данных.

ИТ развивались в процессе целенаправленной интеграции средств *хранения*, обработки, передачи и представления информации в комплексные системы, обеспечивающие циркуляцию требуемых потоков данных в рамках определенных организационных систем.

На современном этапе автоматизированная обработка данных в организационных системах характеризуется переходом от централизованной обработки информации к распределенной (децентрализованной), на основе широкого применения персональных ЭВМ.

Объединение ЭВМ в сети (локальные и региональные) позволяет пользователям сочетать преимущества автономной распределенной обработки информации с возможностями индивидуального доступа к общим информационным ресурсам отдела, предприятия, района и т.д.

Ввод и обработка информации на рабочем месте сотрудника (руководителя и специалиста) с использованием ПК позволяет повысить качество, точность, своевременность и актуальность подготавливаемых документов и увеличить скорость их подготовки.

Объединение автоматизированных рабочих мест сотрудников в локальные вычислительные сети (ЛВС) позволяет снизить затраты на информационный обмен, решить задачу оптимального использования вычислительных мощностей и ресурсов. Включение в качестве элемента ЛВС высокопроизводительной ЭВМ с внешними запоминающими устройствами большого объема позволяет централизовать информацию, необходимую для совместной обработки всеми пользователями сети и исключить дублирование такой информации.

Технические средства "электронной почты" и вычислительных систем позволяют внедрять в организационных системах безбумажные технологии, при которых часть информационных потоков и массивов (файлов) переносятся на бумажный носитель лишь в строго регламентированных случаях, связанных в основном с подготовкой и представлением в официальных итоговых отчетов.

В современном учреждении выполняется несколько десятков видов работ, включающих:

- осуществление информационных коммуникаций внутри организации и между организациями;

- изучение, поиск, накопление и генерирование информации (чтение документов, подготовка отчетов, писем, ответов на письма, поиск необходимых данных, ведение архивов и т.п.);
- анализ данных и принятие решений;
- управление функционированием организации;
- информационное обслуживание руководителей и т. д.

Основными элементами современного "электронного" учреждения являются автоматизированные рабочие места (АРМы) пользователей, системы редактирования текстов, базы данных и средства управления ими (СУБД), информационно-вычислительные сети, электронная почта, средства печати и копирования документов и др.

*Автоматизированное рабочее место (АРМ)* - вычислительная система, предназначенная для автоматизации профессиональной деятельности.

Производительность труда при использовании АРМ на рутинных операциях, применяемых при подготовке и передаче документов увеличивается в несколько раз за счет применения специального программного обеспечения.

*Примеры функций* пользователей - сотрудников, реализуемые на АРМе соответствующего типа являются:

- подготовка документов, содержащих текстовые, табличные и графические фрагменты на основе анализа доступной информации;
- хранение и поиск информации;
- прием/передача документов (или их фрагментов) внутри учреждения и за его пределы;
- обеспечение режима использования и надежного хранения документов.

Функции АРМов руководителей организации и ее подразделений существенно отличаются от функций АРМ сотрудника (служащего, специалиста).

К основным функциям руководителя относятся: долгосрочное и оперативное планирование работ, общение со смежными подразделениями, проведение рабочих совещаний, выдача поручений и контроль за их выполнением, регистрация и исполнение поручений руководства, оценка деятельности сотрудников, подразделения и организации в целом и другие функции. Большинство этих функций может быть успешно реализовано при наличии соответствующего прикладного программного обеспечения АРМ руководителя.

Таким образом, внедрение информационных технологий в процесс управления организациями не ограничивается только автоматизацией сбора, хранения и представления данных, а распространяется также на анализ информации и поддержку принятия решений. В большинстве случаев решения принимаются на основе математического моделирования технико-экономической ситуации в конкретной предметной области. Рассматриваемое в таком аспекте АРМ руководителя становится усилителем его интеллекта, помогает находить достаточно эффективные (неубыточные) управленческие решения в сложных, динамически изменяющихся ситуациях.

Необходимость в обмене информацией в различных сферах управленческой деятельности, получении новых сведений в результате коллективного обсуждения проблем привели к таким формам общения, как конференции, семинары, совещания.

Практически ни одна серьезная сделка, ни один договор не могут быть заключены без обсуждения на различных уровнях промежуточных результатов, итогов, вариантов решения, заслушивания оппонентов и принятия соответствующих решений. Эта идея была реализована новом виде информационного обслуживания - *телеконференции*. Участники таких конференций, удаленные друг от друга на сотни и тысячи километров, благодаря современной электронике могут видеть друг друга, обмениваться данными и графической информацией дискутировать в условиях, максимально приближенных к реальной конференции.

Организация телеконференций требует привлечения весьма разнообразной

аппаратуры: терминалов, факсимильной связи, телевизионных камер, видеомэгнитофонов, компьютеров, модемов, акустической аппаратуры.

Новейшей технологией информационного обслуживания организаций являются создание и использование *автоматизированных информационных систем интеллектуального типа* (экспертные системы, функционирующие в режиме реального времени, ситуационные комнаты, интеллектуальные системы поддержки принятия решения и т.д.).

#### **4.2 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБУЧЕНИИ**

Создание и совершенствование компьютеров привело и продолжает приводить к созданию новых технологий в различных сферах научной и практической деятельности. Одной из таких сфер стало образование. Нетрадиционные информационные системы, связанные с обучением, называют информационно-обучающими.

*Автоматизированная обучающая система (АОС)* - комплекс программных, технических и учебно-методических средств, предназначенных для активного индивидуального обучения человека на основе программного управления этим обучением.

Благодаря своим конструктивным и функциональным особенностям современный персональный компьютер находит применение в обучении самым разнообразным дисциплинам и служит базой для создания большого числа новых информационных технологий обучения.

Компьютерная технология повышает интерес к обучению. В настоящее время существует огромное множество обучающих программ по самым разным предметам, ориентированных на самые различные категории учащихся, начиная с детских садов и заканчивая персоналом атомных электростанций.

##### *Типы обучающих программ*

Основанием для классификации служат обычно особенности учебной деятельности обучаемых при работе с программами. Обычно выделяют четыре типа обучающих программ:

- тренировочные и контролирующие;
- наставнические;
- имитационные и моделирующие;
- развивающие игры.

*Тренировочные программы* предназначены для закрепления умений и навыков. Предполагается, что теоретический материал уже изучен. Эти программы в случайной последовательности предлагают учащемуся вопросы и задачи и подсчитывают количество правильно и неправильно решенных задач (в случае правильного ответа может выдаваться поощряющая реплика, при неправильном ответе можно получить помощь в виде подсказки).

*Наставнические программы* предлагают ученикам теоретический материал для изучения. Задачи и вопросы служат в этих программах для организации человеко-машинного диалога, для управления ходом обучения. Так, если ответы, даваемые учеником, неверны, программа может "откатиться назад" для повторного изучения теоретического материала.

Программы наставнического типа являются прямыми наследниками средств программированного обучения 60-х годов в том смысле, что основным теоретическим источником современного компьютерного или автоматизированного обучения следует считать программированное обучение. В публикациях зарубежных специалистов и сегодня под термином "программированное обучение" понимают современные компьютерные технологии. Одним из основоположников концепции программированного обучения является американский психолог Б.Ф.Скиннер.

Главным элементом программированного обучения является программа, понимаемая как упорядоченная последовательность рекомендаций (задач), которые передаются с помощью программированного учебника и выполняются обучаемыми. Существует несколько разновидностей программированного обучения.

- линейное программированное обучение. Линейная программа характеризуется следующими особенностями:
- разветвленная программа. Разветвленная программа основана выборе одного правильного ответа из нескольких данных, она

Если основой линейной программы является стремление избежать ошибок, то разветвленная программа не направлена на ликвидацию ошибок в процессе обучения: ошибки трактуются как возможность обнаружить недостатки в знаниях обучаемых, а также выяснить, какие проблемы обучаемые уяснили недостаточно. Постепенно (линейное и разветвленное программированное) уступили место смешанным формам.

Существует и продолжает разрабатываться большое количество *инструментальных* программ такого вида. Общим их недостатком *является* высокая трудоемкость разработки, затруднения организационного и методического характера при использовании в реальном процессе обучения.

*Моделирующие программы* основаны на графических иллюстративных возможностях компьютера, с одной стороны, и вычислительных, с другой, и позволяют осуществлять *компьютерный* эксперимент. Такие программы предоставляют возможность наблюдать на экране дисплея некоторый процесс, влияя на его ход подачей команды с клавиатуры, меняющей значения параметров.

*Развивающие игры* предоставляют в распоряжение ученика некоторую воображаемую среду, существующий только в компьютере мир, набор каких-то возможностей и средств их реализации. Использование предоставляемых программой средств для реализации возможностей, связанных с изучением мира игры и деятельностью в этом мире, приводит к развитию обучаемого, формированию у него познавательных навыков, самостоятельному открытию им закономерностей, отношений объектов действительности, имеющих значение.

Наибольшее распространение получили обучающие программы первых двух типов в связи с их относительно невысокой сложностью, возможностью унификации при разработке многих блоков программ. Если программы 3-го и 4-го типов требуют большой работы программистов, психологов, специалистов в области изучаемого предмета, педагогов-методистов, то технология создания программ 1-го и 2-го типов сегодня сильно упростилась с появлением инструментальных средств или наполняемых автоматизированных обучающих систем.

В процессе контроля знаний широкое распространение получило компьютерное тестирование. В ряде стран тестирование вытеснило традиционные формы контроля - устные и письменные экзамены и собеседования.

Типы компьютерных тестовых заданий определяются способами однозначного распознавания ответных действий тестируемого в соответствии с моделью знаний.

Учебная мультимедиа и гипермедиа-технология представляет собой развитие технологии программированного обучения, хотя упор делается не на адаптивность обучения и его методическое обоснование, а на внешнюю иллюстративно-наглядную сторону. Современные графические и звуковые возможности компьютера обусловили появление средств гипер- и мультимедиа.

***Мультимедиа технология*** - представление информации в форме видеоизображения с применением мультипликации и звукового сопровождения.

***Гипермедиа технология*** - компьютерное представление данных различного типа, в котором автоматически поддерживаются смысловые связи между выделенными понятиями, объектами или разделами.

Научные исследования в данной области связаны с разработкой технологий создания учебных курсов большего размера на основе возможностей мульти- и гипермедиа. Под управлением компьютера система мультисред может производить в едином представлении объединение текста, графики, звуков, видеобразов и мультипликации. Технология мультимедиа в последнее время широко применяется для создания электронных книг и

учебников.

Развитием идей мультимедиа являются технологии компьютерной виртуальной реальности. В этом случае с помощью специальных экранов, датчиков, шлемов, перчаток и т.п. полностью моделируется управление, например, самолетом, так что у обучаемого возникает полная иллюзия того, что он находится в кабине самолета и им управляет.

### 4.3 АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Автоматизированные системы научных исследований (АСНИ)* представляют собой программно-аппаратные комплексы, обрабатывающие данные, поступающие от различного рода экспериментальных установок и измерительных приборов, и на основе их анализа облегчающие обнаружение новых эффектов и закономерностей (рис. 1).

Блок связи с измерительной аппаратурой преобразует к нужному виду информацию, поступающую от измерительной аппаратуры.

В базе данных хранится информация, поступившая из блока связи с измерительной аппаратурой, а также заранее введенная с целью обеспечения работоспособности системы.

Расчетный блок, выполняя программы из пакета прикладных программ, производит все математические расчеты, в которых может возникнуть потребность в ходе научных исследований.

Расчеты могут выполняться как по требованию исследователя, так и блока имитационного моделирования. При этом на основе математических моделей воспроизводится процесс, происходящий во внешней среде.

Экспертная система моделирует рассуждения специалистов данной предметной области. С ее помощью исследователь может классифицировать наблюдаемые явления, диагностировать течение следуемых процессов.

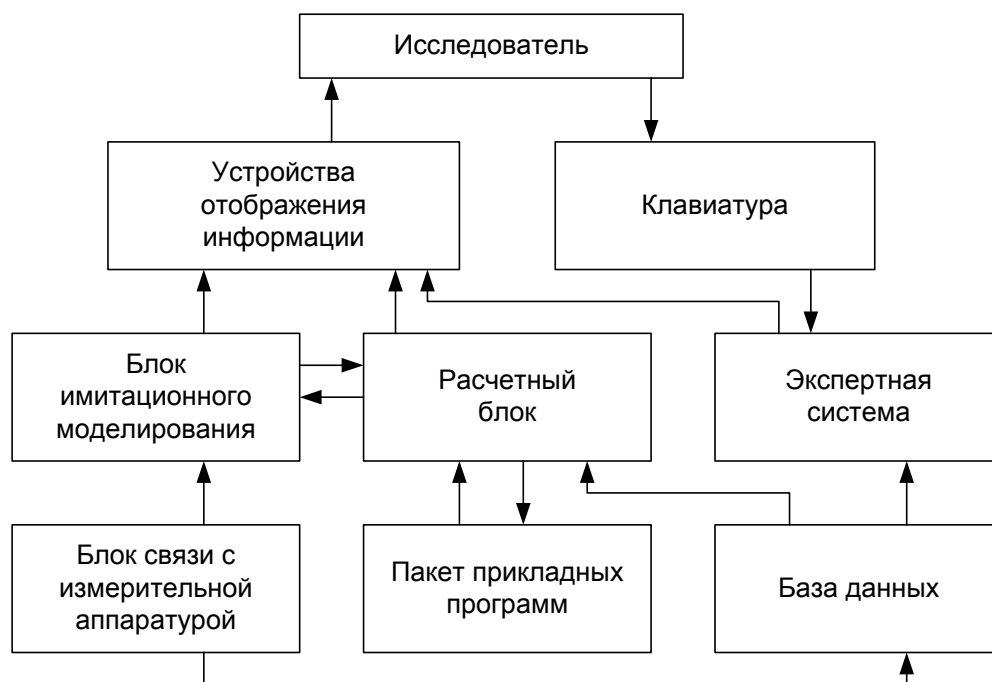


Рис. 4.1 - Типовая структура АСНИ

АСНИ получили широкое распространение в молекулярной химии, минералогии, биохимии, физике элементарных частиц и многих других науках.

#### **4.4 СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Близкими по своей структуре и функциям к системам автоматизации научных исследований оказываются системы автоматизированного проектирования (САПР).

САПР - комплекс программных и аппаратных средств, предназначенных для автоматизации процесса проектирования человеком технических изделий или продуктов интеллектуальной деятельности.

Проектирование новых изделий - основная задача изобретателей конструкторов, протекает в несколько этапов, таких как нормирование замысла, поиск физических принципов, обеспечивающих реализацию замыслов и требуемые значения конструкции, поиск конструктивных решений, их расчет и обоснование, создание опытного образца, разработка технологий промышленного изготовления. Если формирование замысла и поиск физических принципов пока остаются чисто творческими, не поддающимися автоматизации этапами, то при конструировании и расчетах с успехом могут быть применены САПР (рис. 4.2).

База данных, блок имитационного моделирования, расчетный блок и экспертная система выполняют функции, аналогичные функциям соответствующих блоков АСНИ. Вместо блока связи с измерительной аппаратурой в САПР имеется блок формирования заданий. Проектировщик вводит в блок техническое задание на проектирование, в котором указаны цели, которые необходимо достичь при проектировании, и все ограничения, которые нельзя нарушить. Блок подготовки технической документации облегчает создание технической документации для последующего изготовления изделия.

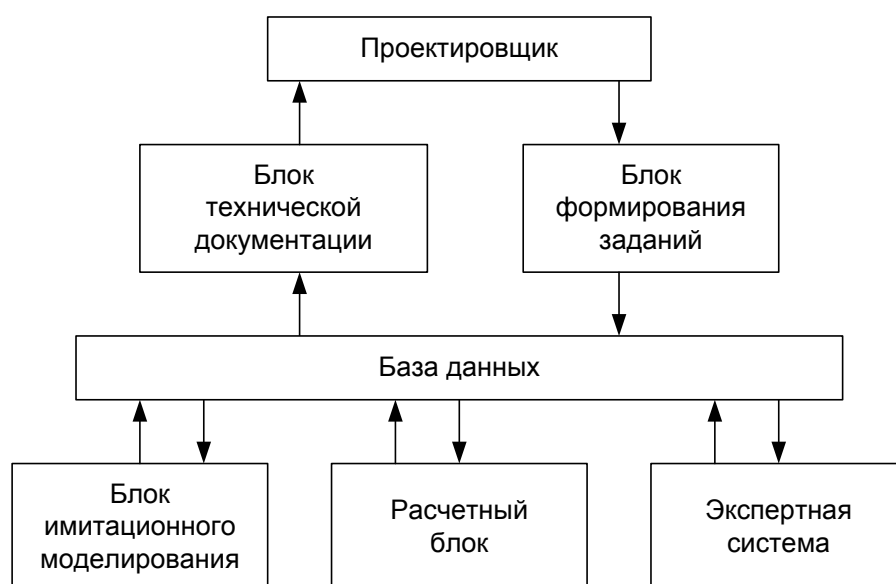


Рис 4.2 - Типовая схема САПР

Аппаратное обеспечение САПР составляет ЭВМ с набором устройств, необходимых для ввода и вывода графической информации (графопостроитель, световое перо, графический планшет и др.).

В настоящее время САПР является неотъемлемым атрибутом крупных конструкторских бюро и проектных организаций, работающих в различных предметных областях. Это важная сфера приложения идей и методов информатики. САПР широко применяется в архитектуре, электротехнике, электронике, машиностроении, авиакосмической технике и др.

#### **4.5 ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

Геоинформационные системы (ГИС) и ГИС- технологии объединяют компьютерную картографию и системы управления базами данных. Концепция технологии ГИС состоит в создании многослойной электронной карты, опорный слой которой описывает географию территории, а каждый из остальных слоев - один из аспектов состояния территории. Тем самым *ГИС-технологии* определяют специфическую область работы с информацией.

Технология ГИС применима везде, где необходимо учитывать, обрабатывать и демонстрировать территориально распределенную информацию. Пользователями ГИС-технологии могут быть как организации, чья деятельность целиком базируется на земле владельцы нефтегазовых предприятий, экологические службы, жилищно-коммунальное хозяйство, так и многочисленные коммерческие предприятия - банки, страховые, торговые и строительные фирмы, чья успешная работа во многом зависит от правильного и своевременного учета территориального фактора.

В основе любой ГИС лежит информация о каком-либо участке земной поверхности: континенте, стране, городе, улице.

БД организуется в виде набора слоев информации. Основной шрифт содержит географически привязанную карту местности (топооснова). На него накладываются другие слои, несущие информацию об *объектах*, находящихся на данной территории: коммуникации, в том числе линии электропередач, нефте- и газопроводы, водопроводы, промышленные объекты, земельные участки, почвы, коммунальное хозяйство, землепользование и др.

В процессе создания и наложения слоев друг на друга между ними устанавливаются необходимые связи, что позволяет выполнять пространственные операции с объектами посредством моделирования и интеллектуальной обработки данных.

Как правило, информация представляется графически в векторном виде, что позволяет уменьшить объем хранимой информации и упростить операции по визуализации. С графической информацией связана текстовая, табличная, расчетная информация, координатная привязка к карте местности, видеоизображения, аудиокomentarии, БД с описанием объектов и их характеристик.

Многие ГИС включают аналитические функции, которые позволяют моделировать процессы, основываясь на картографической информации.

Программное ядро ГИС можно условно разделить на две подсистемы: СУБД и управление графическим выводом изображения. В качестве СУБД используют SQL-серверы.

Рассмотрим типовую схему организации ГИС-технологии, в настоящее время сложился основной набор компонентов, составляющих ГИС. К ним относятся:

- 1) приобретение и предварительная подготовка данных;
- 2) ввод и размещение данных;
- 3) управление данными;
- 4) манипуляция данными и их анализ;
- 5) производство конечного продукта.

Функциональным назначением данных компонентов является:

*Приобретение и подготовка* исходных данных; включает манипуляции с исходными данными карт - материалами на твердой или бумажной основе, данными дистанционного зондирования, результатами полевых испытаний, текстовыми (табличными) материалами, с архивными данными.

*Ввод и размещение пространственной и непространственной* составляющих данных включает конвертирование информации во внутренние форматы системы и обеспечение структурной и логической совместимости всего множества порождаемых данных.

*Управление данными* предполагает наличие средств оптимальной внутренней организации данных, обеспечивающих эффективный доступ к ним.

*Функции манипуляции и анализа* представлены средствами, предназначенными для содержательной обработки данных в целях обработки и реорганизации данных. С точки



зрения пользователя, эти функции являются главными в *ГИС-технологиях*, потому что позволяют получать новую информацию, необходимую для управления, исследовательских целей, прогнозирования.

*Производство конечного продукта* включает вывод полученных результатов для конечных потребителей ГИС. Эти продукты могут представлять карты, статистические отчеты, различные графики, стандартные формы определенных документов.

Кроме этого, каждый картографический объект может иметь атрибутивную информацию, в которой содержится информация, которая не обязательно должна отображаться на карте (например, число жильцов какого-либо дома и их социальный статус).

Подавляющее большинство ГИС-систем различают геометрическую и атрибутивную компоненты баз данных ГИС. Их часто называют также пространственными (картографическими, геометрическими) и непространственными (табличными, реляционными) данными.

Картографическая информация представляется точками, кривыми и площадными объектами.

Атрибутивная информация содержит текстовые, числовые, логические данные о картографических объектах. Большинство современных ГИС-инструментариев позволяют хранить информацию в составе БД, как правило, реляционных.

Атрибутивная информация хранится в виде отдельных табличных файлов, как правило, в форматах реляционных баз данных систем DBF, PARADOX, ORACLE, INGRESS. Такой способ характерен как для западных коммерческих продуктов, так и современных отечественных разработок.

## ЛЕКЦИЯ №4

### ТЕМА:ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ

#### 5.1 ТЕХНОЛОГИИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ (РВ)

Современное производство требует высоких скоростей обработки информации, удобных форм ее хранения и передачи. Необходимо также иметь динамичные способы обращения к информации, способы поиска данных в заданные временные интервалы, чтобы реализовывать сложную математическую и логическую обработку данных.

Управление крупными предприятиями, управление экономикой на уровне страны требуют участия в этом процессе достаточно крупных коллективов. Такие коллективы могут располагаться в различных районах города, в различных регионах страны и даже в различных странах. Для решения задач управления, обеспечивающих реализацию экономической стратегии, становятся важными и актуальными скорость и удобство обмена информацией, а также возможность тесного взаимодействия всех участвующих в процессе выработки управленческих решений.

В эпоху централизованного использования ЭВМ с пакетной обработкой информации пользователи вычислительной техники предпочитали приобретать компьютеры, на которых можно было бы решать почти все классы их задач. Однако сложность решаемых задач обратно пропорциональна их количеству, и это приводило к неэффективному использованию вычислительной мощности ЭВМ при значительных материальных затратах. Нельзя не учитывать и тот факт, что доступ к ресурсам компьютеров был затруднен из-за существующей политики централизации вычислительных средств в одном месте.

Принцип централизованной обработки данных (рис. 5.1) не отвечал высоким требованиям к надежности процесса обработки, затруднял развитие систем и не мог обеспечить необходимые временные параметры при диалоговой обработке данных в многопользовательском режиме. Кратковременный выход из строя центральной ЭВМ приводил к роковым последствиям для системы в целом.

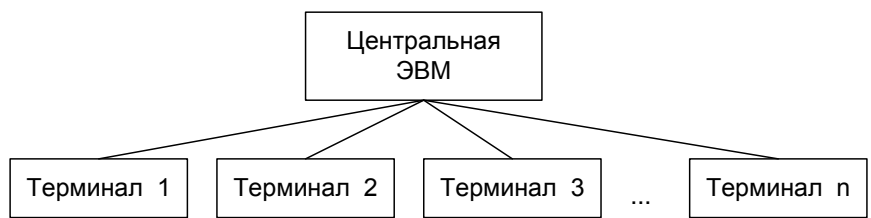


Рис. 5.1 - Система централизованной обработки данных

Появление персональных компьютеров потребовало нового подхода к организации систем обработки данных, к созданию новых информационных технологий. Возникло логически обоснованное требование перехода от использования отдельных ЭВМ в системах централизованной обработки данных к распределенной обработке данных (рис. 5.2).

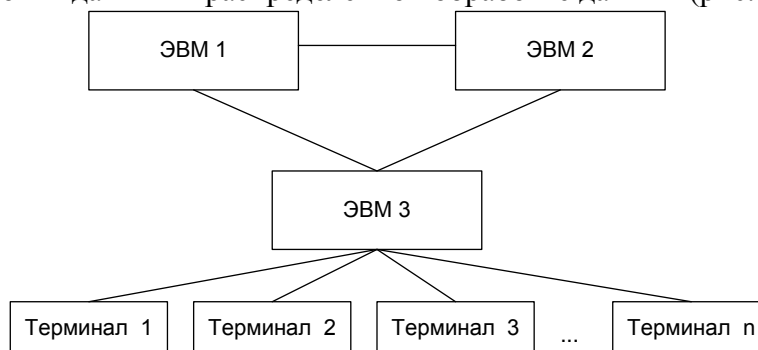


Рис. 5.2 - Система распределенной обработки данных

**Распределенная обработка данных** - обработка данных, выполняемая на независимых, но связанных между собой компьютерах, представляющих распределенную систему.

В основе распределенных вычислений лежат две основные идеи:

- много организационно и физически распределенных пользователей, одновременно работающих с общими данными - общей базой данных (пользователи с разными именами,

которые могут располагаться на различных вычислительных установках, с различными полномочиями и задачами);

- логически и физически распределенные данные, составляющие и образующие тем не менее, общую базу данных (отдельные таблицы, записи и даже поля могут располагаться на различных вычислительных установках или входить в различные локальные базы данных).

Для реализации распределенной обработки данных были созданы многомашинные ассоциации, структура которых разрабатывается по одному из следующих направлений:

- многомашинные вычислительные комплексы (МВК);
- компьютерные (вычислительные) сети.

**Многомашинный вычислительный комплекс** - группа установленных рядом вычислительных машин, объединенных с помощью специальных средств сопряжения и выполняющих совместно единый информационно-вычислительный процесс. Под процессом понимается некоторая последовательность действий для решения задачи, определяемая программой.

Многомашинные вычислительные комплексы могут быть:

- локальными, при условии установки компьютеров в одном помещении, не требующих для взаимосвязи специального оборудования и каналов связи;
- дистанционными, если некоторые компьютеры комплекса установлены на значительном расстоянии от центральной ЭВМ и для передачи данных используются телефонные каналы связи.

*Пример 1.* Три ЭВМ объединены в комплекс для распределения заданий, поступающих на обработку. Одна из них выполняет диспетчерскую функцию и распределяет задания в зависимости от занятости одной из двух других обрабатывающих ЭВМ. Это локальный многомашинный комплекс.

*Пример 2.* ЭВМ, осуществляющая сбор данных по некоторому региону, выполняет их предварительную обработку и передает для дальнейшего использования на центральную ЭВМ по телефонному каналу связи. Это дистанционный многомашинный комплекс.

**Компьютерная (вычислительная) сеть** - вычислительная система, включающая в себя несколько компьютеров, терминалов и других аппаратных средств, соединенных между собой линиями связи, обеспечивающими передачу данных

**Терминал** - устройство, предназначенное для взаимодействия пользователя с вычислительной системой или сетью ЭВМ. Состоит из устройства ввода (чаще всего это клавиатура) и одного или нескольких устройств вывода (дисплей, принтер и т. д.).

## 5.2 РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ

Системы распределенных вычислений появляются, прежде всего, по той причине, что в крупных автоматизированных информационных системах, построенных на основе корпоративных сетей, не всегда удается организовать централизованное размещение всех баз данных и СУБД на одном узле сети. Поэтому системы распределенных вычислений тесно связаны с системами управления распределенными базами данных.

**Распределенная база данных** - это совокупность логически взаимосвязанных баз данных, распределенных в компьютерной сети.

**Система управления распределенной базой данных** - это программная система, которая обеспечивает управление распределенной базой данных и прозрачность ее распределенности для пользователей.

Распределенная база данных может объединять базы данных, поддерживающие любые модели (иерархические, сетевые, реляционные и объектно-ориентированные базы данных) в рамках единой глобальной схемы. Подобная конфигурация должна обеспечивать для всех приложений прозрачный доступ к любым данным независимо от их местоположения и формата.

*Основные принципы* создания и функционирования распределенных баз данных:

- прозрачность расположения данных для пользователя (иначе говоря, для пользователя распределенная база данных должна представляться и выглядеть точно так же, как и нераспределенная);
- изолированность пользователей друг от друга (пользователь должен "не чувствовать", "не видеть" работу других пользователей в тот момент, когда он изменяет, обновляет, удаляет данные);
- синхронизация и согласованность (непротиворечивость) состояния данных в любой момент времени.

Из основных вытекает ряд дополнительных принципов:

- локальная автономия (ни одна вычислительная установка для своего успешного функционирования не должна зависеть от любой другой установки);
- отсутствие центральной установки (следствие предыдущего пункта);
- независимость от местоположения (пользователю все равно, где физически находятся данные, он работает так, как будто они находятся на его локальной установке);
- непрерывность функционирования (отсутствие плановых отключений системы в целом, например для подключения новой установки или обновления версии СУБД);
- независимость от фрагментации данных (как от горизонтальной фрагментации, когда различные группы записей одной таблицы размещены на различных установках или в различных локальных базах, так и от вертикальной фрагментации, когда различные поля-столбцы одной таблицы размещены на разных установках);
- независимость от реплицирования (дублирования) данных (когда какая-либо таблица базы данных (или ее часть) физически может быть представлена несколькими копиями, расположенными на различных установках);
- распределенная обработка запросов (оптимизация запросов должна носить распределенный характер - сначала глобальная оптимизация, а далее локальная оптимизация на каждой из задействованных установок);
- распределенное управление транзакциями (в распределенной системе отдельная транзакция может требовать выполнения действий на разных установках, транзакция считается завершенной, если она успешно завершена на всех вовлеченных установках);
- независимость от аппаратуры (желательно, чтобы система могла функционировать на установках, включающих компьютеры разных типов);
- независимость от типа операционной системы (система должна функционировать вне зависимости от возможного различия ОС на различных вычислительных установках);
- независимость от коммуникационной сети (возможность функционирования в разных коммуникационных средах);
- независимость от СУБД (на разных установках могут функционировать СУБД различного типа, на практике ограничиваемые кругом СУБД, поддерживающих SQL).

В обиходе СУБД, на основе которых создаются распределенные информационные системы, также характеризуют термином "распределенные СУБД", и, соответственно, используют термин "распределенные базы данных".

Практическая реализация распределенных вычислений осуществляется через отступление от некоторых рассмотренных выше принципов создания и функционирования распределенных систем. В зависимости от того, какой принцип приносится в "жертву" (отсутствие центральной установки, непрерывность функционирования, согласованного состояния данных и др.) выделились несколько самостоятельных направлений в технологиях распределенных систем - технологии "Клиент-сервер", технологии реплицирования, технологии объектного связывания.

Реальные распределенные информационные системы, как правило, построены на основе сочетания всех трех технологий, но в методическом плане их целесообразно рассмотреть отдельно.

### **5.3 ТЕХНОЛОГИИ И МОДЕЛИ "КЛИЕНТ-СЕРВЕР"**

Системы на основе технологий "Клиент-сервер" исторически выросли из первых

централизованных многопользовательских автоматизированных информационных систем, интенсивно развивавшихся в 70-х годах (системы mainframe), и получили, вероятно, наиболее широкое распространение в сфере информационного обеспечения крупных предприятий и корпораций.

В технологиях "Клиент-сервер" отступают от одного из главных принципов создания и функционирования распределенных систем - отсутствия центральной установки. Поэтому можно выделить две основные идеи, лежащие в основе клиент-серверных технологий:

- общие для всех пользователей данные на одном или нескольких серверах;
- много пользователей (клиентов), на различных вычислительных установках, совместно (параллельно и одновременно) обрабатывающих общие данные.

Иначе говоря, системы, основанные на технологиях "Клиент-сервер", распределены только в отношении пользователей, поэтому часто их не относят к "настоящим" распределенным системам, а считают отдельным классом многопользовательских систем.

Важное значение в технологиях "Клиент-сервер" имеют понятия сервера и клиента.

**Под сервером** в широком смысле понимается любая система, процесс, компьютер, владеющие каким-либо вычислительным ресурсом (памятью, временем, производительностью процессора и т. д.).

**Клиентом** называется также любая система, процесс, компьютер, пользователь, запрашивающие у сервера какой-либо ресурс, пользующиеся каким-либо ресурсом или обслуживаемые сервером иным способом.

В своем развитии системы "Клиент-сервер" прошли несколько этапов, в ходе которых сформировались различные модели систем "Клиент-сервер". Их реализация и, следовательно, правильное понимание основаны на разделении структуры СУБД на три компонента:

- компонент представления, реализующий функции ввода и отображения данных, называемый иногда еще просто как интерфейс пользователя;
- прикладной компонент, включающий набор запросов, событий, правил, процедур и других вычислительных функций, реализующий предназначение автоматизированной информационной системы в конкретной предметной области;
- компонент доступа к данным, реализующий функции хранения-извлечения, физического обновления и изменения данных.

Исходя из особенностей реализации и распределения в системе этих трех компонентов различают четыре модели технологий "Клиент-сервер":

- модель файлового сервера (File Server - FS);
- модель удаленного доступа к данным (Remote Data Access - RDA);
- модель сервера базы данных (DataBase Server - DBS);
- модель сервера приложений (Application Server - AS).

### 5.3.1 Модель файлового сервера

Модель файлового сервера является наиболее простой и характеризует не столько способ образования информационной системы, сколько общий способ взаимодействия компьютеров в локальной сети. Один из компьютеров сети выделяется и определяется файловым сервером, т. е. общим хранилищем любых данных. Суть FS- модели иллюстрируется схемой, приведенной на рис. 5.3.

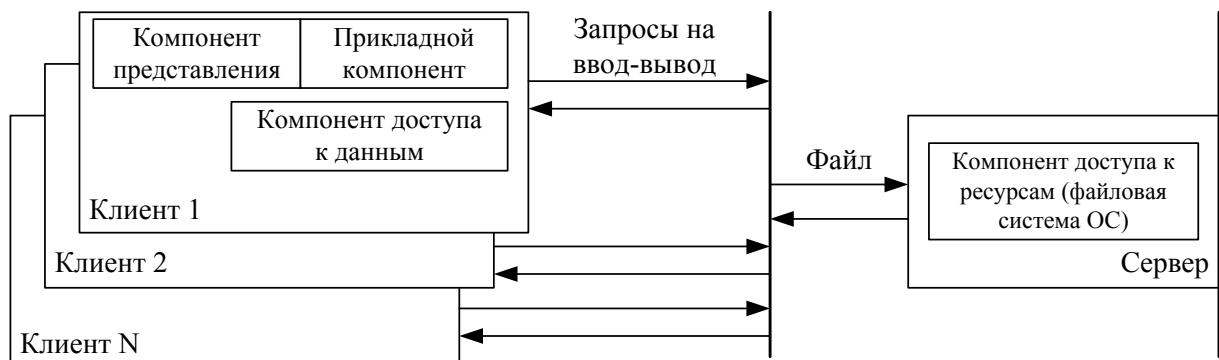


Рис 5.3 - Модель файлового сервера

В FS-модели все основные компоненты размещаются на клиентской установке. При обращении к данным ядро СУБД, в свою очередь, обращается с запросами на ввод-вывод данных за сервисом к файловой системе. С помощью функций операционной системы в оперативную память клиентской установки полностью или частично на время сеанса работы копируется файл базы данных. Таким образом, сервер в данном случае выполняет чисто пассивную функцию.

Достоинством данной модели являются ее простота, отсутствие высоких требований к производительности сервера (главное, требуемый объем дискового пространства). Следует также отметить, что программные компоненты СУБД в данном случае не распределены, т.е. никакая часть СУБД на сервере не устанавливается и не размещается.

Недостатки данной модели - высокий сетевой трафик, достигающий пиковых значений особенно в момент массового вхождения в систему пользователей, например в начале рабочего дня. Однако более существенным недостатком, с точки зрения работы с общей базой данных, является отсутствие специальных механизмов безопасности файла (файлов) базы данных со стороны СУБД. Иначе говоря, разделение данных между пользователями (параллельная работа с одним файлом данных) осуществляется только средствами файловой системы ОС для одновременной работы нескольких прикладных программ с одним файлом.

Несмотря на очевидные недостатки, модель файлового сервера является естественным средством расширения возможностей персональных (настольных) СУБД в направлении поддержки многопользовательского режима и, очевидно, в этом плане еще будет сохранять свое значение.

### 5.3.2 Модель удаленного доступа к данным

Модель удаленного доступа к данным основана на учете специфики размещения и физического манипулирования данными во внешней памяти для реляционных СУБД. В *RDA-модели* компонент доступа к данным в СУБД полностью отделен от двух других компонентов (компонента представления и прикладного компонента) и размещается на сервере системы.

*Компонент доступа к данным* реализуется в виде самостоятельной программной части СУБД, называемой SQL-сервером, и устанавливается на вычислительной установке сервера системы. Функции SQL-сервера ограничиваются низкоуровневыми операциями по организации, размещению, хранению и манипулированию данными в дисковой памяти сервера. Иначе говоря, SQL-сервер играет роль машины данных. Схема RDA-модели приведена на рис. 5.4.

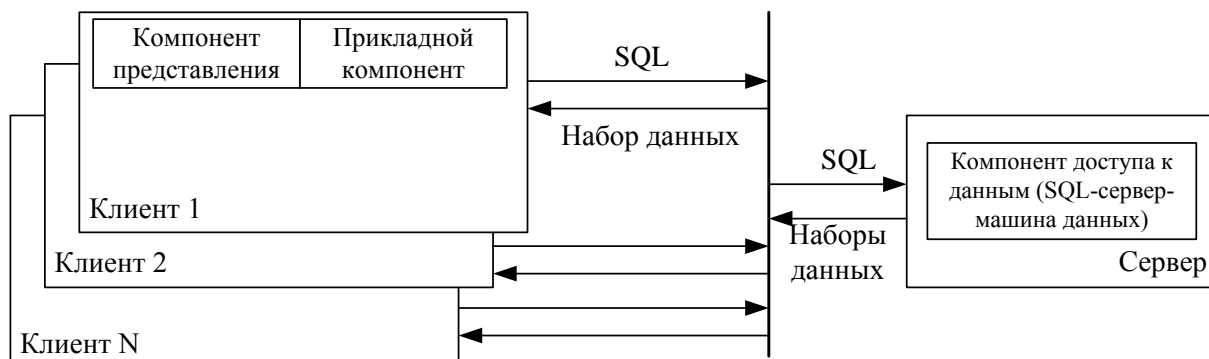


Рис 5.4. Модель удаленного доступа к данным (RDA-модель)

В файле (файлах) базы данных, размещаемом на сервере системы, находится также и системный каталог базы данных, в который помещаются в том числе и сведения о зарегистрированных клиентах, их полномочиях и т. п.

На клиентских установках инсталлируются программные части СУБД, реализующие интерфейсные и прикладные функции. Пользователь, входя в клиентскую часть системы, регистрируется через нее на сервере системы и начинает обработку данных.

Прикладной компонент системы (библиотеки запросов, процедуры обработки данных) полностью размещается и выполняется на клиентской установке. При реализации своих функций прикладной компонент формирует необходимые SQL-инструкции, направляемые SQL-серверу. SQL-сервер, представляющий специальный программный компонент, ориентированный на интерпретацию SQL-инструкций и высокоскоростное выполнение низкоуровневых операций с данными, принимает и координирует SQL-инструкции от различных клиентов, выполняет их, проверяет и обеспечивает выполнение ограничений целостности данных и направляет клиентам результаты обработки SQL-инструкций, представляющие, как известно, наборы (таблицы) данных.

Таким образом, общение клиента с сервером происходит через SQL-инструкции, а с сервера на клиентские установки передаются только результаты обработки, т. е. наборы данных, которые могут быть существенно меньше по объему всей базы данных. В результате резко уменьшается загрузка сети, а сервер приобретает активную центральную функцию. Кроме того, ядро СУБД в виде SQL-сервера обеспечивает также традиционные и важные функции по обеспечению ограничений целостности и безопасности данных при совместной работе нескольких пользователей.

Другим, может быть неявным, достоинством RDA-модели является унификация интерфейса взаимодействия прикладных компонентов информационных систем с общими данными. Такое взаимодействие стандартизовано в рамках языка SQL специальным протоколом ODBC (Open Database Connectivity - открытый доступ к базам данных), играющим важную роль в обеспечении интероперабельности (многопротокольность), т.е. независимости от типа СУБД на клиентских установках в распределенных системах.

**Интероперабельность (многопротокольность) СУБД** - способность СУБД обслуживать прикладные программы, первоначально ориентированные на разные типы СУБД. Иначе говоря, специальный компонент ядра СУБД на сервере (так называемый драйвер ODBC) способен воспринимать, обрабатывать запросы и направлять результаты их обработки на клиентские установки, функционирующие под управлением реляционных СУБД других, не "родных" типов.

Такая возможность существенно повышает гибкость в создании распределенных информационных систем на базе интеграции уже существующих в какой-либо организации локальных баз данных под управлением настольных или другого типа реляционных СУБД.

К недостаткам RDA-модели можно отнести высокие требования к клиентским вычислительным установкам, так как прикладные программы обработки данных, определяемые спецификой предметной области информационной системы, выполняются на них.

Другим недостатком является все же существенный трафик сети, обусловленный тем, что с сервера базы данных клиентам направляются наборы (таблицы) данных, которые в определенных

случаях могут занимать достаточно существенный объем.

### 5.3.3 Модель сервера базы данных

Развитием PDA-модели стала модель сервера базы данных. Ее сердцевиной является механизм хранимых процедур. В отличие от PDA-модели, определенные для конкретной предметной области информационной системы события, правила и процедуры, описанные средствами языка SQL, хранятся вместе с данными на сервере системы и на нем же выполняются. Иначе говоря, прикладной компонент полностью размещается и выполняется на сервере системы. Схематично DBS-модель приведена на рис. 2.5.

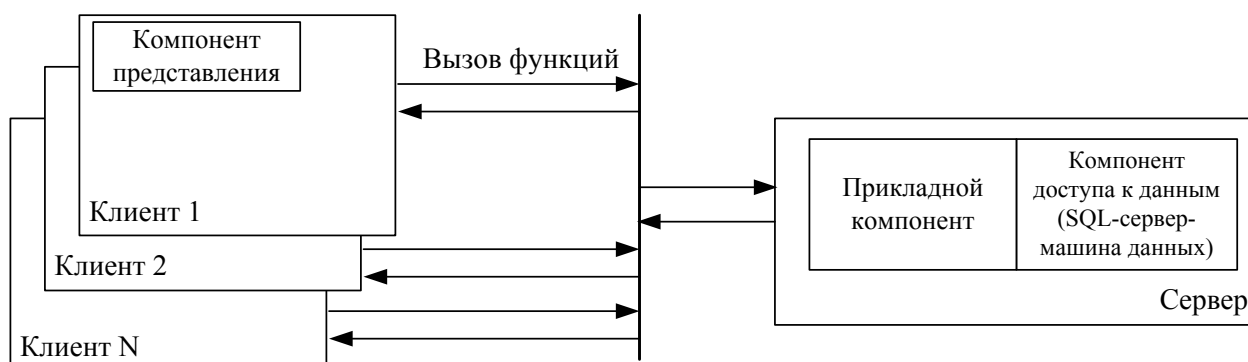


Рис. 5.5 Модель сервера базы данных (DBS-модель)

На клиентских установках в DBS-модели размещается только интерфейсный компонент (компонент представления), что существенно снижает требования к вычислительной установке клиента. Пользователь через интерфейс системы на клиентской установке направляет на сервер базы данных только лишь вызовы необходимых процедур, запросов и других функций по обработке данных. Все затратные операции по доступу и обработке данных выполняются на сервере и клиенту направляются лишь результаты обработки, а не наборы данных, как в RDA-модели. Этим обеспечивается существенное снижение трафика сети в DBS-модели по сравнению с RDA -моделью.

Следует заметить, что на сервере системы выполняются процедуры прикладных задач одновременно всех пользователей системы. В результате резко возрастают требования к вычислительной установке сервера, причем как к объему дискового пространства и оперативной памяти, так и к быстродействию. Это основной *недостаток* DBS-модели.

К достоинствам же DBS-модели, помимо разгрузки сети, относится и более активная роль сервера сети, размещение, хранение и выполнение на нем механизма событий, правил и процедур, возможность более адекватно и эффективно "настраивать" распределенную информационную систему на все нюансы предметной области.

Также более надежно обеспечивается согласованность состояния и изменения данных и, вследствие этого, повышается надежность хранения и обработки данных, эффективно координируется коллективная работа пользователей с общими данными.

### 5.4 ТЕХНОЛОГИИ ОБЪЕКТНОГО СВЯЗЫВАНИЯ ДАННЫХ

Унификация взаимодействия прикладных компонентов с ядром информационных систем в виде SQL-серверов, наработанная для клиент-серверных систем, позволила выработать аналогичные решения и для интеграции разрозненных локальных баз данных под управлением настольных СУБД в сложные децентрализованные гетерогенные распределенные системы. Такой подход получил название *объектного связывания данных*.

С узкой точки зрения, технология объектного связывания данных решает задачу обеспечения доступа из одной локальной базы, открытой одним пользователем, к данным в другой



локальной базе (в другом файле), возможно находящейся на другой вычислительной установке, открытой и эксплуатируемой другим пользователем.

Решение этой задачи основывается на поддержке современными "настольными" СУБД (MS Access, MS FoxPro, dBase и др.) технологии "объектов доступа к данным" - DAO.

При этом следует отметить, что под объектом понимается интеграция данных и методов, их обработки в одно целое (объект), на чем основываются объектно-ориентированное программирование и современные объектно-ориентированные операционные среды. Другими словами, СУБД, поддерживающие DAO, получают возможность внедрять и оперировать в локальных базах объектами доступа к данным, физически находящимся в других файлах, возможно на других вычислительных установках и под управлением других СУБД.

Технически технология DAO основана на уже упоминавшемся протоколе ODBC, который принят за стандарт доступа не только к данным на SQL-серверах клиент-серверных систем, но и в качестве стандарта доступа к любым данным под управлением реляционных СУБД.

Непосредственно для доступа к данным на основе протокола ODBC используются специальные программные компоненты, называемые драйверами ODBC (инициализируемые на тех установках, где находятся данные).

Схематично принцип и особенности доступа к внешним базам данных на основе объектного связывания иллюстрируются на рис. 5.7.

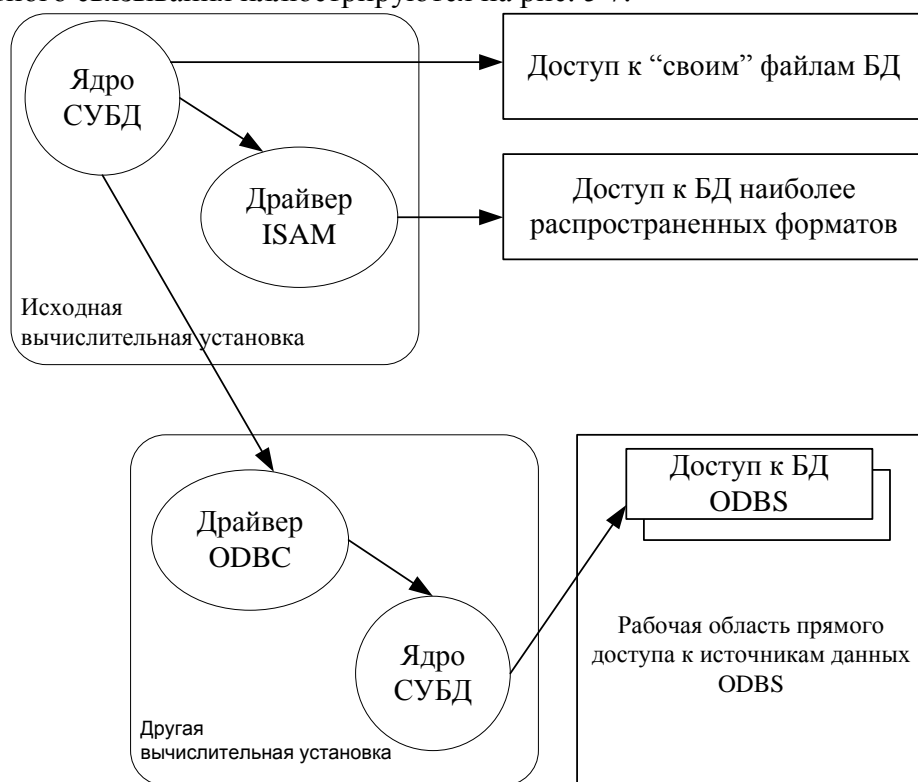


Рис. 5.7 - Принцип доступа к внешним данным па основе ODBC

Прежде всего, современные настольные СУБД обеспечивают возможность прямого доступа к объектам (таблицам, запросам, формам) внешних баз данных "своих" форматов. Иначе говоря, в открытую в текущем сеансе работы базу данных пользователь имеет возможность вставить специальные ссылки-объекты и оперировать с данными из другой (внешней, т. е. не открываемой специально в данном сеансе) базы данных.

Объекты из внешней базы данных, вставленные в текущую базу данных, называются *связанными* и, как правило, имеют специальные обозначения для отличия от внутренних объектов. При этом следует подчеркнуть, что сами данные физически в файл (файлы) текущей базы данных не помещаются, а остаются в файлах своих баз данных. В системный каталог текущей базы данных помещаются все необходимые для доступа сведения о связанных объектах - внутреннее

имя и внешнее, т. е. истинное имя объекта во внешней базе данных, полный путь к файлу внешней базы и г. п.

Связанные объекты для пользователя ничем не отличаются от внутренних объектов. Пользователь может также открывать связанные во внешних базах таблицы данных, осуществлять поиск, изменение, удаление и добавление данных, строить запросы по таким таблицам и т. д. Связанные объекты можно интегрировать в схему внутренней базы данных, т. е. устанавливать связи между внутренними и связанными таблицами.

Технически оперирование связанными объектами из внешних баз данных "своего" формата мало отличается от оперирования с данными из текущей базы данных.

Ядро СУБД при обращении к данным связанного объекта по системному каталогу текущей базы данных находит сведения о месте нахождения и других параметрах соответствующего файла (файлов) внешней базы данных и прозрачно (т. е. невидимо для пользователя) открывает этот файл (файлы). Далее обычным порядком организует в оперативной памяти буферизацию страниц внешнего файла данных для непосредственно доступа и манипулирования данными.

Следует также заметить, что на основе возможностей многопользовательского режима работы с файлами данных современных операционных систем, с файлом внешней базы данных, если он находится на другой вычислительной установке, может в тот же момент времени работать и другой пользователь, что и обеспечивает коллективную обработку общих распределенных данных.

Подобный принцип построения распределенных систем при больших объемах данных в связанных таблицах приведет к существенному увеличению трафика сети, так как по сети постоянно передаются даже не наборы данных, а страницы файлов баз данных, что может приводить к пиковым перегрузкам сети. Поэтому представленные схемы локальных баз данных со взаимными связанными объектами нуждаются в дальнейшей тщательной проработке.

Не менее существенной проблемой является отсутствие надежных механизмов безопасности данных и обеспечения ограничений целостности. Совместная работа нескольких пользователей с одними и теми же данными обеспечивается только функциями операционной системы по одновременному доступу к файлу нескольких приложений.

Аналогичным образом обеспечивается доступ к данным, находящимся в базах данных наиболее распространенных форматов других СУБД, таких, например, как базы данных СУБД FoxPro, dBASE.

При этом доступ может обеспечиваться как непосредственно ядром СУБД, так и специальными дополнительными драйверами ISAM (Indexed Sequential Access Method), входящими, как правило, в состав комплекта СУБД.

Объектное связывание ограничивается только непосредственно таблицами данных, исключая другие объекты базы данных (запросы, формы, отчеты), реализация и поддержка которых зависят от специфики конкретной СУБД.

Определенной проблемой технологий объектного связывания является появление "брешей" в системах защиты данных и разграничения доступа. Вызовы драйверов ODBC для осуществления процедур доступа к данным помимо пути, имени файлов и требуемых объектов (таблиц), если соответствующие базы защищены, содержат в открытом виде пароли доступа, в результате чего может быть проанализирована и раскрыта система разграничения доступа и защиты данных.

ТЕМА: СИСТЕМЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

**Структура систем телекоммуникаций. Характеристики систем телекоммуникаций. Коммутация и маршрутизация телекоммуникационных систем. Цифровые сети связи. Электронная почта. Всемирная паутина.**

**5.1. СТРУКТУРА СИСТЕМ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ**

*Телекоммуникации* предполагают удаленное общение между субъектами, когда непосредственный контакт невозможен. *Субъекты* такого общения могут быть *одушевленными* – люди и *неодушевленными* – средства вычислительной техники или иные электронные приборы. Для передачи информации в системах телекоммуникаций используются *коммуникационные сети*. Внутри такой сети осуществляется генерация, передача, прием и хранение информации, представленной в принятой форме.

Коммуникационная сеть состоит из *узлов* и *линий передачи*. В *узлах* осуществляется преобразование информации, а *линия передачи* является физической средой, по которой распространяется сигнал (электрический, если мы говорим о коаксиальном кабеле или витой паре или луч света, в случае с волоконно-оптическим кабелем).

Передача информации происходит с помощью различных систем телекоммуникаций – телефонные сети, спутниковые системы связи, системы сотовой радиосвязи, вычислительные сети и пр. С помощью факсимильной связи мы передаем текстовую информацию, голос через телефонные линии, а видеоинформацию через телевидение.

Все системы телекоммуникаций, по сути, являются системами передачи данных. Такая система укрупнено может быть представлена тремя компонентами – *передатчиком* информации (источником), *каналом* передачи информации и *приемником* (получателем) (рис. 5.1).

В том случае если по каналу передачи информации осуществляется дуплексная передача<sup>1</sup>, тогда источник и приемник могут быть *объединены* для обеспечения одновременного приема и передачи данных.



**Рис. 5.1.** Структура простейшей системы передачи данных

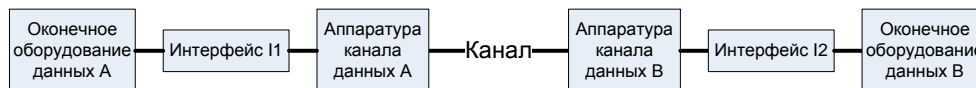
Но точность такого представления не отвечает требованиям, предъявляемым к изучающим данную дисциплину. При рассмотрении подобных систем следует выделять семь составляющих, которые их образуют<sup>2</sup> (рис. 6.2):

- окончное оборудование данных в точке А;
- интерфейс между окончным оборудованием данных в точке А и аппаратурой канала данных А;
- аппаратура канала данных в точке А;
- канал передачи между точками А и В;
- аппаратура канала данных в точке В;

<sup>1</sup> Двусторонняя передача

<sup>2</sup> Здесь имеется ввиду передача между двумя точками А и В

- интерфейс между оконечным оборудованием данных в точке В и аппаратурой канала данных В;
- оконечное оборудование данных в точке В.

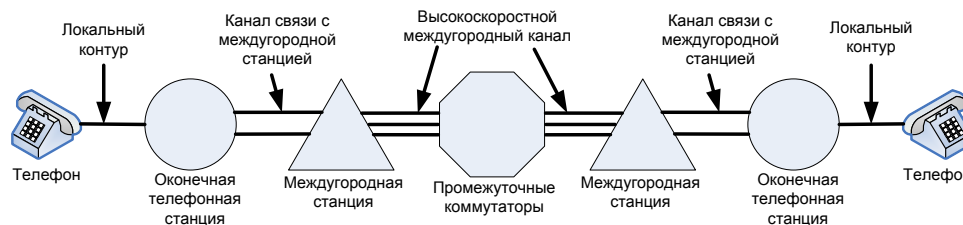


**Рис. 6.2.** Структура системы телекоммуникаций

Сейчас в средствах массовой информации, в периодических изданиях и научно-популярной литературе мы все чаще встречаем словосочетания **телекоммуникационная компания** и **телекоммуникационные услуги**. **Телекоммуникационные услуги** предоставляют огромное число компаний. Структуру систем телекоммуникаций мы рассмотрим на примере двух систем – **телефонной** и **спутниковой** связи.

Самая популярная система телекоммуникаций – **коммутируемая телефонная сеть общего пользования** (PSTN – Public Switched Telephone Network). Как следует из названия, применяется данная система для передачи голоса при телефонных разговорах, а также факсимильных сообщений. Последние несколько лет PSTN применяется для соединения домашних пользователей (как правило) с глобальной сетью Интернет.

На рис. 6.3 представлена типичная структура телефонной сети. Каждый телефон соединен при помощи двух медных проводов с ближайшей **оконечной телефонной станцией**. Двухпроводное соединение между телефоном каждого абонента и оконечной телефонной станцией называется **местной линией связи** [12].



**Рис. 6.3.** Структура системы связи между абонентами на средней дистанции

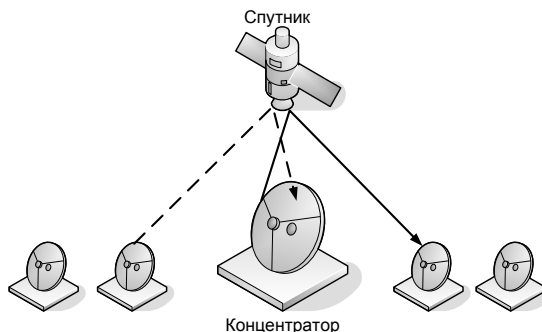
Если два абонента подключены к одной оконечной телефонной станции, то соединение между ними установится непосредственной на этой станции на все время разговора (при условии конечно, если один позвонит другому). В противном случае, соединение будет осуществляться с одной из нескольких **междугородных станций**, с которыми имеет соединение оконечная телефонная станция, посредством канала, называемого **междугородным**.

Часто бывает так, что у абонентов нет общей междугородной станции, тогда соединение устанавливается на иерархическом уровне, стоящем выше. Междугородные станции объединены в сеть, состоящую из **первичных, секционных и региональных** коммутаторов. Все эти станции (коммутаторы) связываются друг с другом **высокоскоростными межстанционными линиями**.

Еще одной заметной системой телекоммуникации, составляющей в последнее время достойную конкуренцию проводным наземным медным и оптическим линиям связи является **спутниковая связь**. Принцип работы этих систем достаточно прост. На некоторой орбите вокруг Земли вращается искусственный спутник, на котором размещена приемо-передающая аппаратура, принимающая сигнал с Земли, усиливающая его и передающая обратно на Землю. Размещение спутников на орбите задача очень сложная и трудность эта обусловлена рядом причин. Во-первых, необходимо учесть период обращения спутника вокруг Земли. Во-вторых, спутник должен быть размещен внутри трех зон, разделенных поясами Ван Аллена (области скопления частиц с большим зарядом, находящиеся под воздействием магнитного поля Земли и способные вывести из строя спутник).

Спутники бывают трех видов – *геостационарные* (вращаются на большой высоте, на геостационарной орбите), *средневысотные* (располагаются между двумя поясами Ван Аллена) и *низкоорбитальные* (под нижним поясом Ван Аллена).

Наиболее известным направлением в системах геостационарной спутниковой связи, пожалуй, является *VSAT* (Very Small Aperture Terminal, рис. 5.4). Наземные станции имеют небольшой размер и антенну диаметром всего 1 м. Скорость работы в направлении «Земля – спутник» не велика и составляет всего 19,2 Кбит/с, а в направлении «спутник - Земля» 512 Кбит/с. Это заметьте, значительно ниже, скорости работы оптоволоконных линий связи или даже медных проводов!



**Рис. 5.4.** Структура системы спутниковой связи VSAT

Однако такой скорости вполне достаточно для организации широкоэмительного спутникового телевидения. На рис. 5.4 изображен концентратор (хаб), который необходим для организации связи микростанций VSAT между собой, т.к. для непосредственной связи мощности их передатчиков не хватает. Концентратор распределяет трафик между несколькими микростанциями. Недостаток такой системы очевиден – задержки при передаче сигнала, а вот достоинство с лихвой его перекрывает, т.к. указанная конфигурация обладает крайне низкой стоимостью услуг для конечного пользователя. Более того, стоимость передачи информации не зависит от расстояния на которое она передается. Это означает, что поговорить с Нью-Йорком и соседом из квартиры напротив стоит одних и тех же денег.

Важно помнить, что с точки зрения безопасности и конфиденциальности информации спутниковый трафик – общественный транспорт, т.е. он доступен всем желающим. Поэтому без алгоритмов шифрования и криптографической защиты информации просто не обойтись.

В качестве примера рассмотрим три системы спутниковой связи, развернутые западными компаниями для предоставления услуг передачи информации.

Первым коммерческим проектом был *Iridium*, инициированный фирмой *Motorola* в 1990 году. Иридий – 77-й элемент таблицы Менделеева и ровно такое же число спутников планировалось запустить на околоземную орбиту, однако в силу ряда причин запустили только 66. Идея состояла в том, что на место исчезающего из вида спутника будет тотчас приходиться следующий, получается своеобразная карусель [12]. К сожалению, из-за финансовых разногласий с партнерами запустить проект удалось только в 1998 году, когда тяжелые и большие спутниковые телефоны с трудом могли составить полноценную конкуренцию шагнувшей далеко вперед сотовой связи. Поэтому *Iridium*, который в 1999 году стоил 5 млрд. долл. был свернут и продан за символическую сумму в 25 млн. долл. Реанимирован и вновь запущен он был лишь в марте 2001 года.

Отличительная особенность этой системы состоит в том, что трафик передается с помощью персональных устройств, имеющих связь непосредственно с группировкой спутников. Спутники вращаются по околоземной полярной орбите на высоте 750 км, образуя ожерелье, ориентированное вдоль линий долготы<sup>3</sup>. Всего Землю опоясывают шесть таких ожерелий, причем

<sup>3</sup> По одному спутнику на 32° долготы

каждый спутник имеет до 48 ячеек<sup>4</sup>. Поэтому всю поверхность Земли, наподобие пчелиных сот, покрывают 1 628 ячеек. На один спутник приходится 3 840 каналов связи, а на все спутники – 253 400 [12].

Следующий проект спутниковой системы связи – *Globalstar*. Он построен на группировке численностью 48 низкоорбитальных спутников. Спутники *Iridium* сами являются маршрутизаторами сигнала (это требует установки на них очень сложного оборудования) и передают его по цепочке. В *Globalstar* принятый спутником сигнал отправляется обратно на Землю и захватывается крупной наземной приемо-передающей станцией рядом с домиком Санта-Клауса. Маршрутизация осуществляется между такими станциями, разбросанными по всему миру. Наземная цель сигнала – ближайший к требуемому абоненту наземный маршрутизатор, а через находящийся рядом с ним спутник вызов поступает абоненту. Плюсы очевидны – дорогостоящее сложное оборудование устанавливается на Земле, а не вращается недоступным по орбите, а использование приемо-передающих станций позволяет снизить мощности передаваемых сигналов.

И, наконец, проект *Teledesic*, который ориентирован на пользователей Интернета и обеспечивает канал связи «Земля – спутник» с пропускной способностью 100 Мбит/с, а «спутник – Земля» 720 Мбит/с.

*Teledesic* состоит из 30 спутников с увеличенным следом на поверхности Земли. Передача сигнала осуществляется в высокочастотном диапазоне с широкой полосой пропускания.

### 5.3. КОММУТАЦИЯ И МАРШРУТИЗАЦИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

В телекоммуникационных системах различают несколько видов передачи информации – **выделенный канал** (рассмотренные нами ранее, поэтому на них останавливаться не будем), **коммутация пакетов**, **коммутация сообщений**, **коммутация пакетов сообщений**.

**Коммутируемой транспортной сетью** называется сеть, в которой между двумя (или более) конечными пунктами устанавливается связь по запросу. Существуют следующие методы коммутации [2]: коммутация цепей (каналов); коммутация с промежуточным хранением, которая разделяется на коммутацию сообщений и коммутацию пакетов.

Давайте представим себе железнодорожную компанию «ЖелДорБанкрот», которая формирует отправляемые составы исходя из числа пассажиров, купивших билет на рейс. Вместо того, чтобы проанализировать пассажиропоток и загруженность железнодорожной сети, компания всякий раз отправляет избыточное число вагонов. Это и экономические потери и крайне не эффективное использование путей. Примерно по этой же схеме работает **метод коммутации сообщений**.

Технология **коммутации сообщений** относится к технологии типа "запомнить и послать". Кроме того, технология коммутации сообщений обычно предусматривает отношение "главный - подчиненный" [2]. Все операции по хранению и пересылке сообщений фактически выполняются в **центре коммутации сообщения (ЦКС)**, представляющей собой коммуникационную ЭВМ. Именно эта ЭВМ управляет входящими и выходящими потоками сообщений, учитывает уровни приоритетов поступающих сообщений. Естественно, высокоприоритетные задачи задерживаются в ЦКС значительно меньше тех, что имеют более низкий приоритет.

При **коммутации сообщений** каждое сообщение в процессе передачи от источника к приемнику, проходя соответствующие ЦКС, сохраняет свою целостность, являясь единичным объектом передачи. Это означает, что какова бы не была длина сообщения, передается оно **целиком**. Важно отметить, что транзитный узел **не может** начинать дальнейшую передачу части сообщения, если оно еще принимается. Это существенным образом снижает производительность

---

<sup>4</sup> Пятен от лучей сигналов

ресурсов вычислительной сети, что экономически не целесообразно.

Прежде чем переходить к недостаткам метода вспомним «ЖелДорБанкрот», которая крайне не эффективно использовала свои возможности. Также как и вышеупомянутая компания метод коммутации сообщений обладает рядом узких мест, к которым можно отнести:

- для успешной передачи сообщений, длина которых заранее не известна, требуется наличие в узлах передачи *буферных запоминающих устройств* большого размера;
- существенные ограничения по организации работы в оперативном режиме (режиме реального времени);
- коммуникационные возможности коммутатора сообщений и его пропускная способность могут ограничивать число сообщений, передаваемых в единицу времени;
- использование соединения типа «главный-подчиненный» ненадежно, т.к. при выходе из строя коммутатора сеть перестает работать;
- каналы передачи данных используются менее эффективно по сравнению с другими методами коммутации с промежуточным хранением [2].

Начав с недостатков, мы обязательно должны указать преимущества метода коммутации сообщений:

- не требуется заблаговременно устанавливать канал связи между абонентами;
- можно организовать системы обслуживания запросов с учетом их приоритетов;
- существует возможность сглаживания пиковых нагрузок, т.к. низкоприоритетные задачи могут запоминаться в ЦКС и отправляться после спада основной нагрузки;
- отсутствуют потери запросов на обслуживание.

Когда используется *коммутация пакетов*, данные (сообщения), которые необходимо передать разбиваются на короткие *пакеты*, имеющие фиксированную длину. Каждый *пакет* снабжается дополнительной информацией в соответствии с протоколом, используемым для его передачи (см. п. 5.6). Пакеты, принадлежащие одному и тому же пользовательскому сообщению, как правило, передаются по различным маршрутам<sup>5</sup> в составе *дейтаграмм*. Управление передачей и обработкой пакетов в узлах связи осуществляется *центрами коммутации пакетов* (ЦКП). Пакеты в ЦКП долго не хранятся, а значит, доставляются получателю с минимально возможными задержками, где из них восстанавливается исходное сообщение.

В отличие от *коммутации сообщений* технология *коммутации пакетов* позволяет осуществлять [2]:

- менее затратное подключение к коммутаторам дополнительных линий связи;
- маршрутизацию в обход поврежденных или занятых узлов связи, это увеличивает скорость работы и надежность передачи информации, а также повышает эффективность использования сетевых ресурсов.

Для увеличения производительности телекоммуникационных систем используется *мультиплексирование с помощью разделения времени*, когда один канал эксплуатируется несколькими пользователями одновременно. Мультиплексирование порта и канала называют *виртуальным каналом*. В настоящее время *коммутация пакетов* является основной для передачи данных.

При *коммутации цепей* (каналов) связь между абонентами устанавливается заблаговременно и на протяжении всего сеанса передачи, данные проходят по каналу с постоянной полосой пропускания в режиме реального времени. Канал связи формируется из отдельных участков с

---

<sup>5</sup> Здесь стоит отметить, что пакеты будут, скорее всего, передаваться одновременно

одинаковой пропускной способностью. Прохождение сигнала вызова обеспечивается с помощью последовательного включения нескольких коммутационных устройств, размещаемых в **центрах коммутации каналов** (ЦКК). **Коммутационное устройство** резервирует за собой физическое соединение между одним входящим и одним исходящим каналами. Часто бывает так, что при попытке установить канал связи, вызываемая сторона (или хотя бы одно из коммутационных устройств в цепочке прохождения сигнала вызова) занята. В этом случае сигнал вызова блокируется, а вызывающий абонент через некоторое время должен его повторить. Из-за этого время установления соединения может существенно возрастать [2].

После того как соединение установлено, ЦКК выполняет минимальный набор сервисных функций по поддержанию соединения и организации временных каналов. В качестве недостатков метода коммутации цепей можно указать следующие:

- большое время установления сквозного канала связи;
- необходимость повторной передачи сигнала вызова, если линия занята<sup>6</sup>;
- отсутствие возможности выбрать скорость передачи информации;
- высокая вероятность монополизации канала одним источником информации;
- трудности, связанные с увеличением числа каналов и обеспечением равномерности их загрузки.

Преимущества метода коммутации цепей:

- работа в режиме реального времени;
- широкая область применения (главным образом передача акустических сигналов).

Теперь мы вплотную подошли к проблеме выбора оптимального маршрута доставки информации от отправителя к получателю. Этот процесс называется **маршрутизацией**, а выбор маршрута производится в соответствии с используемым **алгоритмом маршрутизации**.

**Основную цель маршрутизации** можно определить следующим образом – доставка пакета получателю за минимально возможное время, при сохранении требуемой пропускной способности и минимальных потерях информации. Здесь приходится учитывать и топологию сети и то, что маршрутизаторы (коммуникационные устройства, осуществляющие пересылку и маршрутизацию), а также линии связи могут выйти из строя.

В отечественной литературе, например, в [2] выделяют три способа маршрутизации: **централизованная маршрутизация** (выбор маршрута для каждого пакета осуществляется в центре управления сетью, что чревато отказом всей сети при выходе из строя центрального узла); **распределенная маршрутизация** (функции управления маршрутизацией распределены между узлами сети, а значит, обеспечивается большая гибкость); **смешанная маршрутизация** сочетает принципы централизованной и распределенной маршрутизации.

Почему вопросами создания алгоритмов маршрутизации до сих пор занимается огромное количество ученых и инженеров, несмотря на то, что технология с успехом работает много лет? Ответ предельно просто и заключается в следующем – мы не знаем как будет изменяться нагрузка в сети в следующий момент времени. Хотя крайне важными параметрами остаются топология сети и ее изменение (в результате отказов узлов и линий связи, а также при подключении новых), а также различная пропускная способность участков сети. Но оба эти параметра можно определить и передать маршрутизаторам. А значит, во всех случаях алгоритмы маршрутизации выполняются в условиях неопределенности текущего и будущего состояний телекоммуникационной системы.

Рассмотрим несколько наиболее известных и широко применяемых алгоритмов маршрутизации. Сначала давайте проведем черту между существующими алгоритмами. Они

---

<sup>6</sup> Поэтому такие системы относятся к классу систем с потерей запросов на обслуживание



разделяются на два больших класса: *адаптивные* и *неадаптивные*. Вместо того чтобы учитывать топологию сети и изменение ее состояния, а также измерять текущий трафик *неадаптивные алгоритмы* выбирают маршруты заранее. Полученный список маршрутов загружается в маршрутизаторы на этапе загрузки сети. Эта процедура называется *статической маршрутизацией*. *Адаптивные алгоритмы* напротив охотно пользуются всеми параметрами, которые можно измерить.

Вне зависимости от топологии сети и интенсивности трафика все алгоритмы маршрутизации базируются на *принципе оптимальности* и *концепции кратчайшего пути*. В соответствии с *принципом оптимальности*, если маршрутизатор *B* располагается на оптимальном маршруте от маршрутизатора *A* к маршрутизатору *C*, то оптимальный маршрут от маршрутизатора *B* к маршрутизатору *C* совпадает с частью первого маршрута.

Наиболее простой статический алгоритм маршрутизации – *заливка*. Здесь можно провести аналогию с методом полного перебора из методов оптимизации и поиска экстремума функции. Суть *заливки* заключается в том, что каждый пришедший пакет посылается на все исходящие линии, кроме той, по которой он поступил. Это порождает бесконечное число дублированных пакетов. Для ограничения количества тиражируемых пакетов используются счетчики, которые помещаются в заголовок пакета и уменьшаются при прохождении каждого маршрутизатора. Если счетчик обнуляется, то такой пакет удаляется. Кроме данного метода применяются еще ряд вариаций на тему счетчиков и помещения в заголовки номера пройденного узла.

Однако на практике применяется *выборочная заливка*. Отличие его состоит в том, что пакеты посылаются не на все исходящие линии, а только на те, которые идут в приблизительно правильном направлении. Такой «громоздкий» алгоритм может подойти военным, где вероятность потери части сети из-за боевых действий велика, а также для тестирования других алгоритмов. Напомним, что также как и метод полного перебора, заливка рано или поздно найдет оптимальный маршрут.

На практике, современные системы телекоммуникаций применяют не статические, а динамические алгоритмы маршрутизации.

## 5.4. ЦИФРОВЫЕ СЕТИ СВЯЗИ

*Цифровые сети связи*, как следует из их названия, призваны более эффективно, а значит и в большем объеме передавать информацию между участниками информационного взаимодействия. Мы с Вами рассмотрим их на примере двух сетей – *цифровой телефонии*, предназначенной для передачи голосовой информации между абонентами и *ISDN*, которая открывает возможность доступа к глобальной сети.

*Компьютерная телефония*. Основное назначение данного вида цифровых сетей связи – объединений разнородных локальных информационных инфраструктур в единую информационную телекоммуникационную сеть.

Что же мы подразумеваем, когда говорим о компьютерной телефонии? Все предельно просто! Для приема входящих звонков и выполнения исходящих звонков, а также для управления установленным соединением используются КОМПЬЮТЕРЫ.

Для реализации компьютерной голосовой связи по телефонной линии необходимо иметь:

- голосовой (voice) модем, к одному из входов которого подключается телефонная линия;
- звуковую карту и акустическую систему или наушники;
- микрофон (микрофон и наушники может заменить телефонный аппарат, желательно с тональным набором, подключаемый ко второму входу модема; тональный набор необходим, поскольку многие сервисы работают только с ним).

Возможности компьютерной телефонии чрезвычайно широки (табл. 5.1), но наиболее яркий пример ее использования – call-центры<sup>7</sup>. Оператор такого центра при поступлении входящего

<sup>7</sup> Ранее мы уже касались этого вопроса

звонка получает всю необходимую информацию о звонящем (при условии, конечно, что сведения об абоненте хранятся в БД компании). А достигается это за счет клиент-серверного приложения, к БД которого осуществляется доступ по номеру звонящего, определяющегося с помощью автоматического определителя номера (АОН).

**Интернет-телефония** (IP-телефония). Итак, **интернет-телефония** – передача голоса, данных и видео с помощью глобальной сети Интернет. Передача информации (**речевой**) происходит с помощью командных сигналов (**служебных**), к которым относятся различные сервисные сообщения, например, команды соединения и разъединения.

Передача (прием) голосового трафика производится в цифровом виде, а оцифровку и кодирование производят **шлюзы**.

**Таблица 5.1.** Сферы применения компьютерной телефонии

<b>Сфера применения</b>	<b>Описание</b>
Голосовая почта	Организация системы голосовых почтовых ящиков для клиентов, где можно оставлять голосовые сообщения при отсутствии клиента на месте
Электронный офис	Компьютер осуществляет переключение звонков на рабочие места сотрудников, предоставляет услуги голосовой почты, выполняет рассылку факсимильных сообщений и выдает клиентам информацию о фирме
Автоматическая рассылка факсов	Осуществляется по номерам телефонов из заранее заготовленного списка и системы вызова интересующей клиента информации по факсимильной связи
Сервисное обслуживание телефонной связи	Система оптимальной организации очередей звонков, правильная адресация звонков по электронным справочникам, предоставление абонентам всей необходимой информации о клиенте, например АОН, и т. п.

**Шлюз** (gateway) или **телефонный сервер** (ITS, Internet Telephony Server) — устройство, которое осуществляет преобразование управляющей информации и данных, поступающих из одной сети (например, телефонной) в пакеты сети Интернет и обратно<sup>8</sup>.

Основное требование к передаче **командной информации** — отсутствие ошибок передачи, а значит необходимо использовать достоверный протокол доставки сообщений, например, TCP, обеспечивающий гарантированную доставку сообщений. Отличие в передаче речевой информации заключается в том, что важно обеспечить соединение в режиме реального времени, а значит повторная («гарантированная») передача пакетов не допустима.

Поэтому для речевых пакетов используют «недостоверные» транспортные протоколы, например UDP. «Недостоверность», в данном случае, это имеющаяся вероятность потери пакетов.

Существует два варианта обработки голосовых сообщений – **программный**<sup>9</sup>, когда МП

<sup>8</sup> Популярным шлюзом является, например, VocalTech Gateway;

<sup>9</sup> Например, NetMeeting, компании Microsoft, используемый также для проведения видеоконференций;

компьютера осуществляет декодирование и другие операции, а также *аппаратно-программный*<sup>10</sup>, когда для обработки речевого трафика применяются специальный *сигнальные процессоры* (Digital Signaling Processor, DSP).

**Основное достоинство Интернет-телефонии заключается в чрезвычайной дешевизне ее услуг, особенно при звонках на большие расстояния.**

*Integrated Services Digital Network* (ISDN) (Цифровая Сеть с Интегрированными Услугами) - это общедоступная телефонная сеть, использующая цифровую технологию передачи сигнала, и включающая в себя большой набор цифровых услуг, которые становятся доступными для конечных пользователей.

ISDN не что иное, как аналоговые телефонные линии с коммутацией цифровых пакетов. И если аналоговые телефонные линии позволяют либо передавать речевые сообщения, либо получить доступ к глобальной сети, то ISDN предоставляет возможность одновременного обмена речью, текстом, данными и видео изображением по стандартным аналоговым телефонным линиям. Причем обмен происходит с более высокими скоростями передачи и по значительно меньшей цене.

Естественно, что скорость передачи информации значительно выше. Скорость передачи данных составляет 64 Кбит/с при использовании одного и 128 Кбит/с, при использовании двух каналов связи.

Привлекательным является применение ISDN в организации такой формы удаленного доступа, как *телекомьютинг*. Данная форма вызвана необходимостью создания наиболее оптимального и эффективного способа удаленного взаимодействия служащих с центральным офисом своей компании/

Нельзя обойти вниманием и такую важную особенность, отличающую ISDN от аналоговых сетей, как практически мгновенное установления соединения. Максимальная задержка в ISDN-сети не превышает 30 мс на каждый узел связи [2].

Использование ISDN в качестве средства традиционной телефонной связи исторически явилось первой областью применения. Разработанная как альтернатива обычным аналоговым сетям, она содержит ряд принципиальных особенностей и предоставляет пользователю ISDN-терминала огромные преимущества.

**Таблица 5.2. Основные средства ISDN**

<i>Средство</i>	<i>Описание</i>
ISDN-станции	ISDN-коммутаторы
ISDN-терминалы	цифровые телефонные аппараты
внутренние адаптеры ISDN	мосты/маршрутизаторы для подключения ПК к ISDN-сети
внешние устройства	для подключения ПК или ЛВС к ISDN-сети
Network Terminator	сетевые окончания
интерфейсы PRI и BRI	линии связи

Важным средством, обеспечивающим эффективность использования линии, является установление соединения по требованию (*Connect on demand*) - только на время сеанса передачи данных. По его завершению физическое соединение разрывается. В отличие от арендованных каналов использование каналов связи по требованию позволяет осуществлять доступ к сети или, наоборот, прерывать связь в зависимости от заданных условий или произошедших в сети событий.

Средства ISDN "прозрачны" для любого вида информации, будь то трафик видеотелефонии, компьютерные данные, речь, графические изображения и т.д. Пользователю остается только выбрать нужный ему терминал.

## **5.5. ЭЛЕКТРОННАЯ ПОЧТА**

*Электронная почта* (e-mail, а иногда и просто «мыло») – это первый из сервисов, доступных для пользователей подключенных к глобальной сети Интернет. Он необходим для обмена

<sup>10</sup> DSP плюс ПО, например, компании VocalTech.

электронной корреспонденцией.

Упрощенно процесс обмена сообщения с помощью e-mail можно представить следующей последовательностью: отправитель почтового послания (компьютер пользователя, отправляющий сообщение), почтовый сервер отправителя, почтовый сервер получателя и, наконец, получатель.

#### **ПРИМЕЧАНИЕ**

Появление электронной почты можно отнести к 1965 г., когда сотрудники Массачусетского технологического института (MIT) Ноэль Моррис и Том Ван Влек написали программу MAIL для операционной системы CTSS (Compatible Time-Sharing System), установленную на компьютере IBM 7090/7094.

Одно из основных понятий – это «почтовый ящик», являющийся попросту хранилищем получаемых писем. Вы, наверное, обращали внимание, что зачастую на бесплатных почтовых серверах размер почтового ящика ограничен, поэтому очень важно регулярно просматривать электронную почту и удалять или сортировать полученные и прочитанные сообщения.

Для отправки писем используется протокол **SMTP** (Simple Mail Transfer Protocol - простой протокол передачи почты).

Для получения писем используют два протокола - **POP3** (Post Office Protocol, версия 3) или **IMAP** (Internet Message Access Protocol). Первый из них необходим для того, чтобы забрать сообщение с почтового сервера и доставить на локальный компьютер пользователю. IMAP оставляет письмо на почтовом сервере.

Формат почтового адреса очень простой. Состоит из двух частей разделенных знаком "@". Вариантов названий этого символа множество: и лягушка, и ухо, и собака, и обезьяна. Правильное название: "эт коммерческий (-ая)". Первая часть почтового адреса - это имя пользователя, вторая часть - доменная.

Пример: sherbatov@astu.org. Здесь, именем пользователя является: sherbatov, и доменная часть адреса: astu.org, что однозначно определяет почтовый адрес пользователя с псевдонимом sherbatov на почтовом сервере, обслуживающем домен astu.org.

Сейчас к рассылаемым письмам можно прикреплять различные файлы, например, архивы, картинки, документы, созданные с помощью различных программ и т.п. Но даже с учетом огромных скоростей передачи и повсеместного появления безлимитного доступа в Интернет, все равно следует архивировать, прикрепляемые к письму документы.

Для получения почтового адреса можно воспользоваться услугами бесплатных почтовых серверов, таких как mail.ru, yandex.ru, gambler.ru в России, yahoo.com, mail.com - за границей.

Для работы отправителя или получателя со своим почтовым ящиком необходимо наличие специальной почтовой программы. Это так называемые почтовые клиенты или агенты (Mail Transfer Agent, MTA). К ним относятся Eudora Mail, Evolution, KMail, Mozilla Mail, Mozilla Thunderbird, Netscape Mail, Novell GroupWise, Opera Mail (M2), Outlook, Outlook Express, TheBat!.

Программа, работающая в почтовой системе и обслуживающая пользователей, называется **MDA** (англ. mail delivery agent, агент доставки почты). В некоторых почтовых системах **MDA** и **MTA** могут быть объединены в одну программу, в других системах могут быть разнесены в виде разных программ или вообще выполняться на различных серверах. Программа, с помощью которой пользователь осуществляет доступ, называется **MUA** (англ. mail user agent), хотя, в случае, например, веб-интерфеса, может и отсутствовать.

Вкратце остановимся на основных составных частях любого электронного письма. Итак, письмо состоит из заголовка SMTP-протокола, полученного сервером. А также заголовков письма, где указывается служебная информация и пометки почтовых серверов, через которые прошло письмо, пометки о приоритете, указание на адрес и имя отправителя и получателя письма, тема письма и другая информация. Тело письма – это его текст. При использовании национальных кодировок, различных форм представления информации (HTML, RTF, бинарные файлы) текст письма кодируется по стандарту MIME и не может быть прочитан человеком без использования декодера или почтового клиента.

С помощью электронной почты могут быть организованы **почтовые рассылки** - письмо от одного адреса с одинаковым (или меняющимся по шаблону) содержимым, рассылаемое подписчикам рассылки. А также **группы переписки** - специализированный тип почтовой рассылки,

в которой письмо на адрес группы рассылается всем участникам группы.

## 5.6. ВСЕМИРНАЯ ПАУТИНА

**Всемирная паутина** (World Wide Web, WWW) предоставляет широкие возможности пользователям глобальной сети и является основой единой информационной среды общения современного общества.

Начало WWW положил Тим Бернерс-Ли. В конце восьмидесятых годов он, работая в Лаборатории физики элементарных частиц европейского центра ядерных исследований, более известного под названием CERN, занимался проблемами применения идей гипертекста для построения информационной среды, которая решила бы проблемы обмена информацией между физиками, работавшими в большом неоднородном CERN'е, и их партнерами в других странах. 1989 год – начало отсчета проекта всемирная паутина и появления web-технологии.

Сегодня Web-технология развивается колоссальными темпами. С ее помощью решаются задачи обмена информацией, удаленного управления техническими объектами и т.п.

Web позволяет всем желающим публиковать информацию самого различного характера. Для этого не нужны ни специальные программы, ни сколько-нибудь значимые затраты (если не учитывать стоимость услуг провайдера Интернет) на доведение информации для потребителей.

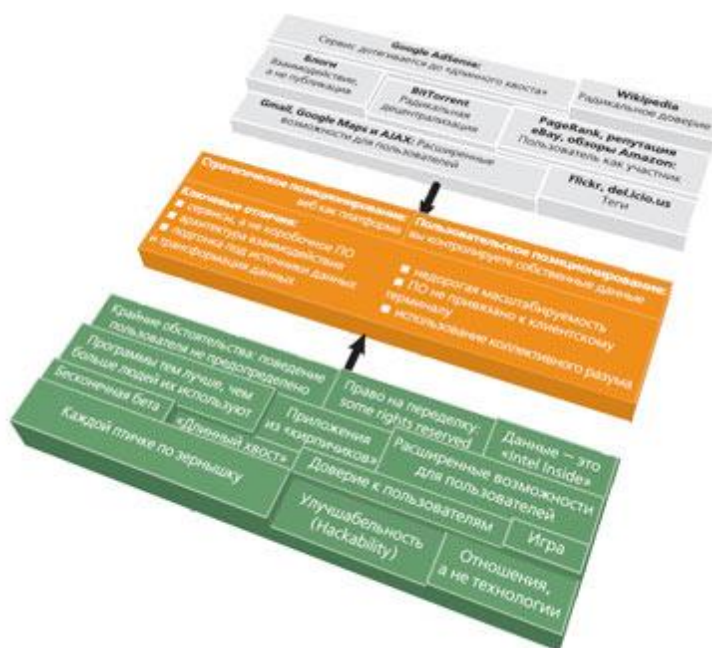


Рис. 5.5. Карта Web 2.0

То, что определяет качество Web-технологии как универсального средства доставки информации, это интерфейс между человеком и компьютером, причем интерфейс, во-первых, универсальный, и, во-вторых, интуитивно понятный (естественный). Web позволяет интегрировать различные источники информации в единую коммуникационную среду, не заботясь о необходимости принимать во внимание разнородность информации. Это могут быть картинки, текстовые файлы, файлы БД, аудио фрагменты и т.п. А значит отпадает необходимость в использовании множества специализированных приложений для просмотра этой информации.

**Web-сервер** выступает в качестве информационного концентратора, который получает информацию из разных источников, а потом однородным образом предоставляет ее пользователю. **Навигатор** (программа позволяющая просматривать гипертекстовую разнородную информацию), снабженный универсальным и естественным интерфейсом с человеком, позволяет последнему легко просматривать информацию вне зависимости от ее природы.

Средства Web позволяют рассматривать информацию с нужной степенью детализации, что существенно упрощает анализ больших объемов информации.

Логичным продолжением Web стала технология Web 2.0. Web 2.0 - методика проектирования систем, которые путем учета сетевых взаимодействий, становятся тем лучше, чем больше людей ими пользуются.

Как многие важные концепции, Web 2.0 не имеет четких границ. Это, скорее, центр притяжения. Вы можете представить себе Web 2.0 как множество правил и практических решений. Они объединены в некое подобие солнечной системы, состоящей из узлов, каждый из которых построен с учетом некоторых или всех описанных правил и находится на определенной дистанции от центра<sup>11</sup> (рис. 6.5).

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Поясните понятие коммуникационная сеть.
2. Что такое коммутируемая телефонная сеть общего пользования?
3. Перечислите виды спутников.
4. Приведите основные характеристики систем телекоммуникаций.
5. Что такое коммутация, какие виды коммутации вы знаете?
6. Что такое маршрутизация, какие виды маршрутизации вы знаете?
7. Назовите основную цель маршрутизации.
8. Приведите примеры цифровых линий связи, кратко поясните принципы их функционирования.
9. Перечислите основные направления использования электронной почты.
10. Что такое web-сервер, в чем его отличие от навигатора?
11. Перечислите основные отличительные особенности web 2.0.
12. В чем заключаются преимущества технологии web 3.0?

---

<sup>11</sup> <http://www.computerra.ru/think/234100/>

## ЛЕКЦИЯ 7

### ТЕМА: ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ, НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ СЕТЕЙ СВЯЗИ

Сети связи являются сложными техническими системами, которые воплощают в себе самые современные знания и технологии, полученные в различных областях науки и техники [1]. С середины XIX века во всех промышленно развитых странах большое внимание уделялось развитию техники электрической доставки сообщений от отправителя (источника) до получателя и созданию систем и сетей связи, представляющих собой информационную инфраструктуру народного хозяйства.

В функции сети независимо от ее структуры входят:

1) преобразование сообщений в сигналы электросвязи. Для передачи сообщений по каналу электросвязи они должны подвергнуться определенным преобразованиям, которые выполняют первичные преобразователи сообщений (ППС). ППС представляет собой устройство, которое формирует в пункте передачи первичный электрический сигнал – электромагнитное колебание, изменение параметров которого соответствует сообщению неэлектрической природы. Преобразование выполняется в оконечных абонентских устройствах. Примерами первичных электрических сигналов являются телефонный, телеграфный, телевизионный и другие. В зависимости от вида передаваемых сообщений функции оконечного устройства могут выполнять телефонный аппарат, телеграфный аппарат, аппаратура передачи данных и т. д.;

2) перенос сигналов из одного пункта в другой – осуществляется по каналам передачи, для организации которых могут использоваться физические цепи, а также типовые каналы и групповые тракты, формируемые в системах передачи.

*Физической цепью* называется одна или две пары проводов, предназначенных для передачи электрических сигналов. *Система передачи* представляет собой совокупность технических средств, обеспечивающих организацию типовых каналов, групповых и линейных трактов требуемой протяженности. Системы передачи в зависимости от способа разделения каналов подразделяются на системы с частотным или временным разделением каналов (ЧРК, ВРК). *Типовой групповой тракт* – это совокупность технических средств, обеспечивающих передачу сигналов группы каналов в сформированной полосе частот (для аналоговых систем передачи с ЧРК) или нормированной скоростью передачи (для цифровых систем передачи (ЦСП) с ВРК). *Типовой канал* представляет собой совокупность технических средств и среды распространения, обеспечивающих передачу сигналов электросвязи либо в нормированной полосе частот (в системах с ЧРК), либо с определенной нормированной скоростью (в системах с ВРК).

Первичный электрический сигнал может передаваться непосредственно по физической цепи, но, как правило, подвергается дополнительным преобразованиям. Например, для передачи по волоконно-оптической линии связи он преобразуется в определенного вида оптический сигнал, для направленной передачи в открытом пространстве – в высокочастотный радиосигнал;

3) выбор путей и перенос сигналов на обходные направления. Формирование непрерывного канала по тому или иному пути от абонента к абоненту обеспечивается системами коммутации, устанавливаемыми в сетевых узлах, которые называются *узлами коммутации (УК)*. УК можно упрощенно определить как совокупность технических средств, обеспечивающих выбор каналов заданных направлений и их соединение. В узлах сети располагается также аппаратура, обеспечивающая транзит каналов, если отсутствует необходимость их коммутации, а также аппаратура переключения сигналов и трактов, которая позволяет управлять структурой сети при авариях или перегрузках;

4) обратное преобразование электрических сигналов в исходное сообщение. Как и прямое преобразование, оно должно быть однозначным и осуществляется в оконечных абонентских установках. На приемной стороне осуществляются обратные преобразования и снова восстанавливается первичный электрический сигнал. Далее он поступает на обратный преобразователь сообщения – устройство, которое преобразует электрический сигнал в сообщение

неэлектрической природы. Типовыми обратными преобразователями сообщения являются громкоговоритель, светодиод, кинескоп телевизора.

В функции сети также входят снабжение средств связи электроэнергией, контроль измерения параметров передаваемых сигналов и оборудования. Для выполнения этих задач организуются системы электропитания, диагностирования и управления.

Сети связи строятся как совокупность первичных и вторичных сетей. На основе первичных сетей строятся вторичные сети. Единая сеть связи, охватывающая территорию всей страны, представляет собой комплекс взаимодействующих технических средств связи, который образует первичную сеть типовых каналов и трактов, и построенные на ее базе вторичные сети, предназначенные для удовлетворения потребностей предприятий, организаций, учреждений и населения в передаче любой информации.

*Первичная сеть* представляет собой совокупность сетевых узлов, сетевых станций и линий передачи, образующих сеть типовых каналов и групповых трактов. Линии передачи включают в себя физические цепи и линейные тракты однотипных и разнотипных систем передачи, имеющие общую среду распространения, линейные сооружения и устройства их обслуживания [2]. На сетевых узлах, как уже было сказано выше, производится маршрутизация каналов первичной сети. Основное назначение сетевых станций – организация каналов и групповых трактов и предоставление их вторичным сетям. Таким образом, первичной можно назвать сеть, которая обеспечивает передачу различных видов сигналов, то есть является в некотором роде универсальной.

Первичная сеть классифицируется по следующим признакам:

1) территориальному

а) местная – ограничена территорией города или сельского района и построена по радиальному принципу;

б) зонавая – ограничивается пределами зоны (области), в которой потребители каналов и трактов имеют единую нумерацию в общегосударственной автоматически коммутируемой телефонной сети. Зонавая сеть построена по радиально-узловому принципу и связывает между собой сетевые узлы местных сетей через один или несколько более крупных сетевых узлов;

в) магистральная – обеспечивает соединение между собой типовых групповых трактов и каналов разных внутрizonовых сетей страны. Магистральная сеть строится по комбинированному принципу;

2) структурному

а) радиально-узловая – сеть связи имеет один четко выраженный узел, который связан через радиальные линии связи с более мелкими узлами, причем последние связываются между собой только через центральный узел;

б) комбинированная – на территории, обслуживаемой данной сетью, применяется несколько центральных узлов. Каждый центральный узел обслуживает свою часть территории зоны.

Соединение сетевых узлов магистральной сети друг с другом осуществляется с помощью магистральных линий связи. Сетевые станции и сетевые узлы зонавой сети соединяются между собой с помощью соединительных линий связи.

На базе первичной сети создаются вторичные сети различного назначения, отличающиеся друг от друга способом построения и узлами коммутации. *Вторичная сеть* представляет собой совокупность коммутационных станций, узлов коммутации, оконечных абонентских устройств и каналов вторичной сети, организованных на базе каналов первичной сети. Так как вторичные сети формируются на базе типовых каналов и групповых трактов первичной сети, структура и протяженность вторичных сетей определяется структурой и протяженностью соответствующих им первичных сетей связи. Вторичные сети подразделяются в зависимости от вида передаваемой информации на телефонную, телеграфную, сеть передачи данных и т. п. В состав вторичной сети входят автоматические телефонные станции (АТС) разных уровней, коммутаторы, концентраторы и телефонные аппараты. Таким образом, все сети, построенные для определенного вида сигналов, являются вторичными. Каналы вторичной телефонной сети состоят из абонентских линий (АЛ) (между абонентскими устройствами и УК) и соединительных линий (СЛ) (между УК), которые организуются на базе первичной сети связи.



Границами вторичной сети являются стыки этой сети с абонентскими оконечными устройствами. Некоторые виды общегосударственных сетей связи, являющиеся вторичными сетями, представлены на рис. 1.

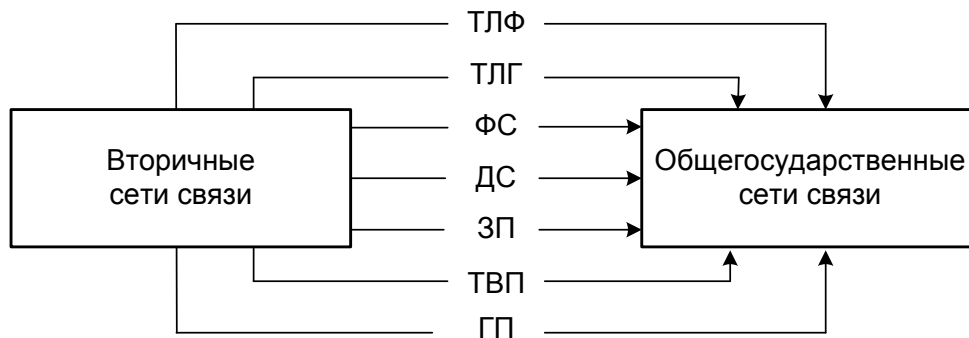


Рис. 1. Общегосударственные сети связи, использующиеся: для ТЛФ – распределения телефонных сигналов; ТЛГ – телеграфных сигналов; ФС – факсимильной связи; ДС – дискретных сообщений; ЗП – звуковых программ вещания; ТВП – телевизионных программ; ГП – сигналов газетных полос

Кроме общегосударственных вторичных сетей, строятся и ведомственные сети. К таким сетям относятся, например, сети в системе министерств (ведомств) путей сообщения, речного и морского транспорта, гражданской авиации, обороны и т. д.

### Топология сетей связи

Топологическая структура сети связи характеризует местоположение пунктов и их взаимную связь посредством ветвей – пучков линий. По структуре сети можно судить о ее возможности обеспечивать доставку информации различным пользователям связи [1, 2]. Если в сети два любых узла соединены хотя бы одним путем, состоящим из одной или нескольких ветвей, то такая сеть называется *связной*. Число ветвей в каком-либо пути между двумя узлами называется *рангом пути*. Под *рангом узла* понимается число ветвей, исходящих из данного узла или входящих в него. Под *связностью сети* понимается число независимых путей между любыми узлами сети А и Б. Если имеется возможность передать информацию из некоторого узла А сети к узлу Б по нескольким альтернативным путям, то каждый из этих путей называют *маршрутом*, а процесс установления конкретного маршрута – *маршрутизацией*. Ветви сети могут быть ориентированными (направленными) и неориентированными (ненаправленными). Соответствующие этим ветвям пучки каналов являются односторонними и двусторонними в зависимости от того, возможна ли передача информации по каналам в одном или обоих направлениях связи.

Топологические структуры построения сетей разнообразны [3, 4]. Наиболее часто используемые принципы построения – это радиальный, радиально-узловой и принцип соединения «каждая с каждой» (рис. 2).

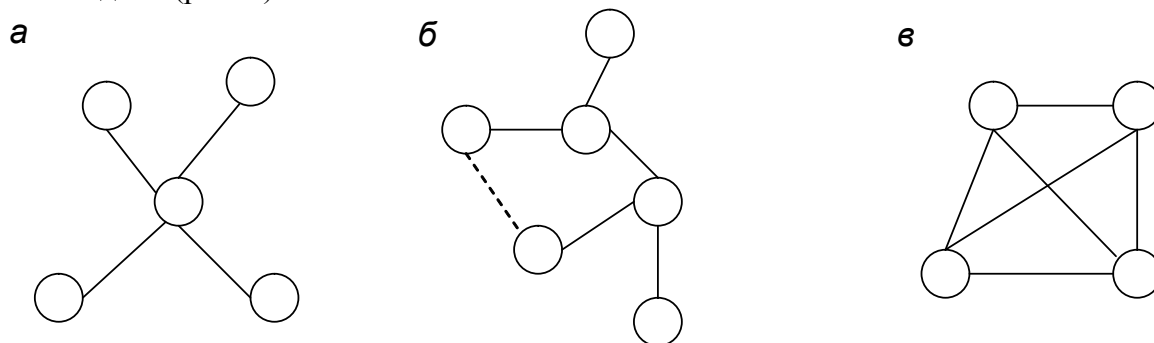


Рис. 2. Принципы построения сетей связи: *а* – радиальный;  
*б* – радиально-узловой; *в* – «каждая с каждой»

Сеть, построенная по *радиальному принципу* (звездообразная структура), является односвязной ( $s = 1$ , где  $s$  – связность сети) с минимальным числом ветвей ( $N-1$ , где  $N$  – число узлов сети). Такая сеть предусматривает установление соединения между различными станциями через один и тот же центральный узел, что вызывает его большую загрузку. При таком построении сети нельзя организовать связь по обходным направлениям, то есть при выходе из строя центрального узла нарушается связь между станциями, что является существенным недостатком такой сети. Достоинством радиальной структуры является то, что при ее применении на сети требуется значительно меньшее число каналов, чем при полностью связной структуре («каждая с каждой», рис. 2, *в*). Радиальную структуру сети целесообразно использовать на небольшой территории, когда длина ветвей невелика. С ростом длины ветвей увеличивается стоимость сети.

*Радиально-узловая* структура сети объединяет в себе несколько радиальных. По сравнению с радиальной, такая структура экономически более выгодна при организации ее на большой территории. Узловые станции менее загружены. При трех и большем числе узловых станций можно организовать связь по обходным направлениям. Между станциями, принадлежащими разным узлам (при их соответствующем тяготении), может быть организована непосредственная связь (штриховая линия на рис. 2, *б*). Это дополнительно разгружает узлы и дает возможность резервирования наиболее важных каналов и трактов по обходным направлениям.

Принцип «*каждая с каждой*» (полносвязная структура) характеризуется непосредственным соединением станций сети друг с другом пучком каналов связи. Он характеризуется максимальным числом ветвей и большой связностью. При такой организации сети возрастает ее стоимость. Вместе с тем обеспечивается непосредственная связь между любыми станциями и возможность организации связи по обходным направлениям в случае повреждения или перегрузки каналов основного направления. Таким образом, сеть приобретает высокую надежность, так как повреждение одной или нескольких ветвей не вызывает перерывов в связи между узлами сети.

Сеть, построенная с применением *комбинированной структуры* (рис. 3), имеет узлы нескольких уровней иерархии. Число ветвей в сети с комбинированной структурой больше  $N-1$ , но меньше  $N(N-1)/2$ . Комбинированная структура сети обладает большей надежностью, чем радиально-узловая, но значительно меньшей, чем полностью связная. На рис. 3 узлы класса I – узлы коммутации большей значимости, класса II – подчиненные им узлы. Узлы класса I образуют полностью связную сеть, а каждый узел класса I совместно с двумя узлами класса II и соответствующими оконечными узлами – радиально-узловую структуру. Внутри каждой радиально-узловой структуры можно выделить две-три радиальные структуры.

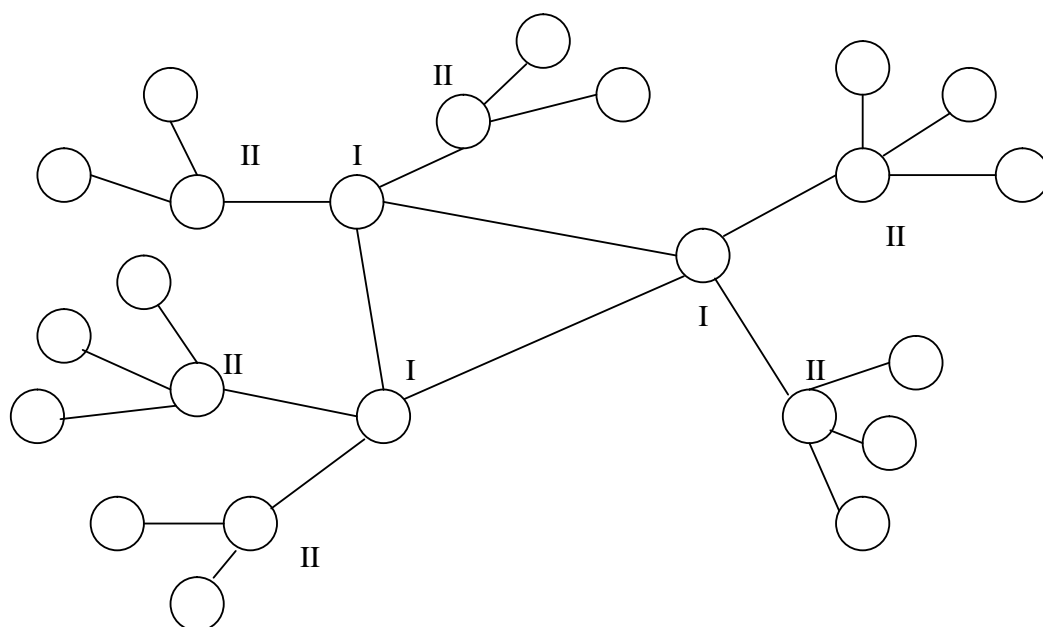


Рис. 3. Комбинированная структура сети

На сетях железнодорожного транспорта полносвязная структура часто используется для организации сетей местной связи при наличии нескольких АТС. На междугородной сети, как правило, используется комбинированная и радиально-узловая структуры.

## МЕТОДЫ КОММУТАЦИИ

На вторичной сети связи возникает необходимость передавать сообщения между разными абонентскими пунктами, что достигается применением коммутации. Под *коммутацией* понимается процесс образования электрических трактов для передачи сообщений между абонентскими пунктами. На сети связи коммутация осуществляется на коммутационных станциях, в которые включаются абонентские устройства.

В зависимости от метода организации соединения между двумя или группой конечных устройств различают коммутацию каналов, сообщений и пакетов [1, 3, 4, 5].

### Коммутация каналов

*Коммутация каналов (КК)* подразумевает образование непрерывного составного физического канала из последовательно соединенных канальных участков для прямой передачи данных между узлами, то есть охватывает все случаи образования непрерывной цепи (пути) для обмена информацией между источником и получателем. В сети с КК перед передачей информации всегда необходимо выполнить процедуру установления соединения, в процессе которой и создается составной канал. Важным достоинством такого метода распределения сообщений в требуемых направлениях является фиксированная задержка при передаче сигналов данных после того, как соединение установлено, то есть информация передается в реальном масштабе времени (РМВ). Однако если сеть загружена и нет возможности по запросу (вызову) установить соединение, то вызывающий абонент получает отказ. Сеть проектируется таким образом, чтобы вероятность отказа в обслуживании была меньше некоторой допустимой величины  $P_{доп.отк}$ , но полностью исключить такую ситуацию невозможно. Образованное соединение из коммутируемых каналов находится в полном ведении двух абонентов независимо от того, передают они информацию или нет. Характерным примером сети с КК служат телефонные сети. В качестве узлов КК служат телефонные станции. Телефонные аппараты (ТА) подключаются к телефонным станциям парами физических линий АЛ, а сами станции связаны соединительными многоканальными линиями, называемыми магистральными (МЛ) (рис. 4).

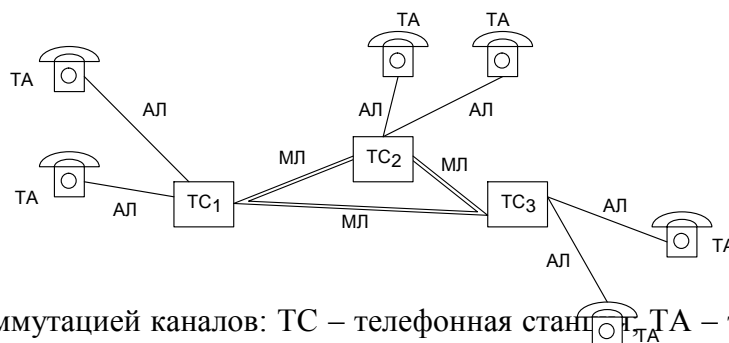


Рис. 4. Сеть с коммутацией каналов: ТС – телефонная станция, ТА – телефонный аппарат;

МЛ – магистральные линии; АЛ – абонентские линии

Коммутаторы, а также соединяющие их каналы должны обеспечивать одновременную передачу данных нескольких абонентских каналов. Для этого они должны быть высокоскоростными и поддерживать какую-либо технику мультиплексирования абонентских каналов. Однако независимо от того, какой тип мультиплексирования в них используется, сети с КК обладают несколькими важными общими свойствами.

Сети с динамической коммутацией требуют предварительной процедуры установления соединения между абонентами. Для этого в сеть передается адрес вызываемого абонента, который проходит через коммутаторы и настраивает их на последующую передачу данных. Запрос на установление соединения маршрутизируется от одного коммутатора к другому и, в конце концов, достигает вызываемого абонента. Сеть может отказать в установлении соединения, если емкость требуемого выходного канала уже исчерпана. Например, для FDM-коммутатора емкость выходного канала равна количеству частотных полос этого канала, а для TDM-коммутатора – количеству тайм-слотов (квантов времени), на которые делится цикл работы аппаратуры. В этом случае говорят, что занят коммутатор. Сеть отказывает в соединении также в том случае, если запрашиваемый абонент уже установил соединение с кем-нибудь другим, то есть занят абонент. Возможность отказа в соединении является недостатком метода КК.

Если соединение может быть установлено, то ему выделяется, например, фиксированная полоса частот (в FDM-сетях), или фиксированная пропускная способность (в TDM-сетях). Эти величины остаются неизменными в течение всего периода соединения. Гарантированная пропускная способность сети после установления соединения является важным общим свойством сетей с КК, необходимым для таких приложений, как передача голоса, изображения или управления объектами в РМВ.

Недостатком сетей с КК является невозможность динамически изменять пропускную способность канала по требованию абонента, что делает их неэффективными в условиях пульсирующего трафика. Кроме этого, в сетях с КК невозможно применение пользовательской аппаратуры, работающей с разной скоростью.

Таким образом, сети с КК хорошо коммутируют потоки данных постоянной интенсивности, например потоки данных, создаваемые разговаривающими по телефону собеседниками, но не могут перераспределять пропускную способность магистральных каналов между потоками абонентских каналов динамически.

### **Коммутация сообщений**

В узлах *коммутации сообщений (КС)*, построенных на базе ЭВМ, передаваемые односторонние сообщения, сопровождаемые адресом, принимаются от абонентов сети без отказа, обрабатываются и накапливаются в памяти центра коммутации. Передача информации в требуемых направлениях производится по мере освобождения каналов связи. Этому методу присуща временная задержка, что не позволяет передавать информацию в РМВ. Задержка может возникнуть также:

- при необходимости многократной передачи одного и того же сообщения;
- занятости вызываемого абонента;
- несогласовании скорости передачи информации и пропускной способности канала;
- несогласовании форматов и кодов при приеме и передаче.

Сообщение имеет произвольную длину, которая определяется не технологическими соображениями, а содержанием информации, составляющей сообщение. Например, сообщением может быть текстовый документ, файл с кодом программы, электронное письмо и т. п.

По схеме КС обычно передаются сообщения, не требующие немедленного ответа. Режим передачи с промежуточным хранением (например на диске транзитного компьютера), называется режимом «хранение–и–передача» (store–and–forward). Режим КС разгружает сеть для передачи трафика, требующего быстрого ответа, например трафика службы WWW или файловой службы. Количество транзитных компьютеров стараются по возможности уменьшить. Если компьютеры связаны между собой телефонной сетью, то часто используется несколько промежуточных

серверов, так как прямой доступ к конечному серверу может быть невозможен в данный момент из-за перегрузки телефонной сети или экономически невыгоден из-за высоких тарифов на дальнюю телефонную связь.

### Коммутация пакетов

В современных системах передачи для уменьшения задержки используется разновидность КС, получившая название *коммутации пакетов (КП)*. Под *пакетом* понимается часть сообщения, представленная в виде блока с заголовком, имеющего установленный формат (структуру данных) и ограниченную длину, и передаваемая по сети как единое целое (рис. 5).

Каждый пакет может передаваться по сети независимо от других, что существенно снижает задержку, достаточно равномерно распределенную между всеми активными абонентами сети. Особенно эффективен такой метод динамического использования ресурсов сети для сообщений с большой скважностью, характерной для диалогового взаимодействия пользователя с ЭВМ. Когда время доставки сообщения оказывается больше 150–200 мс, передача речевой информации невозможна. Снижение времени доставки речевого сообщения до допустимого требует высокой пропускной способности сети связи. По этой причине КП находит применение преимущественно в системах передачи дискретной информации.

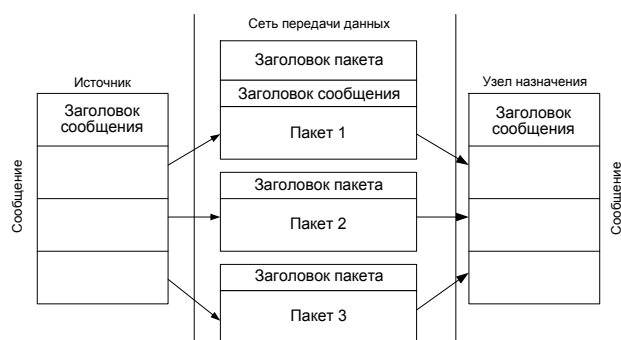


Рис. 5. Коммутация пакетов. Разбиение сообщения на пакеты

КП – это техника коммутации, которая была специально разработана для эффективной передачи компьютерного трафика. Эксперименты по созданию первых компьютерных сетей на основе техники КК показали, что этот вид коммутации не позволяет достичь высокой общей пропускной способности сети из-за пульсирующего характера трафика, который генерируют типичные сетевые приложения. Коэффициент пульсации трафика отдельного пользователя сети, равный отношению средней интенсивности обмена данными к максимально возможной, может составлять 1:50 или 1:100. Если для стандартной сессии общения пользователя с ЭВМ организовать коммутацию канала между компьютером пользователя и сервером, то большую часть времени канал будет простаивать. В то же время коммутационные возможности сети будут использоваться – часть тайм-слотов или частотных полос коммутаторов будет занята и недоступна другим пользователям сети.

Коммутаторы пакетной сети отличаются от коммутаторов каналов тем, что они имеют внутреннюю буферную память для временного хранения пакетов, если выходной порт коммутатора в момент принятия пакета занят передачей другого пакета. В этом случае пакет находится некоторое время в очереди пакетов в буферной памяти выходного порта, а когда до него дойдет очередь, то он передается следующему коммутатору. Такая схема передачи данных позволяет сглаживать пульсации трафика на магистральных связях между коммутаторами и тем самым использовать их наиболее эффективным образом для повышения пропускной способности сети в целом. Общий объем передаваемых сетью компьютерных данных в единицу времени при технике КП выше, чем при технике КК. Это происходит потому, что пульсации трафика от отдельных абонентов распределяются во времени. Поэтому коммутаторы постоянно и достаточно равномерно загружены, если число обслуживаемых ими абонентов действительно велико. Трафик, поступающий от конечных узлов на коммутаторы, очень неравномерно распределен во времени.

Однако коммутаторы более высокого уровня иерархии, которые обслуживают соединения между коммутаторами нижнего уровня, загружены более равномерно, и поток пакетов в магистральных каналах, соединяющих коммутаторы верхнего уровня, имеет почти максимальный коэффициент использования.

Описанный режим передачи пакетов между двумя оконечными узлами сети предполагает независимую маршрутизацию каждого пакета и называется *дейтаграммным*. При использовании такого режима коммутатор может изменить маршрут какого-либо пакета в зависимости от состояния сети – работоспособности каналов и других коммутаторов, длины очередей пакетов и т. д.

Дейтаграммный метод не требует предварительного установления соединения и потому работает без задержки перед передачей данных. Это особенно выгодно для передачи небольшого объема данных, когда время установления соединения может быть соизмеримым со временем передачи данных. Кроме того, дейтаграммный метод предполагает быструю адаптацию сети к каким-либо изменениям в ней.

Другой режим работы сети – передача пакетов *по виртуальному каналу* (virtual circuit или virtual channel). При таком режиме перед началом передачи данных между двумя оконечными узлами должен быть установлен виртуальный канал, который представляет собой единственный маршрут, соединяющий эти оконечные узлы. Виртуальный канал может быть динамическим или постоянным. Динамический виртуальный канал устанавливается при передаче в сеть специального пакета – запроса на установление соединения. Этот пакет проходит через коммутаторы и «прокладывает» виртуальный канал. Другими словами, коммутаторы запоминают маршрут для данного соединения и при поступлении последующих пакетов данного соединения отправляют их всегда по проложенному маршруту. Постоянные виртуальные каналы создаются администраторами сети путем ручной настройки коммутаторов. При отказе коммутатора или канала на пути виртуального канала соединение разрывается и виртуальный канал нужно прокладывать заново, при этом он обойдет отказавшие участки сети.

При использовании режима виртуальных каналов время, затраченное на их установление, компенсируется быстрой передачей всего потока данных. Коммутаторы распознают принадлежность пакета к виртуальному каналу по специальной метке – его номеру, а не анализируют адреса конечных узлов, как это делается при дейтаграммном режиме работы сети.

Одним из отличий метода КП от метода КК является неопределенность пропускной способности соединения между двумя абонентами.

**Пример 1.** Рассмотрим пример приблизительного расчета задержки в передаче данных в сетях с КП по сравнению с сетями КК.

Пусть тестовое сообщение, которое нужно передать в обоих видах сетей, составляет 200 кбайт. Отправитель находится от получателя на расстоянии 5000 км. Пропускная способность линий связи составляет 2 Мбит/с.

Время передачи данных по сети с КК складывается из времени распространения сигнала (для расстояния 5000 км примерно равно 25 мс) и времени передачи сообщения (при заданных пропускной способности и длине сообщения примерно равно 800 мс), то есть передача данных заняла 825 мс. В сети с КП будем считать, что путь от отправителя до получателя пролегает через 10 коммутаторов. Исходное сообщение разбивается на пакеты в 1 кбайт, то есть всего передается 200 пакетов. Оценим задержку, которая возникает в исходном узле. Предположим, что доля служебной информации, размещенной в заголовках пакетов, по отношению к общему объему сообщения составляет 10 %. Следовательно, дополнительная задержка, связанная с передачей заголовков пакетов, составляет 10 % от времени передачи целого сообщения, то есть – 80 мс. Если принять интервал между отправкой пакетов, равным 1 мс, тогда дополнительные потери за счет интервалов составят 200 мс. Итого, в исходном узле из-за пакетирования сообщения при передаче возникла дополнительная задержка в 280 мс.

Каждый из 10 коммутаторов вносит задержку коммутации, которая может иметь большой разброс, от долей до тысяч миллисекунд. В данном примере примем, что на коммутацию в среднем тратится 20 мс. Кроме того, при прохождении сообщений через коммутатор возникает

задержка буферизации пакета. Эта задержка при величине пакета 1 кбайт и пропускной способности линии 2 Мбит/с равна 4 мс. Общая задержка, вносимая 10 коммутаторами, составит примерно 240 мс. В результате дополнительная задержка, созданная сетью с КП, составит 520 мс. Учитывая, что вся передача данных в сети с КК заняла 825 мс, эту дополнительную задержку можно считать существенной.

На эффективность работы сети также существенно влияют размеры пакетов, которые передает сеть. Слишком большие размеры пакетов приближают сеть с КП к сети с КК, поэтому эффективность сети при этом падает. Слишком маленькие пакеты заметно увеличивают долю служебной информации, так как каждый пакет несет с собой заголовок фиксированной длины, а количество пакетов, на которые разбиваются сообщения, будет резко расти при уменьшении размеров пакета. Разработчики протоколов для сетей с КП выбирают пределы, в которых может находиться длина пакета, а точнее его поле данных, так как заголовок имеет фиксированную длину. Обычно нижний предел поля данных выбирается равным нулю, что разрешает передавать служебные пакеты без пользовательских данных, а верхний предел не превышает 4 кбайт. При выборе размера пакета необходимо также учитывать интенсивность битовых ошибок канала. На ненадежных каналах уменьшают размеры пакетов, так как это уменьшает объем повторно передаваемых данных при искажениях пакетов.

#### **1.4. Экономичность и надежность сетей связи**

Современные сети связи должны обеспечивать высококачественную и надежную передачу больших потоков различных видов информации. Ненадежная их работа приводит к потере верности передачи информации, наносит материальный ущерб, увеличивает затраты на запасные части, ремонтное оборудование, подготовку и содержание обслуживающего персонала. В то же время разработка аппаратуры с использованием высоконадежных элементов, резервирования, встроенного контроля, быстрого восстановления и ремонта отказавших узлов приводит к резкому удорожанию аппаратуры, увеличению сроков ее изготовления и ввода в эксплуатацию. Вопросы оптимального построения систем связи по критерию минимума экономических и временных затрат при повышении надежности и снижении стоимости являются в настоящее время актуальными. Поэтому комплексное решение вопросов обеспечения надежности систем связи должно учитываться как на этапе проектирования аппаратуры, так и на этапе строительства и эксплуатации объектов связи.

Важными понятиями в теории надежности являются надежность и отказ [4].

*Надежность* – это свойство системы выполнять заданные функции при определенных условиях эксплуатации. Надежность можно также понимать как совокупность трех свойств: безотказности, восстанавливаемости и долговечности.

*Безотказность* – свойство системы непрерывно сохранять работоспособность в течение заданного времени в определенных условиях эксплуатации. Она характеризуется закономерностями возникновения отказов.

*Восстанавливаемость* – это приспособленность системы к обнаружению и устранению отказов с учетом качества технического обслуживания. Она характеризуется закономерностями устранения отказов.

*Долговечность* – это свойство системы длительно сохранять работоспособность в определенных условиях. Долговечность количественно характеризуется продолжительностью периода практического использования системы от начала эксплуатации до момента технической или экономической нецелесообразности дальнейшей эксплуатации.

Надежность сети связи, зависящая от многих факторов, может рассматриваться как *аппаратурная* и *структурная*. В первом случае рассматривается проблема надежности аппаратуры передачи и коммутации информации, а также аппаратуры абонентских пунктов. Таким образом, аппаратурная надежность отражает работоспособность отдельных элементов аппаратуры связи. Структурная надежность отражает функционирование сети в целом в зависимости от работоспособности или отказов узлов или ветвей. Структурная надежность позволяет оценить возможность доставки сообщений между абонентскими пунктами сети.

*Отказом* считается случайное событие, приводящее к потере работоспособности системы.

Характеристикой отказа служит вероятность  $P(\tau > t_0)$ , где  $\tau$  – момент появления отказа, а  $t_0$  – фиксированная величина, или среднее время наработки на отказ.

Под отказом следует понимать не только полное нарушение работоспособности системы, но и ухудшение ее основных качественных показателей до уровня ниже установленных пределов. Например, снижение остаточного затухания канала связи ниже допустимой по техническим условиям границы является отказом, несмотря на то, что канал продолжает работать.

Различают следующие виды отказов:

- внезапные – возникают в результате резкого скачкообразного изменения основных параметров под воздействием многих случайных факторов, связанных с внутренними дефектами элементов, нарушением рабочих режимов, ошибками обслуживающего персонала и другими неблагоприятными воздействиями. Для постепенных отказов характерно плавное изменение параметров в результате изнашивания и старения системы;

- явные – отличаются от неявных тем, что обычно обнаруживаются при внешнем осмотре или включении аппаратуры. Для обнаружения неявных отказов требуется применение специальных измерений;

- независимые – отказы, возникновение которых не связано с предшествующими отказами других элементов. Зависимые отказы происходят в результате перегрузок и других воздействий, связанных с выходом из строя взаимосвязанных элементов;

- полные – приводят к полному нарушению работоспособности системы. Частичный отказ вызывает ухудшение качества функционирования;

- устойчивые – устраняются только в результате проведенного ремонта (замены отказавшего элемента) или регулировки;

- временные – могут самопроизвольно исчезать без вмешательства обслуживающего персонала после устранения вызвавшей их причины.

Расстройки, повреждения и аварии отличаются друг от друга объемом и характером ремонта. *Расстройкой* называется нарушение нормального режима работы из-за неправильной установки органов регулировки при полностью исправных элементах системы. Для их устранения достаточно лишь произвести подстройку. *Повреждения* – это отказы, вызванные необходимыми изменениями параметров элементов, для устранения которых требуется заменить неисправные элементы. *Аварии* – это отказы, для устранения которых требуется длительное время.

Более общим, чем отказ, является понятие *неисправности*. Под неисправностью понимается несоответствие системы одному или нескольким требованиям, предъявляемым в отношении как основных параметров, так и удобств эксплуатации, внешнего вида, комплектности и т. д. Не все неисправности являются причиной отказа. Неисправности, не приводящие к отказу, иногда называют *дефектами* или *второстепенными неисправностями*. В ряде случаев в системе связи могут возникать кратковременные самоустраняющиеся отказы, называемые *сбоями*.

Количественные характеристики надежности описываются показателями. *Показатель надежности* – это мера, посредством которой производится количественная оценка. Численное значение какого-либо параметра для конкретной системы иногда называют *параметром надежности*.

Для полной количественной характеристики основных сторон надежности используются различные показатели, которые делятся на несколько групп.

1. Показатели безотказности:

- вероятность безотказной работы;
- частота отказов;
- интенсивность отказов;
- среднее время безотказной работы;
- наработка на отказ (среднее время работы между отказами).

2. Показатели восстанавливаемости:

- вероятность восстановления;



- среднее время восстановления;
- интенсивность восстановления.

### 3. Показатели технического обслуживания:

- вероятность обслуживания;
- среднее время обслуживания.

К эксплуатационным коэффициентам надежности относятся:

- коэффициент использования или коэффициент исправного действия  $K_u$ ;
- коэффициенты готовности  $K_G$  и оперативной готовности  $K_{OG}$ ;
- коэффициенты простоя  $K_{пр}$  и стоимости эксплуатации.

Системы различают также по характеру обслуживания. Те из них, которые выполняют свои задачи при наличии обслуживающего персонала и обычно приспособлены к устранению отказов во время эксплуатации, относятся к *обслуживаемым*. *Необслуживаемые* системы выполняют возложенные на них функции без обслуживающего персонала. Эти системы могут быть самовосстанавливающимися, то есть приспособленными к самостоятельному устранению отказов без участия персонала, например, за счет автоматического резервирования.

По характеру влияния отказов элементов системы на ее выходные параметры системы можно разделить на *простые* и *сложные*. Простые системы при отказе элементов либо полностью теряют работоспособность, либо продолжают выполнять свои функции в полном объеме, если отказавший элемент зарезервирован. Такие системы могут находиться только в двух состояниях – рабочем и нерабочем. Сложные системы обладают способностью при отказе элементов продолжать выполнять свои функции, но с пониженной эффективностью, то есть они могут находиться в нескольких рабочих состояниях.

Системы передачи сообщений, как совокупность оборудования и аппаратуры различного назначения относятся к сложным системам, основными признаками которых являются:

- невозможность корректного математического описания функционирования системы;
- многофункциональность оборудования систем передачи;
- наличие большого числа взаимосвязанных элементов и устройств;
- сложность и разные уровни качества функционирования оборудования систем связи.

Вследствие сложности структур сетей связи понятие надежности часто рассматривается не применительно к сети в целом, а относительно ее элементов – узлов и ветвей. *Отказом ветви* называется такое ее состояние, когда все каналы данной ветви неработоспособны. Надежность ветви зависит от аппаратурной надежности элементов систем передачи, внешних воздействий на линии связи и квалификации обслуживающего персонала. Наименьшей надежностью обладают ветви, каналы которых организованы по воздушным линиям связи, так как эти линии подвержены значительным механическим повреждениям. Наибольшей надежностью обладают ветви, образованные по кабельным магистралям. Количество отказов ветви пропорционально ее длине.

*Отказ узла* означает невозможность установления соединения между каналами разных пучков, включенных в узел, поскольку приводит к выключению из сети всех ветвей, с ним связанных. На узлах предусматриваются меры по повышению их надежности, так как выход из строя одного узла влечет за собой более тяжелые последствия по сравнению с отказом одной, а иногда и нескольких ветвей. Для повышения надежности узлов применяют резервирование оборудования, иногда многократное. Резервирование позволяет получить высокую надежность узлов и поэтому при анализе структурной надежности сетей связи вероятность безотказной работы узлов, как правило, принимается равной 1.

Для повышения структурной надежности сети связи используются следующие методы:

- применение обходных направлений;
- резервирование линий и каналов связи;
- применение систем технического контроля и восстановления;
- использование системы оперативного управления сетью связи.

Все эти методы позволяют повысить «живучесть» сети, под которой понимается свойство сети сохранять путь соединения между всеми или большинством узлов при массовых разрушениях ее элементов. На реальных сетях сочетают различные методы повышения структурной надежности.

### **Техническая эксплуатация систем связи**

*Технической эксплуатацией* (ТЭ) называют этапы, включающие в себя хранение, транспортировку, монтаж и настройку оборудования системы передачи, использование его по назначению, профилактическое и техническое обслуживание, восстановление после отказов и ремонт [4].

Как процесс, эксплуатация характеризуется следующими временными понятиями:

- началом эксплуатации – моментом ввода системы связи, ее оборудования в один из режимов эксплуатации (хранение, транспортирование, подготовка к применению и использование по назначению);
- снятием с эксплуатации – событием, фиксирующим невозможность или нецелесообразность дальнейшего использования оборудования системы связи по назначению и ремонта, документально оформленным в установленном порядке;
- концом эксплуатации – моментом снятия оборудования системы связи и его элементов с эксплуатации.

К основным понятиям теории эксплуатации относятся:

- контрольная эксплуатация – эксплуатация заданного количества однотипного оборудования и его элементов в соответствии с требованиями научно-технической документации, сопровождаемая контролем состояния всего оборудования специально подготовленным персоналом;
- опытная эксплуатация – комплексная проверка готовности оборудования системы связи к сдаче в фактическую эксплуатацию предприятиям первичной сети с целью проверки технических характеристик в реальных условиях;
- условия эксплуатации – совокупность факторов, действующих на оборудование системы связи. К условиям эксплуатации относятся:
  - климатические условия;
  - механические и электрические нагрузки;
  - квалификация обслуживающего персонала;
  - метрологическое обеспечение;
- режим работы – совокупность значений эксплуатационных параметров оборудования системы связи при использовании его по назначению. К режимам работы относятся:
  - загрузка линейного тракта сигналами передачи различных видов сообщений;
  - выделение, переприем и транзит каналов или групп каналов;
  - условия работы промежуточных усилительных (или регенерационных) пунктов;
  - система резервирования оборудования;
- средства эксплуатации – совокупность сооружений, технических устройств, контрольно-измерительной аппаратуры; запасные блоки и узлы аппаратуры, эксплуатационные материалы и инструменты, необходимые для эксплуатации оборудования и его элементов.

*Система технической эксплуатации* – это совокупность объекта, средств эксплуатации и человека (технического персонала) с включением в нее документации, устанавливающей правила их взаимодействия.

*Техническое обслуживание (ТО)* представляет собой технологический процесс, включающий в себя комплекс работ по поддержанию исправности или только работоспособности оборудования системы связи на всех этапах стадии технической эксплуатации. Комплекс взаимосвязанных положений, норм, рекомендаций, определяющих организацию и порядок проведения работ по ТО для заданных условий эксплуатации с целью обеспечения показателей качества

функционирования каналов и трактов, предусмотренных оперативно-технической документацией, образует систему технического обслуживания.

Система ТО предусматривает проведение различного вида операций и работ, основными из которых являются:

- вспомогательные операции по подготовке инструментов, контрольно-измерительных приборов и рабочего места для проведения ТО;
- технические осмотры, направленные на проверку правильности состояния оборудования, ведения эксплуатационной документации и т. д.;
- контрольно-проверочные работы, проводимые с целью измерения и контроля технических параметров оборудования системы передачи, каналов и трактов;
- регулировочные и настроечные работы, необходимые для доведения параметров до значений, установленных нормативно-технической документацией;
- профилактические работы, направленные на повышение показателей надежности оборудования систем передачи, каналов и трактов за счет своевременного предупреждения отказов путем диагностирования состояния оборудования и прогнозирования отказов;
- ремонтные работы, выполняемые с целью устранения выявленных и потенциальных отказов оборудования, каналов и трактов.

Периодичность мероприятий по ТО назначается по следующим принципам:

1) *календарному*, при котором мероприятия назначаются по истечении определенного времени (день, неделя, месяц, квартал, полугодие, год) независимо от наработки. Мероприятия, проводимые по этому принципу, называют профилактическим обслуживанием, под которым понимается комплекс мероприятий, направленных на предупреждение отказов оборудования, каналов и трактов, продление времени их безотказной работы. Профилактическое обслуживание бывает ежедневным, недельным, месячным, квартальным, годовым и сезонным, и ему соответствует профилактический метод ТО;

2) *временному*, при котором работы по ТО проводятся после достижения оборудованием заданной наработки в часах (25, 50, 100, 200, 500, 1000 ч) независимо от времени, в течение которого произойдет эта наработка. Работы по ТО, проводимые по этому принципу или принципу наработки, называются регламентными и чаще всего используются при эксплуатации оборудования, отказы которого происходят по причинам износа и старения;

3) *комбинированному*, или смешанному, при котором часть работ по ТО производится через определенные промежутки времени, а другая часть – в соответствии с наработкой. Соответствующие регламентные работы совмещаются в необходимое время с профилактическими. Такое ТО иногда называют регламентно-профилактическими работами.

В организационном отношении самым удобным является календарный принцип ТО, при котором упрощаются планирование, материально-техническое снабжение, контроль за качеством и сроками выполнения работ.

Обеспечение ресурса оборудования систем связи осуществляется не только своевременным проведением работ по ТО, но и выполнением ремонтных работ. В зависимости от организации и выполнения ремонта, особенностей оборудования, степени его износа, а также объема и трудоемкости выполнения ремонтных работ различают следующие виды ремонта.

1. *Плановый*, предусмотренный нормативно-технической документацией и осуществляемый в плановом порядке. Оборудование систем передачи и линейных сооружений подвергается планово-предупредительному ремонту, основная цель которого заключается в повышении надежности и качества его функционирования, поддержания или восстановления начальных эксплуатационных характеристик. Плановый ремонт может проводиться в процессе технического обслуживания независимо от наличия или отсутствия отказов и повреждений.

2. *Неплановый*, который предусмотрен в нормативно-технической документации, но осуществляется во внеплановом порядке, без предварительного назначения. Необходимость такого ремонта обуславливается возникновением внезапных отказов или аварий, проявляющихся в виде выхода значений параметров каналов и трактов за пределы установленных норм, отказов

источников электропитания, а также в виде полного прекращения действия каналов и трактов передачи.

3. Текущий, выполняемый в процессе эксплуатации оборудования станционных и линейных сооружений с целью обеспечения их работоспособности. К текущему ремонту относятся:

- планово-предупредительная замена предохранителей;
- устранение повреждений в аппаратуре и несложный ремонт ее блоков;
- работы по систематическому и своевременному предохранению линейных сооружений от преждевременного износа;
- устранение отдельных неисправностей.

Этот ремонт, как правило, производится силами технического персонала на месте эксплуатации. Текущий ремонт оборудования систем передачи осуществляется по мере необходимости. Текущий ремонт линейных сооружений по объему и трудоемкости представляет вид планового ремонта.

4. Средний, который является, как правило, плановым, проводится в объеме, установленном в нормативно-технической документации, и заключается в тщательной проверке технического состояния всех составных частей систем и линий передачи и восстановления их исправности. Средний ремонт выполняется подвижными или станционными ремонтными службами. Применительно к оборудованию систем передачи и линейных сооружений – это ремонтно-восстановительные бригады и аварийно-восстановительные группы.

5. Капитальный, осуществляемый с целью восстановления исправности и ресурса оборудования систем передачи и линейных сооружений с заменой или ремонтом любых частей. Этот вид ремонта является плановым и выполняется станционными ремонтными предприятиями на основании данных контрольно-технических осмотров и актов о наличии дефектов. Капитальный ремонт требует больших затрат труда, материальных и денежных средств, обоснования его технической и экономической целесообразности. Подробные перечни работ по капитальному ремонту оборудования систем связи приводятся в соответствующих правилах и инструкциях по технической эксплуатации.

Ремонт любого вида сопровождается выдачей определенных гарантий на последующий срок эксплуатации элементов и частей оборудования.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какова структура модели системы передачи информации?
2. Какими показателями может быть охарактеризована система связи?
3. В чем отличие коммутируемых и некоммутируемых систем передачи информации?
4. Какие требования предъявляются к сетям связи?
5. Проведите сравнительный анализ различных методов эксплуатации. Дайте определение текущему и капитальному ремонтам.
6. Дайте определение структурной надежности сети и перечислите методы ее повышения.

ТЕМА: ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ НА МЕСТНЫХ СЕТЯХ

2.1. Построение городской телефонной сети.  
Разработка системы нумерации на сети

Городская телефонная сеть (ГТС) предназначена для обслуживания телефонной связью населения городов и ближайших пригородов. Кроме передачи сообщений между своими абонентами, ГТС предоставляет им ряд дополнительных услуг, включая получение справочной информации, вызов экстренных служб города, междугородную связь и т. д.

К сооружениям ГТС относятся оконечные устройства (абонентские пункты), коммутационные устройства (АТС, узлы, подстанции) и линейные сооружения (абонентские и соединительные линии).

Основная часть затрат на строительство ГТС приходится на линейные сооружения и составляет 50–70 % от общих затрат на сооружение сети. Поэтому выбор способа построения сети зависит от затрат на линейные сооружения.

Принцип построения ГТС зависит прежде всего от емкости сети, то есть числа абонентов, что в свою очередь определяет число АТС на сети и способ их связи между собой [1, 5]. Существенное влияние на способ построения сети оказывают и специфические местные условия, такие как размеры и конфигурация территории города, наличие естественных преград.

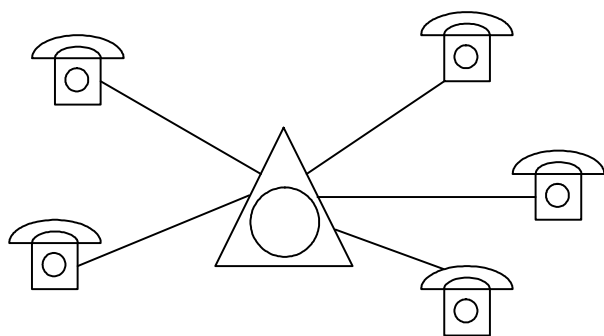


Рис. 6. Нерайонированная ГТС

Простейшей телефонной сетью является нерайонированная ГТС (рис. 6). На нерайонированной сети устанавливается одна АТС, в которую включаются все абоненты с помощью АЛ. При использовании цифровых АТС, в условиях применения выносных концентраторов, нерайонированная структура может быть экономически целесообразна при емкости сети до сотен тысяч номеров (аналоговых – до 20000). В России такие сети имеются в большинстве районных центров.

В случае районирования ГТС территория города делится на телефонные районы, в каждом из которых сооружается РАТС, обслуживающая телефонной связью всех абонентов района. Районирование ГТС предполагает децентрализацию станционного оборудования, заключающуюся в приближении АТС к абонентам, в результате чего сокращается длина АЛ и затраты на них. Вместе с тем районирование ГТС, снижая затраты на АЛ, создает дополнительные затраты на СЛ и станционные сооружения, так как вместо одной АТС устанавливается несколько РАТС, связанных СЛ. С учетом этого наименьшие общие затраты на сооружение ГТС можно получить за счет районирования только при определенных емкости ГТС и количестве РАТС. Районированная структура цифровой ГТС без узлообразования экономически целесообразна при емкости сети в несколько сотен тысяч номеров (аналоговых – до 80000).

С увеличением емкости районированной ГТС растет число РАТС, а следовательно, и число пучков СЛ, что уменьшает их использование. При большом числе РАТС их связь по принципу «каждая с каждой» становится экономически нецелесообразной. На ГТС (рис. 7), соединение абонентов одного района осуществляется через одну РАТС, а абоненты разных районов соединяются через две РАТС. Такие сети называются районированными ГТС без узлов.

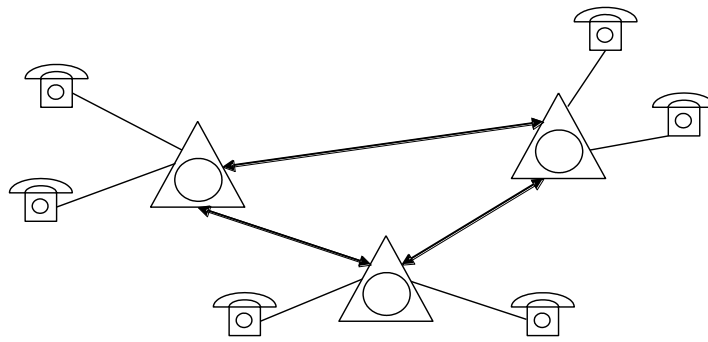


Рис. 7. Районированная ГТС без узлов

При большей емкости сеть наиболее выгодно строить с узлами входящих сообщений (УВС) (рис. 8). Все АТС узлового района имеют общий стотысячный (двухсоттысячный) код.

Районированные ГТС с узлами входящих сообщений делятся на узловые районы, в каждом из которых для концентрации нагрузки к АТС узлового района устанавливаются один или несколько УВС. В каждом из районов может быть установлено несколько РАТС, соединяющихся между собой по принципу «каждая с каждой». РАТС любого узлового района соединяется с РАТС других узловых районов через УВС. Каждая РАТС телефонной сети соединяется с УВС других узловых районов сети исходящими, а со своим УВС – входящими СЛ. При наличии УВС на ГТС пучки СЛ от РАТС к УВС других узловых районов и от УВС к своим РАТС укрупняются. Цифровые районированные ГТС с УВС могут иметь емкость до нескольких миллионов номеров (аналоговые – до 800000).

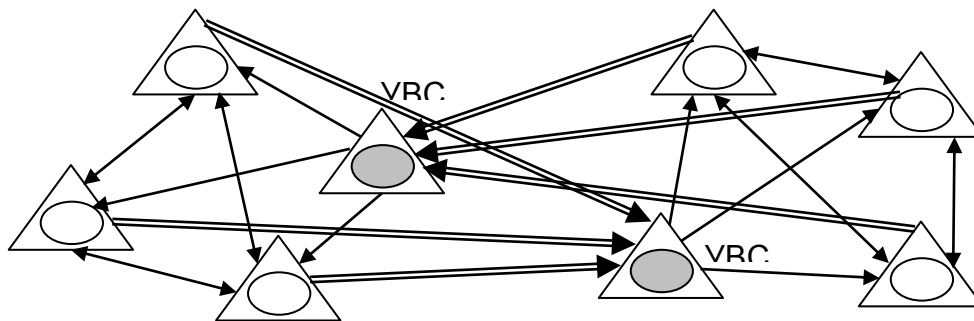


Рис. 8. Районированная ГТС

Районированные ГТС с УВС и узлами исходящих сообщений (УИС) обычно имеют несколько десятков узловых районов. Пример такой сети представлен на рис. 9.

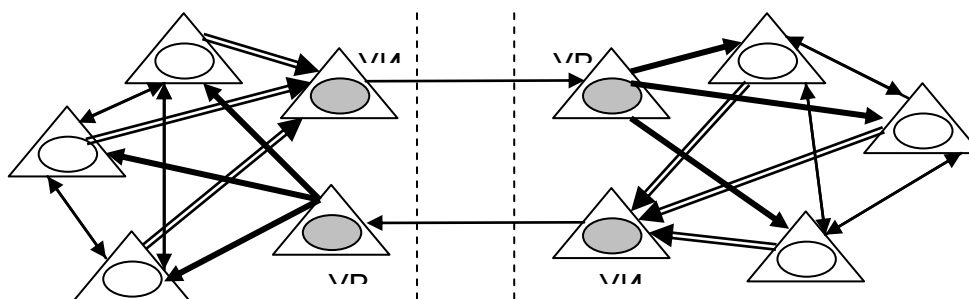


Рис. 9. Построение районированной ГТС с УИС

Цифровые станции позволяют реализовать более экономичные структуры ГТС по сравнению с аналоговыми АТС. Основные особенности перспективных структур ГТС с цифровыми станциями следующие:

- широкое использование выносных концентраторов;

- комбинированное использование оборудования АТС (РАТС, РАТС и УВС, УИВС, РАТС и УИВС, РАТС и АМТС и т.д.);
- возможность использования двухсторонних соединительных линий;
- применение обходных направлений;
- широкое использование общеканальной системы сигнализации ОКС № 7;
- предоставление абонентам значительного числа дополнительных видов обслуживания;
- создание на сети центров технической эксплуатации.

При модернизации местной телефонной сети следует делать акцент на разработку такой перспективной структурной схемы сети, при которой

- ✓ капитальные затраты на станционные и линейные сооружения при вводе новых телефонных станций были как можно меньше;
- ✓ максимально бы использовались преимущества цифровых телефонных станций перед аналоговыми АТС.

Для выполнения этих условий при цифровизации местной сети используется стратегия наложенной сети. Основные правила построения наложенной сети следующие:

- все связи между цифровыми АТС должны осуществляться только через цифровые АТС и узлы;
- при связи между цифровыми АТС должны использоваться стандартные тракты цифровых систем передачи;
- в пределах одной местной сети при любых соединениях допускается только один переход между наложенной и существующей аналоговой сетями;
- вновь вводимые цифровые АТС должны включаться только в наложенную сеть;
- связь между цифровыми и аналоговыми АТС должна осуществляться по линейным трактам стандартных цифровых систем передачи с установкой аналого-цифрового преобразования и согласования систем сигнализации на стороне аналоговых АТС;
- цифровые станции и узлы могут размещаться на одной территории или даже в одном здании с аналоговыми АТС и узлами.

Рекомендуется производить развитие отдельных местных сетей на однотипных цифровых системах коммутации (не более двух типов). Варианты построения наложенной цифровой сети зависят от емкости и структуры существующей аналоговой сети.

При создании наложенной сети на аналоговой ГТС без узлов вновь вводимые цифровые АТС должны быть связаны со всеми РАТС данной ГТС цифровыми трактами с установкой оборудования АЦП на стороне аналоговых станций. При введении следующих станций необходимо решать вопрос рационального подключения данных станций к существующей ГТС. Возможно три основных способа подключения вновь вводимых РАТС:

- 1) организация прямых пучков каналов соединительных линий между каждой цифровой и каждой аналоговой РАТС («каждая с каждой»);
- 2) использование ранее введенных в сеть цифровых РАТС в качестве транзитных станций для вновь вводимых станций. При этом связь вводимых РАТС с аналоговой ГТС будет осуществляться через транзитную станцию;
- 3) комбинированное решение, основанное на сочетании перечисленных ранее вариантов.

**Пример 2.** Емкость проектируемой сети в городе N не превышает 100 000 номеров. Необходимо: 1) выбрать способ построения сети; 2) разработать систему нумерации. Тип и емкость действующих на сети РАТС представлены в табл. 1, структурный состав абонентов РАТС – в табл. 2.

Тип и емкость РАТС в проектируемой ГТС

Характеристики АТС	РАТС <sub>1</sub>	РАТС <sub>2</sub>	РАТС <sub>3</sub>	РАТС <sub>4</sub>	РАТС <sub>5</sub>
Тип	АТСЭ	АТСЭ	АТСЭ	АТСК-У	АТСК-У
Емкость, ном.	20 000	18 000	15 000	10 000	10 000

Таблица 2

Структурный состав абонентов станций

Категории абонентов	РАТС <sub>1</sub>		РАТС <sub>2</sub>		РАТС <sub>3</sub>		РАТС <sub>4</sub>		РАТС <sub>5</sub>	
	Номеронабиратели									
	Д	Т	Д	Т	Д	Т	Д	Т	Д	Т
Квартирный сектор	8960	3840	6720	2880	8064	3456	4480	1920	4480	1920
Деловой сектор	4900	2100	3675	1575	4410	1890	2450	1050	2450	1050
Таксофоны местные	–	140	–	105	–	126	–	70	–	70
Кабины перегов. пунктов	–	40	–	30	–	36	–	20	–	20
Таксофоны междугор.	–	20	–	15	–	18	–	10	–	10

1. При заданной емкости можно использовать структуру нерайонированной сети. Станции целесообразно соединить между собой по принципу «каждая с каждой» (рис. 10). Благодаря такому построению обеспечивается высокая надежность сети и минимальное время установления соединения. Можно создать пучки каналов по кратчайшим путям и не использовать транзитное оборудование.

Между АТСЭ для передачи сигналов используется общий канал сигнализации (ОКС № 7) и пучки линий двустороннего действия. При соединении АТС координатного типа между собой, а также между АТСК-У и АТСКЭ используются пучки одностороннего действия и применяется система сигнализации по двум выделенным сигнальным каналам для передачи линейных сигналов, а многочастотный код «2 из 6» используется для передачи сигналов управления. Для связи АМТС с АТС используются междугородные соединительные линии (СЛМ), для связи АТС с АМТС – заказно-соединительные линии (ЗСЛ). В ГТС, кроме аппаратов квартирного и служебного секторов, включаются таксофоны, спецслужбы и учрежденческо-производственные АТС.

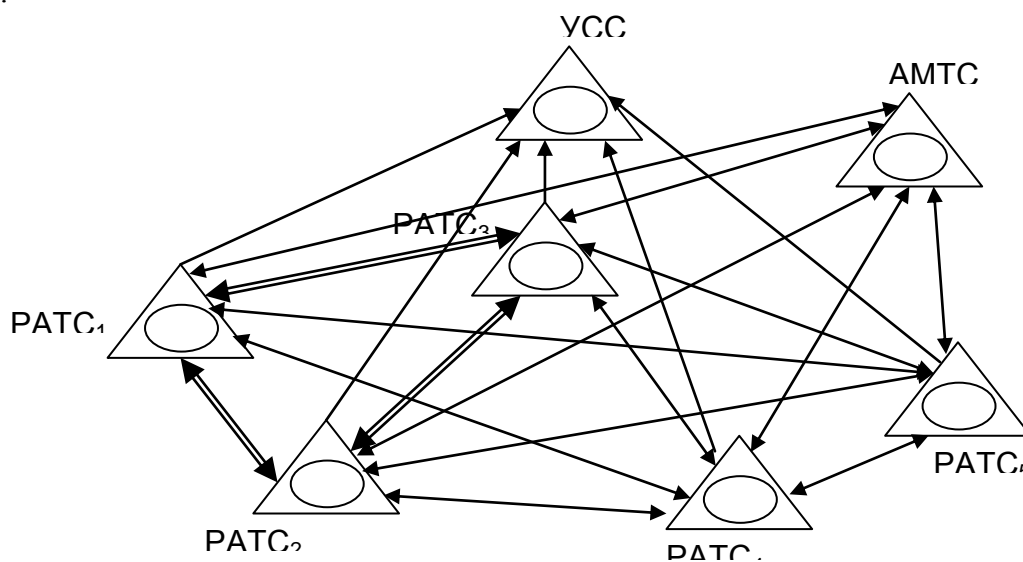


Рис. 10. Структурная схема ГТС



Вызов справочных служб ГТС и АМТС осуществляется набором сокращенных номеров, обычно двузначных. Это так называемые спецслужбы, которым присваиваются единые номера во всех городах России: 01 – пожарная охрана, 02 – милиция, 03 – скорая помощь, 04 – аварийная служба газовой сети, 06 – телеграф, 08 – бюро ремонта ГТС, 09 – справочная служба ГТС. На районированных АТС оборудуется узел спецслужб (УСС), который располагается на одной из РАТС города. Выход к УСС все РАТС города получают набором цифры 0. После набора второй цифры вызывающий абонент подключается к линии требуемой спецслужбы.

2. Монтированная емкость сети определяется как

$$N = \sum_{i=1}^n N_{РАТС i} ,$$

где  $N_{РАТС i}$  – емкость  $i$ -й РАТС;  $N = 73000$ .

Номерная емкость сети определяется по формуле

$$N_{НОМ} = \frac{N}{k_u} ,$$

где  $k_u$  – коэффициент использования номерной емкости;  $N_{НОМ} = 104000$ .

Минимально необходимая значность номера  $n_{\min}$  с учетом реализации экстренных служб и выхода на АМТС определяется как

$$N_{НОМ} \leq 8 \times 10^{n-1} ,$$

где  $n$  – минимально необходимое число знаков в местном абонентском номере;  $n = 6$ .

На сети автоматической телефонной связи система нумерации представляет собой совокупность комбинаций десятичных цифр и порядок их набора для образования номера вызываемого абонента. Комбинации цифр передаются от телефонного аппарата посредством дисковых и кнопочных номеронабирателей. Система нумерации должна обеспечивать максимальные удобства абонентам и эффективное использование оборудования телефонных сетей. Поэтому при разработке системы нумерации стремятся уменьшить число набираемых знаков, что, во-первых, ускоряет процесс набора номера, во-вторых, уменьшает время занятия приборов и линий АТС при установлении соединений.

Система нумерации может быть закрытой, открытой и смешанной. В закрытой (единой) системе нумерации соединение с абонентом осуществляется набором одного и того же номера независимо от места расположения вызывающего абонента и маршрута установления соединения. При этом за каждым абонентом закрепляют определенный номер, единый для всей телефонной сети. В открытой системе нумерации номер вызываемого абонента изменяется в зависимости от места нахождения вызывающего абонента и маршрута установления соединения. В этом случае для вызова абонента одного из пунктов сети вызывающий абонент сначала выбирает маршрут соединения, а затем набирает знаки номера в соответствии с выбранным маршрутом. То есть, другими словами, при открытой системе нумерации набираемый номер зависит от вида соединения (местное, зональное, междугородное).

Единая система нумерации обеспечивает возможность установления соединения между любыми двумя абонентами ОАКТС.

На ОАКТС принят *зональный* принцип нумерации. Территория бывшего СССР разбита на 171 зону (в России – 81 зона, в бывших республиках СССР – 90). Обычно территория зоны телефонной нумерации совпадает с территорией области (края и т. п.). Каждой зоне присвоен свой код (АВС). Например, код Москвы – 095, Санкт-Петербурга – 812. В пределах каждой зоны вводится единая 7-значная нумерация, причем каждой 100-тысячной группе номеров присвоен

двузначный код (ab).

Для осуществления *междугородной телефонной связи* между абонентами разных зон вызывающий абонент должен набрать 10-значный номер вызываемого абонента: ABCabxxxxx. При установлении связи внутри зоны используется 7 цифр этого номера, которые называются 7-значным зоновым номером абонента. В качестве знака "а" не могут использоваться цифры 8 и 0 (8 – индекс выхода на междугородную сеть, 0 – на узел спецслужб (УСС) с сокращенной нумерацией).

Емкость зоно́вой нумерации ограничивается 80 кодами ab, т. е. восьмьюдесятью 100-тысячными группами или 8 млн абонентских номеров.

Для ГТС в зависимости от их емкости и перспектив развития из общей зоно́вой нумерации выделяется одна, две и более 100-тысячных групп. Для осуществления соединений в пределах ГТС устанавливается местная 5-, 6- или 7-значная нумерация.

Основной единицей емкости ГТС является АТС на 10 тысяч номеров, поэтому местный абонентский номер образуется из 4-значного номера в пределах 10-тысячной группы с добавлением станционного кода. Например, ахxxx, abxxxx, abcxxxx.

В качестве знака "а" не могут использоваться цифры 0 или 8. Знаки "а" 6-значного и "ab" 7-значного местных номеров должны совпадать с кодами 100-тысячных групп нумерации, выделенных для данной ГТС.

При наличии на ГТС учрежденческо-производственных телефонных станций для сокращенной нумерации из состава нумерации ближайшей (опорной) РАТС выделяется группа номеров, кратная 100. Для сельских телефонных сетей (СТС) в составе зоно́вой нумерации выделяется *одна* 100-тысячная группа. На СТС применяется открытая (9 – цифра выхода на вышестоящую станцию) и закрытая нумерации.

Междугородный вызов абонента ГТС осуществляется следующим образом. Набор индекса выхода на междугородную сеть "8"; готовность АМТС ("зуммер" или "длинный гудок"); набор 10-значного номера. Если вызываемая ГТС имеет 5- или 6-значную нумерацию, то местный номер вызываемого абонента дополняется до 7 цифрами "2".

Междугородный вызов абонента СТС. *Установление соединения с абонентом СТС другой зоны.* После кода зоны набирается 2-значный код сельского района и 5-значный абонентский номер. В справочниках коды зоны и сельского района объединяются. Например, код Санкт-Петербурга – 812, код Волховского района – 63, тогда код г. Волхова – 81263.

*Установление соединения в пределах своей зоны:* 8 – зуммер – направляющий индекс 2 (своя зона) – код 100-тысячной группы ab – 5-значный номер. В справочниках направляющий индекс 2 и код ab объединяют. Код СТС Пушкинского района – 53, код г. Пушкино – 253. Тогда вызов абонента г. Пушкино 7-55-99 из Москвы осуществляется следующим образом: 8-(253)75599. Вызов того же абонента из Санкт-Петербурга: 8-(096)5375599.

Для международной связи каждой из стран присвоен однозначный код (табл. 3).

Таблица 3

Международная связь. Нумерация зон

Страна	Код
Северная и Центральная Америка	1
Африка	2
Европа	3 и 4
Южная Америка	5
Малайзия, Австралия, Океания	6
Страны бывшего СССР	7
Центральная Азия и Дальний Восток	8
Индия и Ближний Восток	9

В каждой из этих зон стране присваивается одно-, двух- или трехзначный код, первой цифрой которых является однозначный код зоны. Общее число знаков не должно превышать 11.

Нумерация абонентских линий для различных видов связи в проектируемой сети представлена в табл. 4.

Таблица 4

Нумерация абонентских линий для различных видов связи

РАТС	РАТС <sub>1</sub>	РАТС <sub>2</sub>	РАТС <sub>3</sub>	РАТС <sub>4</sub>	РАТС <sub>5</sub>
Тип	АТСЭ	АТСЭ	АТСЭ	АТСК-У	АТСК-У
Емкость	20 000	15 000	18 000	10 000	10 000
Местный абон. номер	210000– 229999	450000– 464999	430000– 447999	410000– 419999	310000– 319999
Зоновый номер	2210000– 2229999	2450000– 2464999	2430000– 2447999	2410000– 2419999	2310000– 2319999
Междугородный номер	8ABC2210000– 8ABC2229999	8ABC2450000– 8ABC2464999	8ABC2430000– 8ABC2447999	8ABC2410000– 8ABC2419999	8ABC2310000– 8ABC2319999

### Основы теории телетрафика. Расчет числа соединительных линий на межстанционной сети связи

Основу расчета систем распределения информации составляет теория телетрафика [1, 5, 6]. При проектировании сетей телефонной связи определяют оптимальное число обслуживающих устройств – линий, каналов связи и коммутационных приборов АТС. В реальных условиях число одновременно занятых абонентских линий редко превышает 40 % их общего числа. Если бы сеть была рассчитана на одновременное обслуживание всех абонентов, большая часть оборудования простаивала бы круглосуточно. Для того чтобы телефонная сеть была экономически эффективной, ее строят таким образом, что при своевременном обслуживании подавляющего большинства вызовов все же допускается возникновение ситуаций, в которых абоненты получают отказы, или вынуждены

ожидать

освобождения занятых устройств. Доля потерянных или задержанных вызовов, являющаяся характеристикой качества обслуживания абонентов, должна быть небольшой, поскольку в противном случае пользование услугами связи становится неудобным для абонентов, и могут возникнуть материальные потери из-за несвоевременной доставки сообщений. Таким образом, оптимальным считается число коммутационных приборов АТС, линий и каналов связи, которое при заданном качестве обслуживания абонентов обеспечивает минимальные затраты на строительство и эксплуатацию сети. Для определения оптимального числа обслуживающих устройств используют специальные методы расчета. Создание таких методов – основная цель теории телетрафика.

Основы теории были заложены в трудах (1908–1918) датского математика, сотрудника Копенгагенской телефонной компании А.К. Эрланга. Сформулированные им принципы статистического равновесия и полученные на его основе формулы для расчета полнодоступного и идеально симметричного неполнодоступного включений коммутационных приборов и в настоящее время являются базовыми в теории телетрафика и отделившейся от нее впоследствии теории массового обслуживания. В дальнейшем теория развивалась в работах Т. Энгсета, Г. О’Делла, Э. Молина, Т. Фрая, А. Колмогорова, А. Хинчина, К. Пальма, К. Якобеуса, К. Ли, Р. Вилкинсона, М. Шнепса, А. Харкевича, Б. Лившица, Г. Ионина и многих других ученых.

В теории телетрафика рассматриваются системы распределения информации – сети связи, а также отдельные элементы этих сетей. Предметом исследований является количественная сторона процессов обслуживания потоков сообщений. Электрические и акустические характеристики аппаратуры, способы передачи информации и форма сообщений находятся вне рамок этой теории. Поскольку процессы обслуживания вызовов в системах распределения информации являются преимущественно случайными процессами, теория телетрафика тесно связана с теорией

вероятности и математической статистикой.

Методы теории телетрафика предназначаются прежде всего для решения практических задач. Наиболее распространенной задачей является задача синтеза. Ее можно сформулировать следующим образом: при известных параметрах поступающего потока сообщений требуется определить число обслуживающих устройств, которое обеспечивает заданное качество обслуживания абонентов. Различным классам систем распределения информации соответствуют разные методы теории телетрафика.

Основная математическая модель процесса обслуживания, исследуемая в теории телетрафика, содержит следующие компоненты:

- поток поступающих сообщений;
- время их обслуживания;
- систему обслуживания (систему коммутации);
- дисциплину обслуживания;
- характеристики качества обслуживания поступающих сообщений.

Понятие поток сообщений – достаточно широкое. Оно дает информацию о модели (параметрах и свойствах) потока вызовов – требований на обслуживание, виде передаваемых сообщений и форме их представления, множестве адресов источников и приемников сообщений.

Время обслуживания сообщений может быть фиксированным или случайным. В первом случае оно задается длительностью, во втором – вероятностным законом распределения.

Система обслуживания характеризуется структурой построения (полно- или неполнодоступная, одно- или многозвенная, одно- или многоступенчатая, одно- или многофазовая и т. д.) и набором структурных параметров.

Под дисциплиной обслуживания поступающих сообщений понимают:

- способ обслуживания (без потерь сообщений, с явными потерями, ожиданием, повторением или комбинированный);
- порядок обслуживания (в порядке очередности, случайном порядке или с приоритетом);
- режим искания выходов коммутационной системы (свободный, групповой или индивидуальный);
- способ искания свободных выходов (упорядоченный или случайный), а также другую информацию, характеризующую взаимодействие потока сообщений с системой обслуживания.

К характеристикам качества обслуживания поступающего потока сообщений относятся:

- вероятность явной или условной потери сообщений из-за отсутствия свободных приборов или путей установления соединения;
- среднее время задержки начала обслуживания сообщения;
- вероятность потери поступившего вызова;
- интенсивность обслуженной нагрузки;
- пропускная способность системы обслуживания;
- производительность системы управления и др.

Доминирующее положение в теории телетрафика занимают задачи анализа – определение характеристик качества обслуживания в зависимости от параметров и свойств потока и времени обслуживания сообщений, параметров и структуры системы обслуживания и дисциплины обслуживания. Наряду с этим, часто возникает необходимость в решении задач обратного вида – нахождении параметров системы обслуживания при заданной ее структуре в зависимости от параметров и свойств потока и времени обслуживания сообщений, дисциплины и качества обслуживания, либо определении пропускной способности системы обслуживания при заданной ее структуре и параметрах, нормируемом качестве обслуживания, свойствах потока и законе распределения времени обслуживания сообщений.

Первые системы обслуживания обладали относительно простой структурой – использовались полнодоступные, реже неполнодоступные схемы включения общих коммутационных приборов и индивидуальные или несложные групповые устройства управления. Поэтому решение прямой и обратной задач анализа в основном удовлетворяло потребности практики. Для машинных и

декадно-шаговых АТС рассчитывалось такое число коммутационных приборов на каждой ступени искания, при котором время ожидания соединения или вероятность потери вызова на ступенях искания соответствовали установленной норме качества обслуживания абонентов.

Однако уже тогда была сформулирована задача нового типа – оптимизация структуры и структурных параметров коммутационной схемы. Из большого числа возможных вариантов построения схемы неполнодоступного включения приборов декадно-шаговой АТС следовало определить наилучший, обеспечивающий при прочих равных условиях наименьшие потери вызовов из-за недоступности приборов.

С появлением координатных и особенно квазиэлектронных и цифровых АТС задача синтеза оптимальной структуры коммутационного поля становится актуальной. Для станции или узла определенной емкости или определенного диапазона емкостей требовалось построить схему коммутационного поля таким образом, чтобы при заданных потоках сообщений, времени, дисциплине и качестве обслуживания его стоимость была минимальной, либо при заданных потоках сообщений, времени и дисциплине обслуживания и фиксированной стоимости коммутационного поля были минимальными потери вызовов.

Поиск наиболее экономичных структур коммутационных схем, разработка принципов их построения и методов расчета пропускной способности становятся основным направлением теории. При этом выполнение условий по пропускной способности увязывается не только со стоимостью коммутационной схемы, но и с такими факторами, как надежность функционирования, гибкость развития, модульность построения, время передачи сообщения через коммутационное поле. Учитываются также требования, предъявляемые к системе управления, программному обеспечению, устройствам памяти.

Решение задач анализа и синтеза применительно к системе управления программно-управляемой АТС составило следующее важное направление теоретических исследований. Сюда, в частности, относятся определения:

- производительности отдельной ЭВМ или всей системы управления в целом при заданной структуре управления и известном объеме ресурсов;
- необходимого объема ресурсов для получения требуемой производительности отдельной ЭВМ или системы управления при заданной ее структуре;
- оптимального уровня децентрализации управления (выбор оптимальной структуры управления) в зависимости от конкретных характеристик разрабатываемой системы АТС (емкость, назначение и т. д.);
- оптимального распределения функций и производительности системы управления между отдельными ЭВМ и микроЭВМ при децентрализованном и распределенном управлениях;
- оптимальных алгоритмов обработки вызовов и процедур взаимодействия между отдельными элементами системы управления с целью повышения ее производительности.

К третьему направлению теории можно отнести задачи по оптимизации структуры сети связи и расчету ее пропускной способности и других показателей качества обслуживания.

Структура сети связи и методы ее расчета в значительной мере определяются техническими характеристиками применяемого станционного и линейного оборудования. Появление цифровых систем коммутации большой и сверхбольшой емкости существенно изменило сложившиеся десятилетиями принципы построения сетей связи. Потребовалась разработка новых концепций построения сети и новых методов расчета ее пропускной способности, особенно с учетом начавшейся интеграции и интеллектуализации сети, активного развития сетей подвижной и спутниковой связи, широкого распространения локальных сетей различного назначения.

Стремление лучше и полнее отразить в математических моделях все многообразие реальных процессов обслуживания различных потоков сообщений привело к разработке большого числа новых моделей и введению в них новых, более сложных компонентов. Поскольку большинство задач оптимизации решается методом перебора и сравнения различных вариантов, соответственно возросли требования к точности постановки и решения задач анализа.

В последние десятилетия заметно усилился интерес к задачам иного рода – разработке математических моделей кратко- и долгосрочного прогнозов ожидаемых параметров потоков

сообщений и длительностей обслуживания, исследованию свойств потоков и законов распределения времени обслуживания в реальных системах коммутации и управления. Обусловлено это возросшими стоимостью и сложностью систем коммутации и сетей электросвязи и соответственно повышением требований к их экономичности, качеству работы. Опыт проектирования и эксплуатации систем коммутации и сетей электросвязи свидетельствует о том, что наибольшие просчеты в определении объема необходимого стационарного и линейного оборудования, в расчете требуемой производительности управляющих устройств происходят именно из-за ошибок в прогнозе ожидаемой интенсивности потока сообщений и времени их обслуживания.

Нормирование и оптимальное распределение по участкам сети и этапам соединения показателей качества обслуживания – еще один класс задач, решаемых в теории телетрафика. От установленной общей нормы качества обслуживания поступающих сообщений зависят, с одной стороны, объем и стоимость оборудования станций и всей сети, а с другой – время, затрачиваемое абонентом на установление требуемого соединения, и время передачи сообщения через сеть связи. Несвоевременная доставка или срыв передачи сообщений приводит к замедлению процессов управления в торговле, промышленности, сельском производстве, культуре, что наносит ущерб потребителям услуг связи.

Разработка методов анализа и синтеза оптимальной структуры системы коммутации в целом – насущная задача теории. Необходимость ее решения диктуется происшедшей интеграцией систем передачи, коммутации и средств вычислительной техники, сетей электросвязи различного назначения, появившейся возможностью передачи по единой интегральной сети связи сообщений различного вида. В этих условиях задача оптимального построения сети электросвязи приобретает актуальное общегосударственное значение.

Математический аппарат теории телетрафика базируется на теории вероятностей, комбинаторике и математической статистике. При решении конкретных задач теории используются также сведения из других разделов математики – линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, теории графов, системного анализа.

Основным инструментом исследования в теории телетрафика остается метод уравнений вероятностей состояний, основанный на принципе статистического равновесия. Для системы обслуживания вводится понятие состояния. В простейшем случае состояние системы характеризуется одной случайной переменной, например, числом обслуживаемых вызовов или вызовов, находящихся на обслуживании и в очереди. Однако в большинстве случаев для описания процесса обслуживания поступающих сообщений одной переменной оказывается недостаточно – необходима более подробная информация о функционировании системы. Кроме этого, часто необходимы дополнительные переменные для отображения особенностей потока вызовов и закона распределения времени обслуживания.

Состояния, определяемые одной переменной, принято называть макросостояниями системы, а двумя и более переменными – микросостояниями. Используя тот или иной общий признак, можно для удобства анализа микросостояния объединять в классы – макросостояния. При поступлении очередного вызова, окончании обслуживания сообщения или изменении фазы работы управляющего устройства система меняет свое состояние. Интенсивности перехода из одного состояния в другое обычно известны на основании анализа свойств потоков вызовов и потоков освобождений. Это позволяет для каждого микросостояния системы составить уравнение, связывающее между собой вероятности соседних состояний. Решение системы таких уравнений дает точное решение задачи в пределах принятой математической модели. Аналитическое решение предпочтительней, поскольку это наиболее удобная для последующего анализа форма представления результата. Однако его далеко не всегда удается получить. Примером аналитического решения являются известные распределения Эрланга, Энгсета, Бернулли, Пуассона.

При отсутствии аналитического решения в ряде случаев можно построить вычислительный алгоритм на основе рекуррентных соотношений, получаемых непосредственно из системы уравнений. Часто для удобства построения алгоритма исходную систему уравнений необходимо

предварительно преобразовать, заменив ее эквивалентной. Этот метод решения можно условно назвать рекуррентным. Одна и та же задача может решаться обоими методами, особенно, если получаемое аналитическое выражение громоздко и неудобно для дальнейшего использования.

При невозможности решения задачи аналитическим или рекуррентным методом используют методы вычислительной математики, в частности, итерационный метод решения систем уравнений. Применение этого метода ограничено в основном размерностью системы и возможностями ЭВМ. Итерационным методом можно пользоваться, например, при расчете несложных неполнодоступных и звеньевых схем, элементов сети связи с обходами, некоторых систем с повторением.

Наиболее универсальным, пригодным для решения задач практически любой сложности, является метод статистического моделирования. Математическая модель процесса обслуживания при этом реализуется в виде программы для ЭВМ. Моделирование позволяет получить численные характеристики качества обслуживания при конкретных параметрах потока, времени, схемы обслуживания и заданной дисциплине. Результаты моделирования используются для проверки упрощающих расчеты гипотез и предположений, уточнения зависимостей и эмпирических коэффициентов, рассчитанных различными приближенными методами. При моделировании также получают приближенную оценку качества обслуживания, однако за счет увеличения времени, а также применения специальных методов уменьшения дисперсии результата достигается требуемая точность.

Особое место в теории занимают приближенные инженерные методы. Появление их обусловлено, с одной стороны, потребностью практики, необходимостью быстрой оценки пропускной способности коммутационных систем, а с другой – отсутствием точных методов расчета. К инженерным методам относятся:

- расчеты по формулам О'Делла и Пальма-Якобеуса для неполнодоступных включений;
- методы эффективной доступности, графов и комбинаторный для звеньевых схем;
- методы эквивалентных замен для сетей связи.

Все они получены на основании дополнительных упрощающих предположений и дают хорошее приближение только в определенной ограниченной области значений исходных параметров. Точность их оценивается, как правило, при помощи статистического моделирования.

Инженерные методы применяют при расчете оборудования проектируемых станций или числа линий в сети связи, когда ввиду невысокой точности исходных данных (в основном параметров нагрузки) допустима некоторая погрешность в определении пропускной способности. Они также применяются для предварительной оценки структуры и параметров разрабатываемой коммутационной системы. Однако их нецелесообразно использовать для решения задач оптимизации и окончательного выбора варианта построения схемы, поскольку в данном случае требуется большая точность расчетов. Для этой цели обычно применяют численные методы и статистическое моделирование.

**Пример 3.** Проведем расчет интенсивности нагрузки для ГТС, спроектированной в *примере 2*.

В теории телетрафика обслуживание вызова понимается как предоставление обслуживающего устройства в распоряжение источника этого вызова на определенное время. Поэтому работу, выполненную системой распределения информации, можно характеризовать суммой длительностей занятия обслуживающих устройств. Соответствующая характеристика получила название телефонной нагрузки. Если в течение некоторого периода времени  $T$  поступило  $C$  вызовов, причем длительность занятия при обслуживании  $i$ -го вызова ( $i = 1, 2, 3, \dots, C$ ) равнялась  $t_i$ , то телефонная нагрузка в этот период

$$Y(T) = \sum_{i=1}^C t_i .$$

Различают поступающую, обслуженную и потерянную нагрузки.

Поступающая нагрузка характеризует потребность абонентов в услугах связи; это нагрузка, которая была бы обслужена, если бы не было потерь вызовов. Если потерянные вызовы имеют реальный смысл (их число может быть измерено), то понятие потерянной нагрузки является условным, так как длительности занятия для вызовов, встретивших отказы, измерить невозможно. Обычно длительность занятия для потерянного вызова принимают (условно) равной средней длительности занятия для обслуженных вызовов.

Телефонная нагрузка измеряется в часо-занятиях. Опираясь на значение нагрузки, следует всегда иметь в виду период времени, в течение которого она измерялась. Для того чтобы нагрузку было удобнее сопоставлять с числом обслуживаемых устройств, введено понятие интенсивности нагрузки. Интенсивность нагрузки – это нагрузка за единицу времени. Единица измерения интенсивности нагрузки – *Эрланг (Эрл)*, равная 1 ч-зан. за 1 ч. Если известна интенсивность потока вызовов  $\mu$  и средняя длительность занятия  $\tau$ , то интенсивность поступающей нагрузки  $Y = \mu\tau$ .

Максимальные значения интенсивности нагрузки наблюдаются обычно в будние дни: наибольшее число вызовов от служебных телефонных аппаратов поступает в утренние или дневные часы, а от квартирных – в вечернее время. Час, в течение которого телефонная нагрузка максимальна, называется часом наибольшей нагрузки (*ЧНН*). Отношение нагрузки в ЧНН  $Y_{чнн}$  к значению нагрузки  $Y_c$ , поступающей от той же группы абонентов в течение суток, называется коэффициентом концентрации нагрузки:

$$K = Y_{чнн} / Y_c.$$

Коэффициент концентрации нагрузки характеризует неравномерность ее распределения по часам суток. Теоретически он может принимать значения в интервале от 1/24 (когда интенсивность постоянна и нагрузка распределена абсолютно равномерно) до 1 (когда вся суточная нагрузка поступает в течение ЧНН). В большинстве случаев  $K = 0,07...0,2$ .

В каждой сети наблюдаются часы низкой интенсивности телефонной нагрузки, когда значительное число обслуживаемых устройств простаивает. Этот период обычно используется для технического обслуживания аппаратуры, так как блокировка части устройств в такое время не приводит к заметному для абонентов снижению качества связи.

Для расчета числа обслуживаемых устройств необходимы достоверные данные о телефонной нагрузке, которые могут быть получены в результате измерений на действующей сети. Измерения выполняются на коммутационных узлах. Так как распределение нагрузки в различные дни может быть разным, то для получения достоверных данных требуется проводить измерения в течение достаточно длительного периода времени. Основой для расчета числа обслуживаемых устройств является среднее значение нагрузки в ЧНН для 30 наиболее нагруженных дней в году.

Введем следующие обозначения:

- $A_{исх.местн}$  – исходящая местная телефонная нагрузка, поступающая на входы коммутационного поля (КП) от абонентов квартирного и народно-хозяйственного секторов РАТС, а также местных таксофонов, включенных в РАТС. Указанная нагрузка распределяется в пределах местной сети;

- $A_{зсл}$  – нагрузка от абонентов квартирного и народно-хозяйственного секторов, а также от кабин переговорных пунктов (КПП) и междугородных телефонов-автоматов (МТА) при вызове ими АМТС;

- $A_{усс}$  – нагрузка, поступающая от абонентов и клиентов РАТС на УСС;

- $A_{ex j}$  – нагрузка, поступающая на вход КП РАТС от абонентов других РАТС ( $j = 2, 3, \dots, m$ );

- $A_{исх j}$  – нагрузка, создаваемая на выходе КП при установлении



соединений к абонентам других РАТС ( $j = 2, 3, \dots, m$ );

- $A_{слм}$  – входящая междугородная нагрузка к абонентам и клиентам РАТС, поступающая от АМТС.

Распределение нагрузки для РАТС, АМТС и УСС проектируемой ГТС представлено на рис. 11–13.

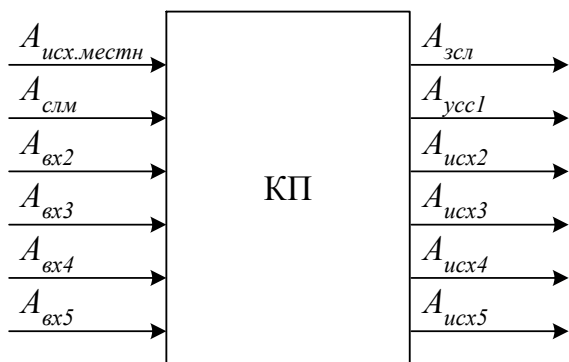


Рис. 11. Распределение нагрузки для РАТС<sub>1</sub>

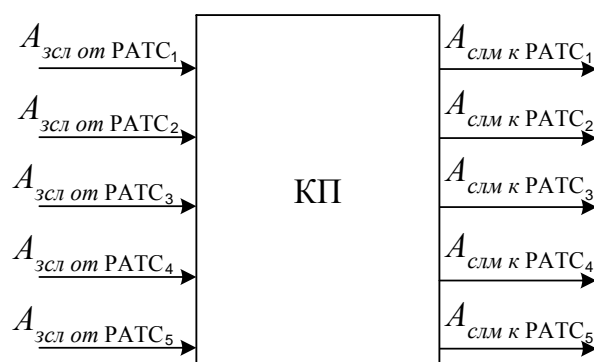


Рис. 12. Распределение нагрузки для АМТС

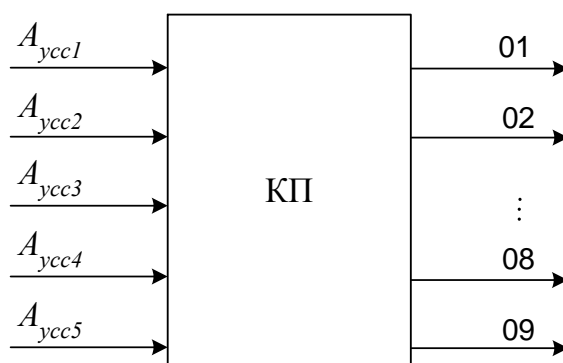


Рис. 13. Распределение нагрузки для УСС

Аналогично строится диаграмма распределения нагрузки для РАТС<sub>2–5</sub>.

Расчет нагрузки  $A_{исхi}$  производится отдельно для утреннего и вечернего ЧНН.

Нагрузка утреннего ЧНН определяется как

$$A_{утр} = A_{i \text{ утр ЧНН}} + A_{доб j},$$

где  $A_{i \text{ утр ЧНН}}$  – суммарная нагрузка для всех  $i$  категорий абонентов, имеющих максимальный ЧНН – утренний,

$$A_{i \text{ утр ЧНН}} = \sum_i N_i a_i,$$

$N_i$  – количество абонентов  $i$ -й категории;  $a_i$  – интенсивность нагрузки в утренний ЧНН абонента  $i$ -й категории;  $A_{доб j}$  – добавочная суммарная нагрузка, создаваемая во время утреннего ЧНН абонентами тех категорий  $j$ , которые имеют ЧНН не утренний, а вечерний

$$A_{доб j} = \frac{A_{j \text{ веч ЧНН}}}{K T},$$

$A_{j \text{ веч ЧНН}}$  – суммарная нагрузка для категорий  $j$  абонентов, имеющих максимальный ЧНН вечерний,

$$A_{j \text{ веч ЧНН}} = \sum_j N_j a_j,$$

$N_j$  – количество абонентов конкретной  $j$ -й категории;  $a_j$  – интенсивность нагрузки в вечерний ЧНН абонента  $j$ -й категории;  $K$  – коэффициент концентрации нагрузки;  $T$  – период суточной нагрузки (24 часа).

Учитывая, что в ночное время нагрузка значительно меньше дневной, примем период нагрузки, равный 16 часам. При отсутствии статистических данных по величине  $K$  принимается среднее значение  $K = 0,1$ . Тогда

$$A_{доб j} = \frac{A_{j \text{ веч ЧНН}}}{1,6}.$$

Аналогично определяется нагрузка в вечерний ЧНН:

$$A_{веч} = A_{j \text{ веч ЧНН}} + A_{доб i};$$

$$A_{j \text{ веч ЧНН}} = \sum_j N_j a_j; \quad A_{доб i} = \frac{A_{i \text{ утр ЧНН}}}{K T}.$$

При расчете исходящей местной нагрузки необходимо учитывать использование на сети телефонных аппаратов с тастатурными номеронабирателями (в том числе и с тональным набором). С учетом использования тастатурных номеронабирателей расчет нагрузки  $A_{утр}$  ( $A_{веч}$ ) можно осуществить следующим образом:

$$A_{утр} = \sum K_i N_i a_i + \sum \frac{K_j N_j a_j}{K T},$$

где  $K_i$ ,  $K_j$  – поправочный коэффициент, учитывающий использование ТА с тастатурным номеронабирателем абонентами  $i$ -й ( $j$ -й) категории,

$$K_i = \frac{(0,7 n \delta_i)}{t_i},$$

где  $n$  – значность номера на местной сети;  $t_i$  – средняя продолжительность занятия, с,

$$\delta_i = \frac{N_{i \text{ мест}}}{N_{i \text{ общ}}};$$

$$K_{кв \text{ утр}} = K_{нх \text{ веч}} = 0,987; \quad K_{нх \text{ утр}} = K_{кв \text{ веч}} = 0,987;$$

$$K_{m \text{ утр}} = 0,944; K_{m \text{ веч}} = 0,986.$$

С учетом вышеприведенных расчетных формул получим следующие значения нагрузки:

$$\begin{aligned} A_{\text{утр ЧНН РАТС}_1} &= 743,8 \text{ Эрл}; & A_{\text{веч ЧНН РАТС}_1} &= 718,5 \text{ Эрл}; \\ A_{\text{утр ЧНН РАТС}_2} &= 557,9 \text{ Эрл}; & A_{\text{веч ЧНН РАТС}_2} &= 538,9 \text{ Эрл}. \\ A_{\text{утр ЧНН РАТС}_3} &= 669,4 \text{ Эрл}; & A_{\text{веч ЧНН РАТС}_3} &= 646,7 \text{ Эрл}; \\ A_{\text{утр ЧНН РАТС}_4} &= 371,9 \text{ Эрл}; & A_{\text{веч ЧНН РАТС}_4} &= 359,3 \text{ Эрл}; \\ A_{\text{утр ЧНН РАТС}_5} &= 371,9 \text{ Эрл}; & A_{\text{веч ЧНН РАТС}_5} &= 359,3 \text{ Эрл}; \end{aligned}$$

Из полученных значений выбирается максимальное значение, которое принимается за расчетную нагрузку:

$$\begin{aligned} A_{\text{исх мест РАТС}_1} &= 743,8 \text{ Эрл}; & A_{\text{исх мест РАТС}_2} &= 557,9 \text{ Эрл}; \\ A_{\text{исх мест РАТС}_3} &= 669,4 \text{ Эрл}; \\ A_{\text{исх мест РАТС}_4} &= 371,9 \text{ Эрл}; & A_{\text{исх мест РАТС}_5} &= 371,9 \text{ Эрл}. \end{aligned}$$

Расчет интенсивности нагрузки на выходе КП производится по формуле

$$A_{\text{вых КП}_i} = (1 - K_{\text{вых}_i}) A_{\text{исх мест}_i},$$

где  $K_{\text{вых}_i}$  – коэффициент, учитывающий снижение нагрузки на выходе КП для  $i$ -й станции,

$$K_{\text{вых}_i} = \frac{(t_{\text{со}} + \bar{t}_{\text{нн}})}{\bar{t}_{\text{вх}}},$$

где  $t_{\text{со}}$  – слушание абонентом сигнала «Ответ станции» (принимается равным 3 с);  $\bar{t}_{\text{нн}}$  – среднее время набора номера абонентами  $i$ -й станции, с;

$$\bar{t}_{\text{нн}} = \frac{(N_{T_{\text{кв}}} + N_{T_{\text{дел}}} + N_{T_{\text{макс}}})0,8n + (N_{D_{\text{кв}}} + N_{D_{\text{дел}}})1,5n}{N_{\text{кв}} + N_{\text{дел}} + N_{\text{макс}}},$$

где  $N_T$  – число абонентов, ведущих набор номера посредством ТА с тастатурным номеронабирателем;  $N_D$  – то же с дисковым номеронабирателем;  $n$  – значность номера;  $\bar{t}_{\text{вх}}$  – среднее время занятия входа КП при обслуживании одного вызова для  $i$ -й станции, с;

$$\bar{t}_{\text{вх}} = \frac{(A_{\text{исх мест}_i} 3600)}{N_{\text{кв}} C_{\text{кв}} + N_{\text{дел}} C_{\text{дел}} + N_{\text{макс}} C_{\text{макс}}},$$

где  $C$  – среднее число вызовов от одного абонента соответствующей категории за определенное время. Примем  $C_{\text{кв}} = 1,1$ ;  $C_{\text{дел}} = 4$ ;  $C_{\text{макс}} = 10$ .

Средняя удельная нагрузка, Эрл, на одну абонентскую линию составляет

$$a_{\text{выхКП}i} = \frac{A_{\text{выхКП}i}}{N_i},$$

где  $N_i$  – монтированная емкость РАТС<sub>*i*</sub>

$$N_i = N_{\text{кв}} + N_{\text{дел}} + N_{\text{макс}}.$$

Интенсивность нагрузки на выходе КП для оставшихся РАТС, *Эрл*, рассчитывается по формуле

$$A_{\text{выхКП}j} = a_{\text{выхКП}i} N_j.$$

Приведенный расчет интенсивности нагрузки на выходе КП справедлив для АТСЭ. Для АТСК-У расчет интенсивности нагрузки на выходе КП производится по формуле

$$A_{\text{вых1ГИ}} = A_{\text{исх.местн}} \frac{\bar{t}_{\text{вх}} - t_3}{\bar{t}_{\text{вх}}},$$

где  $t_3$  – время задержки, которое включает время слушания сигнала «ответ станции», время набора номера и время работы маркера ступени группового искания (ГИ) АТСК-У. Таким образом:

$$t_3 = t_{\text{со}} + t_{\text{нн}} n + t_{\text{м}},$$

где  $t_{\text{м}}$  – время работы маркера 1ГИ, принимается равным 0,6 с.

Используя приведенные формулы и исходные данные, получаем следующие значения:

а) для РАТС<sub>1</sub>, РАТС<sub>2</sub>, РАТС<sub>3</sub> (АТСЭ):

$$\bar{t}_{\text{вх}} = (743,8 \cdot 3600)/(12800 \cdot 1,1 + 7000 \cdot 4 + 140 \cdot 10) = 63,6 \text{ с};$$

$$\bar{t}_{\text{нн}} = 7,72 \text{ с};$$

$$A_{\text{выхКП1}} = (1 - (3 + 7,72)/63,6) 743,8 = 618,1 \text{ Эрл};$$

$$a_{\text{выхКП}} = 618,1/(12800 + 7000 + 140) = 0,031;$$

$$A_{\text{выхКП2}} = 0,031 \cdot 15000 = 461 \text{ Эрл};$$

$$A_{\text{выхКП3}} = 0,031 \cdot 18000 = 558 \text{ Эрл};$$

б) для РАТС<sub>4</sub>, РАТС<sub>5</sub> (АТСК-У):

$$t_3 = 3 + 7,72 \cdot 6 + 0,6 = 12,6 \text{ с};$$

$$\bar{t}_{\text{вх}} = 63,6 \text{ с}.$$

$$A_{\text{выхКП4}} = A_{\text{выхКП5}} = 371,9 (63,6 - (3 + 7,72 + 0,6))/63,6 = 305,71 \text{ Эрл}.$$

Доля интенсивности нагрузки, *Эрл*, к УСС от местной исходящей нагрузки на выходе КП составляет 3–5 %. Тогда

$$A_{\text{УСС}i} = 0,03 A_{\text{выхКП}i}.$$

Таким образом,

$$A_{\text{УСС1}} = 18,5 \text{ Эрл}; A_{\text{УСС2}} = 13,8 \text{ Эрл}; A_{\text{УСС3}} = 16,7 \text{ Эрл};$$

$$A_{\text{УСС4}} = 9,2 \text{ Эрл}; A_{\text{УСС5}} = 9,2 \text{ Эрл}.$$

Интенсивность исходящей междугородной нагрузки,  $\text{Эрл}$ , определяется следующим образом:

$$A_{зсл} = a_{зсл} (N_{кв} + N_{дел}) + A_{исхпер} + A_{максм},$$

где  $a_{зсл}$  – удельная нагрузка от одного источника на ЗСЛ;  $A_{исхпер}$  – исходящая нагрузка, создаваемая кабинами переговорных пунктов,

$$A_{исхпер} = \frac{a_{пер}}{2} N_{пер},$$

где  $a_{пер} = 0,45 \text{ Эрл}$  – удельная нагрузка от одной кабины переговорного пункта;  $A_{максм}$  – нагрузка, создаваемая междугородными телефонами-автоматами,

$$A_{максм} = a_{максм} N_{максм},$$

где  $a_{максм} = 0,42 \dots 0,65 \text{ Эрл}$  – удельная нагрузка от одного МТА.

Таким образом,

$$A_{зсл1} = 0,002 (12800 + 7000) + (0,45/2) 40 + 0,42 \cdot 20 = 57 \text{ Эрл};$$

$$A_{зсл2} = 42,8 \text{ Эрл}; A_{зсл3} = 51,3 \text{ Эрл}; A_{зсл4} = 28,5 \text{ Эрл}; A_{зсл5} = 28,5 \text{ Эрл}.$$

Интенсивность входящей междугородной нагрузки,  $\text{Эрл}$ , определяется по

$$A_{слм} = a_{слм} (N_{кв} + N_{дел}) + A_{первх},$$

где  $A_{первх} = A_{перисх}$  – входящая нагрузка к кабинам переговорных пунктов,

$$A_{слм1} = 0,0015 (12800 + 7000) + (0,45/2) 40 = 38,7 \text{ Эрл};$$

$$A_{слм2} = 29,0 \text{ Эрл}; A_{слм3} = 34,8 \text{ Эрл}; A_{слм4} = 19,4 \text{ Эрл}; A_{слм5} = 19,4 \text{ Эрл}.$$

Расчет межстанционной нагрузки производится следующим образом.

1. Определим значения нагрузки от каждой станции ГТС, подлежащей распределению на местной сети.

Обозначим эту нагрузку,  $\text{Эрл}$ , для  $i$ -й РАТС через  $A_i$ ,  $i = \overline{1, m}$  ( $m$  – число РАТС местной сети). Тогда

$$A_i = A_{выхКП_i} - A_{усс_i}.$$

2. Для каждой РАТС определим коэффициент  $\eta_i$  характеризующий долю исходящей нагрузки для  $i$ -й РАТС сети от суммарной исходящей нагрузки всех РАТС города, выраженный в процентах:

$$\eta_i = \frac{A_{выхКП_i}}{\sum_{j=1}^m A_{выхКП_j}} 100.$$

3. Рассчитав коэффициент  $\eta_i$ , определим значение коэффициента внутростанционного тяготения  $K_i$  ( $i = \overline{1, m}$ ) для каждой станции ГТС.

4. Определим значение нагрузки  $A_{i \text{ распр}}$ , которая распределяется между другими станциями сети:

$$A_{i \text{ распр}} = A_i \left( 1 - \frac{K_i}{100} \right).$$

5. Распределение нагрузки от выбранной станции  $A_{i \text{ распр}}$  к другим станциям сети осуществляется пропорционально распределяемой нагрузке от каждой станции ГТС  $A_{j \text{ распр}}$ . Для расчета воспользуемся формулой

$$A_{ij} = \frac{A_{i \text{ распр}} A_{j \text{ распр}}}{\sum_{k=1}^m A_{k \text{ распр}} - A_{i \text{ распр}}},$$

где  $A_{ij}$  – межстанционная нагрузка от  $i$ -й станции к  $j$ -й станции ГТС, Эрл;  $A_{i \text{ распр}}$ ,  $A_{j \text{ распр}}$  – значения распределяемой на сети нагрузки соответственно для  $i$ -й и  $j$ -й станций,

$$A_1 = 618,1 - 18,5 = 600,0 \text{ Эрл};$$

$$\eta_1 = 618,1 \cdot 100 / 2248,5 = 27,5 \%;$$

$$K_1 = 46 \%;$$

$$A_{1 \text{ распр}} = 600 (1 - 0,46) = 324 \text{ Эрл}.$$

$$A_2 = 447,2 \text{ Эрл}; \quad \eta_2 = 20,5 \%; \quad K_2 = 38,5 \%; \quad A_{2 \text{ распр}} = 275 \text{ Эрл};$$

$$A_3 = 541,3 \text{ Эрл}; \quad \eta_3 = 24,8 \%; \quad K_3 = 42,4 \%; \quad A_{3 \text{ распр}} = 311,8 \text{ Эрл};$$

$$A_4 = 296,5 \text{ Эрл}; \quad \eta_4 = 13,6 \%; \quad K_4 = 32,9 \%; \quad A_{4 \text{ распр}} = 199 \text{ Эрл};$$

$$A_5 = 296,5 \text{ Эрл}; \quad \eta_5 = 13,6 \%; \quad K_5 = 32,9 \%; \quad A_{5 \text{ распр}} = 199 \text{ Эрл}.$$

Распределение межстанционной нагрузки представлено в табл. 5.

Таблица 5

Значения интенсивности нагрузки на ГТС, Эрл

Номер РАТС	$A_{\text{исх}}$ , Эрл	РАТС <sub>1</sub>	РАТС <sub>2</sub>	РАТС <sub>3</sub>	РАТС <sub>4</sub>	РАТС <sub>5</sub>	АМТС		УСС
							ЗСЛ	СЛМ	
РАТС <sub>1</sub>	743,8	–	90,5	102,6	65,5	65,5	57	38,7	18,5
РАТС <sub>2</sub>	557,9	86,2	–	82,3	52,9	52,9	42,8	29,0	13,8
РАТС <sub>3</sub>	669,4	101,3	86,0	–	62,2	62,2	51,3	34,8	16,7
РАТС <sub>4</sub>	371,9	58,1	49,3	56,0	–	35,7	28,5	19,4	9,2
РАТС <sub>5</sub>	371,9	58,1	49,3	56,0	35,7	–	28,5	19,4	9,2

**Пример 4.** Определить емкость пучков соединительных линий, на основе данных, полученных в примере 3.

Поставленная задача решается в несколько этапов.

1. Средние значения нагрузки, Эрл, на различных направлениях, представленные в табл. 5, пересчитаем в расчетные значения:

а) для односторонних линий

$$A_{pij} = 1,03A_{ij} + 0,29\sqrt{A_{ij}};$$

б) для двусторонних линий

$$A_{p i \leftrightarrow j} = 1,03 A_{i \leftrightarrow j} + 0,29\sqrt{A_{i \leftrightarrow j}},$$

где  $A_{i \leftrightarrow j} = A_{i \leftrightarrow j} + A_{j \leftrightarrow i}$ , Эрл.

Полученные расчетные значения нагрузки представлены в табл. 6.

Таблица 6

Расчетные значения интенсивности нагрузки на ГТС, Эрл

Номер РАТС	$A_{исх}, Эрл$	РАТС <sub>1</sub>	РАТС <sub>2</sub>	РАТС <sub>3</sub>	РАТС <sub>4</sub>	РАТС <sub>5</sub>	АМТС		УСС
							ЗСЛ	СЛМ	
РАТС <sub>1</sub>	743,8	–	95,9	108,6	69,8	69,8	60,9	41,6	20,3
РАТС <sub>2</sub>	557,9	91,5	–	87,4	56,6	56,6	45,3	31,4	15,3
РАТС <sub>3</sub>	669,4	107,3	91,3	–	66,4	66,4	55,0	37,5	18,4
РАТС <sub>4</sub>	371,9	62,1	52,8	59,8	–	38,5	30,9	21,3	10,4
РАТС <sub>5</sub>	371,9	62,02	52,8	59,8	38,5	–	30,9	21,3	10,4

2. Определим емкость пучков соединительных линий.

Структура пучка определяется коммутационными возможностями КП используемых систем коммутации.

Коммутационные поля цифровых систем коммутации позволяют создавать полнодоступные пучки в направлении связи. Для расчета емкости пучка в этом случае используется первая формула Эрланга или таблицы Пальма [5, 6]. Для расчета числа каналов от координатных АТС к другим станциям сети используется метод эффективной доступности (МЭД), поскольку коммутационные блоки АТСК обладают внутренними блокировками. МЭД пригоден как для полнодоступных, так и для неполнодоступных схем.

На АТСК-У исходящие СЛ включаются в выходы коммутационных блоков ГИ-3 с параметрами 80×120×400 на ступени 1 ГИ. На АТСК исходящие СЛ включаются в выходы коммутационных блоков 60×80×400 ступени ИГИ.

Расчет числа СЛ методом МЭД включает следующие этапы:

- определение эффективной доступности  $D_{эф}$ ;
- определение числа СЛ (формула О'Делла).

Эффективная доступность определяется по формуле

$$D_{эф} = D_{min} + Q (\bar{D} - D_{min}),$$

где  $D_{min}$  – минимальная доступность, определяемая по формуле

$$D_{min} = \frac{q}{f} (m_A - n_A + f),$$

где  $q$  – число выходов из одного коммутатора звена  $B$  в заданном направлении ( $q = 2$ );  $f$  – коэффициент связности для рассматриваемого блока коммутации;  $m_A$  – число выходов из одного коммутатора звена  $A$ ;  $n_A$  – число входов в один коммутатор звена  $A$ ;  $\bar{D}$  – среднее значение доступности, определяемое по формуле

$$\bar{D} = q (m_A - A_m),$$

где  $A_m$  – интенсивность нагрузки, обслуживаемой  $m_A$  промежуточными линиями звеньевое включения,

$$A_m = a_{ex} n_A,$$

где  $a_{ex}$  – удельная нагрузка на один вход блока коммутации (1ГИ или ИГИ),  $a_{ex} = 0,5 \div 0,7$  Эрл;  $Q$  – коэффициент, зависящий от параметров звеньевое включения, величины нагрузки, потерь и доступности в направлении искания,  $Q = 0,75 \div 0,85$ .

Число соединительных устройств, которое должно быть включено в выходы двухзвенной схемы для обслуживания интенсивности поступающей на них нагрузки, рассчитывается по формуле О'Делла, которая для данных условий имеет вид:

$$V_{ij} = \alpha A_{p_{ij}} + \beta,$$

где  $A_{p_{ij}}$  – расчетная нагрузка в направлении от  $i$ -й станции к  $j$ -й станции;  $\alpha$  и  $\beta$  – коэффициенты, значения которых определяются по заданным потерям в направлении связи и найденному значению  $D_{эфф}$  (прил. В).

Согласно вышеприведенным формулам проведем расчет для РАТС<sub>4</sub>:

$$m_A = 20; n_A = 13,33; f = 1; A_m = 0,6 \cdot 13,33 = 8;$$

$$\bar{D} = 2(20-8) = 24; D_{min} = \frac{2}{1}(20-13,33+1) = 15,34;$$

$$D_{эфф} = 15,34 + 0,7(24-15,34) = 21,4.$$

Результаты расчетов приведены в табл. 7.

Таблица 7

Число соединительных линий межстанционной сети связи

РАТС	РАТС <sub>1</sub>	РАТС <sub>2</sub>	РАТС <sub>3</sub>	РАТС <sub>4</sub>	РАТС <sub>5</sub>	АМТС	УСС
РАТС <sub>1</sub>	–	83	83	207	236	125	35
РАТС <sub>2</sub>	71	–	71	–	198	98	29
РАТС <sub>3</sub>	80	80	–	–	–	114	33
РАТС <sub>4</sub>	92	–	54	76	88	51	22
РАТС <sub>5</sub>	92	54	–	76	88	51	22
АМТС	–	37	37	–	–	–	–

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Проектирование ГТС: что является основой проектных решений?
2. Какие варианты построения ГТС вы знаете? Чем определяется выбор?
3. Перечислите основные методы теории телетрафика.
4. Перечислите и поясните методы выравнивания телефонной нагрузки.
5. Какими показателями оценивается качество обслуживания абонентов в комбинированных системах?
6. Какие системы нумерации применяются на телефонных сетях? Приведите примеры.



## ЛЕКЦИЯ 9.

### ТЕМА: ПОСТРОЕНИЕ ГТС НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ SDH

#### 9.1. Синхронные цифровые сети

Цифровые сети, разработанные и внедренные до появления синхронных сетевых технологий SONET/SDH, были, по сути, асинхронными системами, так как не использовали внешнюю синхронизацию от центрального опорного источника [6, 7]. В них потери бит (или невозможность их точной локализации) приводили не только к потере информации, но и к нарушению синхронизации. На принимающем конце сети было проще выбросить неверно полученные фреймы, чем инициализировать восстановление синхронизации с повторной передачей потерянного фрагмента, как это делается, например, в локальных сетях. Это значит, что указанная информация будет потеряна безвозвратно.

Синхронные сети имеют ряд преимуществ перед используемыми асинхронными:

- *упрощение сети*, вызванное тем, что в синхронной сети один мультиплексор ввода-вывода, позволяя непосредственно вывести (или ввести), например сигнал E1 (2 Мбит/с) из фрейма (или в фрейм) STM-1 (155 Мбит/с), заменяет целую "гирлянду" мультиплексоров PDH, давая экономию не только в оборудовании (его цене и номенклатуре), но и в требуемом месте для размещения, питания и обслуживании;

- *надежность и самовосстанавливаемость сети*, обусловленные тем, что, во-первых, сеть использует волоконно-оптические кабели (ВОК), передача по которым практически не подвержена действию электромагнитных помех, во-вторых, архитектура и гибкое управление сетями позволяет использовать защищенный режим работы, допускающий два альтернативных пути распространения сигнала с почти мгновенным переключением в случае повреждения одного из них, а также обход поврежденного узла сети, что делает эти сети самовосстанавливающимися;

- *гибкость управления сетью*, обусловленная наличием большого числа достаточно широкополосных каналов управления и компьютерной иерархической системой управления с уровнями сетевого и элементного менеджмента, а также возможностью автоматического дистанционного управления сетью из одного центра, включая динамическую реконфигурацию каналов и сбор статистики о функционировании сети;

- *выделение полосы пропускания по требованию* – сервис, который раньше мог быть осуществлен только по заранее (например за несколько дней) спланированной договоренности (например вывод требуемого канала при проведении видеоконференции), теперь может быть предоставлен в считанные секунды путем переключения на другой (широкополосный) канал;

- *прозрачность для передачи любого трафика* – факт, обусловленный использованием виртуальных контейнеров для передачи трафика, сформированного другими технологиями, включая самые современные технологии Frame Relay, ISDN и ATM;

- *универсальность применения* – технология может быть использована как для создания глобальных сетей или глобальной магистрали, передающей из точки в точку тысячи каналов со скоростью до 40 Гбит/с, так и для компактной кольцевой корпоративной сети, объединяющей десятки локальных сетей;

- *простоту наращивания мощности* – при наличии универсальной стойки для размещения аппаратуры переход на следующую более высокую скорость иерархии можно осуществить, просто вынув одну группу функциональных блоков и вставив новую (рассчитанную на большую скорость) группу блоков.

#### 9.2. Общие особенности построения синхронной иерархии

Несмотря на очевидные преимущества сетей SDH перед сетями PDH, они не имели бы такого успеха, если бы не обеспечивали преемственность и поддержку стандартов PDH [6, 8]. При разработке технологии SONET обеспечивалась преемственность американской, а при разработке SDH – европейской иерархий PDH. В окончательном варианте стандарты SONET/SDH поддерживали обе

указанные иерархии. Это выразилось в том, что терминальные мультиплексоры и мультиплексоры ввода/вывода сетей SONET/SDH, через которые осуществляется доступ в сеть были рассчитаны на поддержку только тех входных каналов, или каналов доступа, скорость передачи которых соответствовала объединенному стандартному ряду американской и европейской иерархий PDH, а именно: 1,5, 2, 6, 8, 34, 45, 140 Мбит/с. Цифровые сигналы каналов доступа, скорость передачи которых соответствует указанному ряду, называются *трибами PDH* (или *компонентными сигналами*), а сигналы, скорость передачи которых соответствует стандартному ряду скоростей SDH – *трибами SDH* [6].

*Первая особенность* иерархии SDH – поддержка в качестве входных сигналов каналов доступа только трибов PDH и SDH. *Вторая особенность* – процедура формирования структуры фрейма.

Два правила относятся к разряду общих: при наличии иерархии структур структура верхнего уровня может строиться из структур нижнего уровня, несколько структур того же уровня, могут быть объединены в одну более общую структуру. Остальные правила отражают специфику технологии. Например, на входе мультиплексора доступа имеем трибы PDH, которые должны быть упакованы в оболочку фрейма так, чтобы их легко можно было ввести и вывести в нужном месте с помощью мультиплексора ввода-вывода. Для этого сам фрейм достаточно представить в виде некоторого контейнера стандартного размера (в силу синхронности сети его размеры не должны меняться), имеющего сопровождающую документацию – *заголовок*, где собраны все необходимые для управления и маршрутизации контейнера поля-параметры, и внутреннюю емкость для размещения полезной нагрузки, где должны располагаться однотипные контейнеры меньшего размера (нижних уровней), которые также должны иметь некий заголовок и полезную нагрузку и т. д. по *методу последовательных вложений*, или инкапсуляции.

Для реализации этого метода было предложено использовать понятие *контейнер*, в который и упаковывается триб. По типоразмеру контейнеры делятся на 4 уровня, соответствующих уровням PDH. На контейнер должен наклеиваться ярлык, содержащий управляющую информацию для сбора статистики прохождения контейнера. Контейнер с таким ярлыком используется для переноса информации, то есть является *логическим*, а не физическим объектом, поэтому его называют *виртуальным контейнером*.

Итак, вторая особенность иерархии SDH – трибы должны быть упакованы в стандартные помеченные контейнеры, размеры которых определяются уровнем триба в иерархии PDH.

Виртуальные контейнеры могут объединяться в группы двумя различными способами. Контейнеры нижних уровней могут, например, мультиплексироваться (то есть составляться вместе) и использоваться в качестве полезной нагрузки контейнеров верхних уровней (т.е. большего размера), которые, в свою очередь, служат полезной нагрузкой контейнера самого верхнего уровня (самого большого размера) – фрейма STM-1.

Такое группирование может осуществляться по жесткой синхронной схеме, при которой место отдельного контейнера в поле для размещения нагрузки строго фиксировано. С другой стороны, из нескольких фреймов могут быть составлены новые (более крупные) образования – *мультифреймы*.

Из-за возможных различий в типе составляющих фрейм контейнеров и непредвиденных временных задержек в процессе загрузки фрейма положение контейнеров внутри мультифрейма может быть, строго говоря, не фиксировано и с учетом общей нестабильности синхронизации в сети приводит к ошибке при вводе/выводе контейнера. Для устранения этого факта на каждый виртуальный контейнер заводится *указатель*, содержащий фактический адрес начала виртуального контейнера в карте поля, отведенного под полезную нагрузку. Указатель дает контейнеру некоторую степень свободы, то есть возможность "плавать" под действием непредвиденных временных флуктуаций, но при этом гарантирует, что он не будет потерян.

*Третья особенность* иерархии SDH – положение виртуального контейнера может определяться с помощью указателей, позволяющих устранить противоречие между фактом синхронности обработки и возможным изменением положения контейнера внутри поля полезной нагрузки.

Хотя размеры контейнеров различны и емкость контейнеров верхних уровней достаточно велика, может оказаться так, что либо она все равно недостаточна, либо под нагрузку лучше выделить

несколько (в том числе и с дробной частью) контейнеров меньшего размера. Для этого в SDH-технологии предусмотрена возможность *сцепления* контейнеров (составление нескольких контейнеров вместе в одну структуру, называемую "сцепкой"). Составной контейнер отличается соответствующим индексом от основного и рассматривается (с точки зрения размещения нагрузки) как один большой контейнер. Указанная возможность позволяет, с одной стороны, оптимизировать использование имеющейся номенклатуры контейнеров, с другой стороны, позволяет легко приспособить технологию к новым типам грузов, не известных на момент ее разработки.

*Четвертая особенность* иерархии SDH – несколько контейнеров одного уровня могут быть сцеплены вместе и рассматриваться как один непрерывный контейнер, используемый для размещения нестандартной полезной нагрузки.

*Пятая особенность* иерархии SDH состоит в том, что в ней предусмотрено формирование отдельного (нормального для технологий пакетной обработки в локальных сетях) поля заголовков размером  $9 \times 9 = 81$  байт. Хотя перегруженность общим заголовком невелика и составляет всего 3,33 %, он достаточно большой, чтобы разместить необходимую управляющую и контрольную информацию и отвести часть байт для организации необходимых внутренних (служебных) каналов передачи данных. Учитывая, что передача каждого байта в структуре фрейма эквивалентна потоку данных со скоростью 64 кбит/с, передача указанного заголовка соответствует организации потока служебной информации, эквивалентного 5,184 Мбит/с.

Естественно, что при построении любой иерархии должен быть определен либо ряд стандартных скоростей этой иерархии, либо правило его формирования и первый (*порождающий*) член ряда. Если для PDH значение DS0 (64 кбит/с) вычислялось достаточно просто, то для SDH значение первого члена ряда можно было получить только после определения структуры фрейма и его размера. Схема логических рассуждений достаточно проста. Во-первых, поле его полезной нагрузки должно было вмещать максимальный по размеру виртуальный контейнер VC-4, формируемый при инкапсуляции триба 140 Мбит/с. Во-вторых, его размер  $9 \times 261 = 2349$  байт и определил размер поля полезной нагрузки STM-1, а добавление к нему поля заголовков определило размер *синхронного транспортного модуля* STM-1  $9 \times 261 + 9 \times 9 = 9 \times 270 = 2430$  байт или  $2430 \times 8 = 19440$  бит, что при частоте повторения 8000 Гц позволяет определить и порождающий член ряда для иерархии SDH:  $19440 \times 8000 = 155,52$  Мбит/с.

### 9.3. Функциональные модули сетей SDH

Основные элементы систем передачи данных на основе SDH (или *функциональные модули* SDH) могут быть связаны между собой в сеть SDH. Связи модулей можно рассматривать с двух сторон: *логической и физической*. С одной стороны, логика работы или взаимодействия модулей в сети определяет необходимые функциональные связи модулей – топологию, или архитектуру сети SDH. Она позволяет как анализировать общие закономерности функционирования сети, достоинства и недостатки различных топологий, так и выбирать топологию сети, оптимальную для решения конкретной задачи. С другой стороны, модули связаны между собой физической средой распространения SDH-сигнала, создаваемой кабелем (как правило, волоконно-оптическим) или эфиром при использовании радиосвязи. Это позволяет выявить физические пределы и ограничения на функционирование систем с заданной топологией.

Сеть SDH, как и любая сеть, строится из отдельных функциональных модулей ограниченного набора: мультиплексоров, коммутаторов, концентраторов, регенераторов и терминального оборудования [7]. Этот набор определяется основными функциональными задачами, решаемыми сетью:

- *сбором* входных потоков через каналы доступа в агрегатный блок, пригодный для транспортировки в сети SDH (задача мультиплексирования, решаемая *терминальными мультиплексорами* (TM) сети доступа);

- *транспортировкой* агрегатных блоков по сети с возможностью ввода/вывода входных/выходных потоков (задача транспортирования, решаемая *мультиплексорами ввода/вывода ADM*, логически управляющими информационным потоком в сети, а физически – потоком в

физической среде, формирующей в этой сети транспортный канал);

- *перегрузкой* виртуальных контейнеров в соответствии со схемой маршрутизации из одного сегмента сети в другой, осуществляемой в выделенных узлах сети (задача коммутации, или кросс-коммутации, решаемая с помощью *цифровых коммутаторов* или *кросс-коммутаторов DXC*);
- *объединением* нескольких однотипных потоков в распределительный узел – концентратор, или хаб (задача концентрации, решаемая *концентраторами*);
- *восстановлением* (регенерацией) формы и амплитуды сигнала, передаваемого на большие расстояния, для компенсации его затухания (задача регенерации, решаемая с помощью *регенераторов* – устройств, аналогичных *повторителям* в LAN);
- *сопряжением* сети пользователя с сетью SDH (задача сопряжения, решаемая с помощью *оконечного оборудования* – различных согласующих устройств, например, конвертеров интерфейсов, конвертеров скоростей, конвертеров импедансов и т. д.).

### 9.3.1. Мультиплексоры

Основным функциональным модулем сетей SDH является мультиплексор. Условимся использовать этот термин как для собственно *мультиплексоров*, служащих для *сборки* (мультиплексирования) высокоскоростного потока из низкоскоростных, так и для *демультиплексоров*, служащих для *разборки* (демультиплексирования) высокоскоростного потока с целью выделения низкоскоростных потоков.

Мультиплексоры SDH в отличие от обычных мультиплексоров, используемых, например в сетях PDH, выполняют как функции собственно мультиплексора, так и устройств терминального доступа, позволяя подключать низкоскоростные каналы PDH иерархии непосредственно к своим *входным портам*. Они являются более универсальными и гибкими устройствами, позволяющими решать практически все перечисленные выше задачи, то есть, кроме задачи мультиплексирования, выполнять еще и задачи коммутации, концентрации и регенерации. Это оказывается возможным в силу модульной конструкции *SDH-мультиплексора (SMUX)*, при которой выполняемые функции определяются лишь возможностями системы управления и составом модулей, включенных в спецификацию мультиплексора. Принято, однако, выделять два основных типа SDH-мультиплексора: *терминальный мультиплексор* и *мультиплексор ввода/вывода*.

Терминальный мультиплексор (ТМ) является мультиплексором и оконечным устройством SDH-сети с каналами доступа, соответствующими трибам PDH и SDH-иерархий (рис. 14).

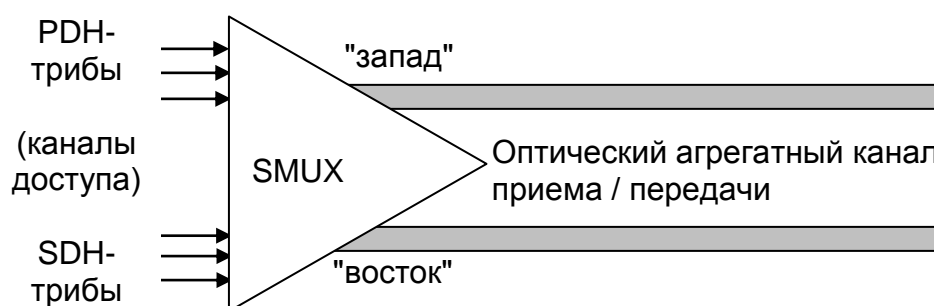


Рис. 14. Синхронный мультиплексор (SMUX)

Терминальный мультиплексор может или вводить каналы, то есть коммутировать их со входа трибного интерфейса на линейный выход, или выводить каналы, то есть коммутировать их с линейного входа на выход трибного интерфейса. Он может также осуществлять локальную коммутацию входа одного трибного интерфейса на выход другого трибного интерфейса. Как правило, эта коммутация ограничена трибами 1,5 и 2 Мбит/с.

Для мультиплексора максимального на данный момент действующего уровня SDH-иерархии (STM-64), имеющего скорость выходного потока 10 Гбит/с, максимально полный набор каналов доступа может включать PDH-трибы 1,5, 2, 6, 34, 45, 140 Мбит/с и SDH-трибы 155, 622 и 2500 Мбит/с, соответствующие STM-1,4,16. Если PDH-трибы

являются «электрическими», то есть использующими электрический сигнал для передачи данных, то SDH-трибы могут быть как электрическими (STM-1), так и оптическими (STM-1,4,16). Для мультиплексоров SDH уровня STM-16 из этого набора исключается триб 2500 Мбит/с, для уровня STM-4 из него исключается триб 622 Мбит/с и, наконец, для первого уровня – триб 155 Мбит/с. Конкретный мультиплексор может и не иметь полного набора трибов для использования в качестве каналов доступа. Это определяется не только пожеланиями заказчика, но и возможностями фирмы-изготовителя.

Другой важной особенностью SDH-мультиплексора является наличие двух оптических линейных выходов (каналов приема/передачи), называемых *агрегатными выходами* и используемых для создания режима стопроцентного резервирования, или защиты по схеме 1+1 с целью повышения надежности. Эти выходы (в зависимости от топологии сети) могут называться *основными* и *резервными* (линейная топология) или "*восточными*" и "*западными*" (кольцевая топология). Термины «восточный» и «западный», применительно к сетям SDH, используются достаточно широко для указания на два прямо противоположных пути распространения сигнала в кольцевой топологии: один – по кольцу влево – «западный», другой – по кольцу вправо – «восточный». Они не обязательно являются синонимами терминов «основной» и «резервный». Если резервирование не используется (так называемый незащищенный режим), достаточно только одного выхода (одного канала приема/передачи). Резервирование 1+1 в сетях SDH является их внутренней особенностью и не имеет ничего общего с *внешним резервированием*, когда используется альтернативный (резервный) путь от одного узла сети к другому, как это делается в *ячеистой сети SDH*, работающей в незащищенном режиме.

Мультиплексор ввода/вывода ADM может иметь на входе тот же набор трибов, что и терминальный мультиплексор (см. рис. 14). Он позволяет вводить/выводить соответствующие им каналы. Дополнительно к возможностям коммутации, обеспечиваемым TM, ADM, позволяет осуществлять сквозную коммутацию выходных потоков в обоих направлениях (например на уровне контейнеров VC-4 в потоках, поступающих с линейных или агрегатных выходов, то есть оптических каналов приема/передачи), а также осуществлять замыкание канала приема на канал передачи на обеих сторонах («восточной» и «западной») в случае выхода из строя одного из направлений. Наконец, он позволяет (в случае аварийного выхода из строя мультиплексора) пропускать основной оптический поток мимо него в обходном режиме. Все это дает возможность использовать ADM в топологиях типа кольца.

### 9.3.2. Концентраторы

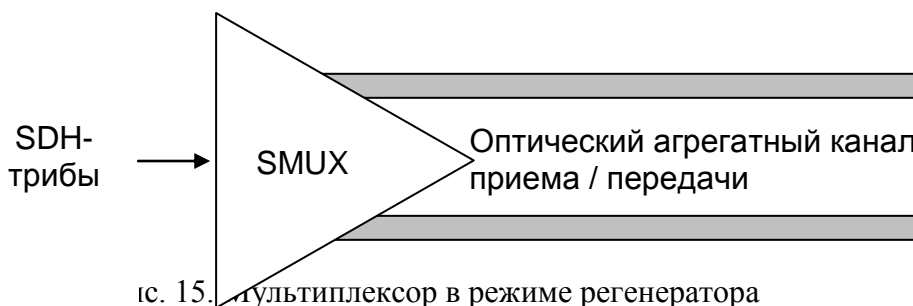
Концентратор (иногда называемый по-старому – хаб, так как используется в топологических схемах типа "звезда") представляет собой мультиплексор, объединяющий несколько, как правило, однотипных (со стороны входных портов) потоков, поступающих от удаленных узлов сети в один распределительный узел сети SDH, не обязательно также удаленный, но связанный с основной транспортной сетью.

Этот узел может также иметь не два, а три, четыре или больше линейных портов типа STM-N или STM-N-1 и позволяет организовать *ответвление* от основного потока или кольца, или наоборот, подключение двух внешних ветвей к основному потоку или кольцу, или, наконец, подключение нескольких узлов ячеистой сети к кольцу SDH. В общем случае он позволяет уменьшить общее число каналов, подключенных непосредственно к основной транспортной сети SDH. Мультиплексор распределительного узла в порте ответвления позволяет локально коммутировать подключенные к нему каналы, давая возможность удаленным узлам обмениваться через него между собой, не загружая трафик основной транспортной сети.

### 9.3.3. Регенераторы

Регенератор представляет собой вырожденный случай мультиплексора, имеющего один входной канал, как правило, оптический триб STM-N и один или два (при использовании схемы защиты 1+1) агрегатных выхода (рис. 15). Он используется для увеличения допустимого расстояния между узлами сети SDH путем регенерации сигналов полезной нагрузки. Обычно это расстояние

(учитывая практику использования одномодовых волоконно-оптических кабелей) составляет 15–40 км для длины волны порядка 1300 нм или 40–80 км – для 1500 нм, хотя при использовании оптических усилителей оно может достигать 100–150 км. Более точно это расстояние определяется отношением допустимых для секции регенератора суммарных потерь к затуханию на 1 км длины кабеля.



### 9.3.4. Коммутаторы

Подавляющее большинство современных мультиплексоров ввода/вывода строятся по модульному принципу. Среди этих модулей центральное место занимает кросс-коммутатор или просто коммутатор (DXC). В синхронной сети он позволяет установить связи между различными каналами, ассоциированными с определенными пользователями сети, путем организации полупостоянной (временной) перекрестной связи, или кросс-коммутации, между ними. Возможность такой связи позволяет осуществить маршрутизацию в сети SDH на уровне виртуальных контейнеров VC-n, управляемую сетевым менеджером (управляющей системой) в соответствии с заданной конфигурацией сети.

Физически возможности внутренней коммутации каналов заложены в самом мультиплексоре SDH, что позволяет судить о нем как о внутреннем или локальном коммутаторе. На рис. 16, например, менеджер полезной нагрузки может динамически изменять логическое соответствие между трибным блоком TU и каналом доступа (трибным интерфейсом), что равносильно *внутренней коммутации* каналов. Кроме этого, мультиплексор, как правило, имеет возможность коммутировать собственные каналы доступа (рис. 17), что равносильно *локальной коммутации* каналов. На мультиплексоры, например, можно возложить задачи локальной коммутации на уровне однотипных каналов доступа, то есть задачи, решаемые концентраторами (рис. 17).

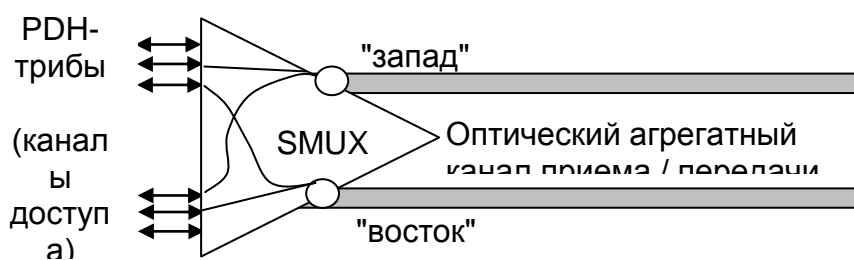


Рис. 16. Мультиплексор ввода/вывода в режиме внутреннего коммутатора

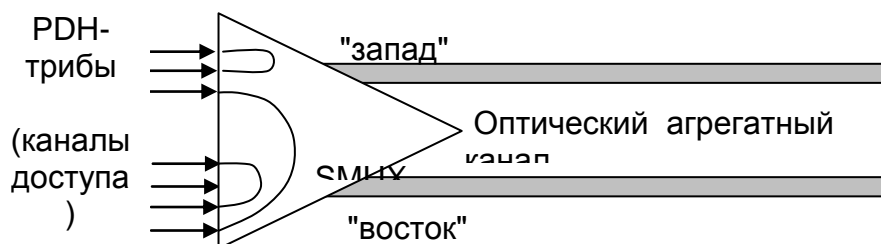


Рис. 17. Мультиплексор ввода/вывода в режиме локального коммутатора

Все это свидетельствует о возможности распределенного управления процессом коммутации в узлах сети SDH. Однако эти возможности в большинстве своем ограничены как по числу коммутируемых каналов, так и по типу виртуальных контейнеров VC, доступных для коммутации. Поэтому в общем случае приходится использовать *специально разработанные синхронные коммутаторы* (SDXC), осуществляющие не только локальную, но и общую или *проходную* (сквозную) коммутацию высокоскоростных потоков (34 Мбит/с и выше) и синхронных транспортных модулей STM-N.

Важной особенностью таких коммутаторов является отсутствие блокировки других каналов при коммутации, когда коммутация одних групп TU не накладывает ограничений на процесс обработки других групп TU. Такая коммутация называется *неблокирующей*.

Существуют несколько типов коммутаторов SDXC в зависимости от того, какие виртуальные контейнеры они могут коммутировать. Их обозначение в общем случае имеет вид SDXC  $n/m$ , где  $n$  означает номер виртуального контейнера, который коммутатор может принять на вход, а  $m$  – номер максимально возможного уровня виртуального контейнера, который он способен коммутировать. Иногда вместо номера виртуального контейнера  $m$  указывают набор коммутируемых виртуальных контейнеров, например  $m/p/q$ . Для уровня STM-1 могут быть указаны следующие типы коммутаторов:

- 1) SDXC 4/4 – коммутатор, позволяющий принимать и обрабатывать VC-4, или потоки 140 и 155 Мбит/с;
- 2) SDXC 4/3/2/1 – коммутатор, позволяющий принимать VC-4, или потоки 140 и 155 Мбит/с, и обрабатывать VC-3, VC-2 и VC-1, или потоки 34 или 45, 6 и 1,5 или 2 Мбит/с;
- 3) SDXC 4/3/1 – коммутатор, позволяющий принимать VC-4, или потоки 140 и 155 Мбит/с, и обрабатывать VC-3 и VC-1, или потоки 34 или 45 и 1,5 или 2 Мбит/с;
- 4) SDXC 4/1 – коммутатор, позволяющий принимать VC-4, или потоки 140 и 155 Мбит/с, и обрабатывать VC-1, или потоки 1,5 или 2 Мбит/с.

Коммутатор выполняет ряд специфических функций в зависимости от режима работы и состава оборудования, с которым он работает. Можно выделить шесть различных функций, выполняемых коммутатором:

- 1) *маршрутизацию* (routing) виртуальных контейнеров VC, проводимую на основе использования информации в маршрутном заголовке РОН соответствующего контейнера;
- 2) *консолидацию или объединение* (consolidation/hubbing) виртуальных контейнеров VC, проводимую в режиме работы концентратора/хаба;
- 3) *трансляцию* (translation) потока от точки к нескольким точкам, или к *мультиточке* (point-to-multipoint), осуществляемую при использовании режима связи "точка–мультиточка";
- 4) *сортировку или перегруппировку* (grooming) виртуальных контейнеров VC, осуществляемую с целью создания нескольких упорядоченных, например по типу контейнеров, потоков VC из общего потока VC, поступающего на коммутатор;
- 5) *доступ* к виртуальному контейнеру VC (test access), осуществляемый при тестировании оборудования;
- 6) *ввод/вывод* (drop/insert) виртуальных контейнеров, осуществляемый при работе мультиплектора ввода/вывода.

## ЛЕКЦИЯ 10.

### ТЕМА: ТОПОЛОГИЯ СЕТЕЙ SDH

Для того чтобы спроектировать сеть в целом, нужно пройти несколько этапов, на каждом из которых решается та или иная функциональная задача, поставленная в техническом задании на стадии проектирования. Это могут быть задачи выбора топологии сети, оборудования узлов сети в соответствии с указанной топологией; формирования сетей управления и синхронизации. Первой из них является задача выбора топологии сети. Эта задача может быть решена достаточно легко, если знать возможный набор базовых стандартных топологий, из которых может быть составлена топология сети в целом.

#### 9.4.1. Топология "точка-точка"

Сегмент сети, связывающий два узла А и В, или топология "точка-точка", является наиболее простым примером базовой топологии SDH-сети (рис. 18). Она может быть реализована с помощью терминальных мультиплексоров ТМ как по схеме без резервирования канала приема/передачи, так и по схеме со стопроцентным резервированием типа 1+1, использующей основной и резервный электрические или оптические агрегатные выходы (каналы приема/передачи). При выходе из строя основного канала сеть в считанные десятки миллисекунд автоматически переходит на резервный.

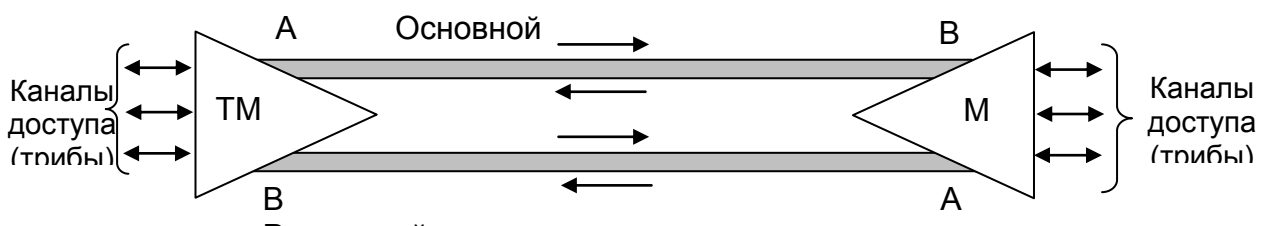


Рис. 18. Топология «точка-точка», реализованная с использованием терминальных мультиплексоров

Несмотря на свою простоту, именно эта базовая топология наиболее широко используется при передаче больших потоков данных по высокоскоростным магистральным каналам, например, по трансокеанским подводным кабелям, обслуживающим цифровой телефонный трафик. Эту же топологию используют для отладки сети при переходе к новой более высокой скорости в иерархии SDH, например, с 622 Мбит/с (STM-4) на 2,5 Гбит/с (STM-16) или с 2,5 (STM-16) на 10 Гбит/с (STM-64). Она же используется как составная часть радиально-кольцевой топологии (в качестве радиусов) и является основой для топологии "последовательная линейная цепь". С другой стороны, топологию "точка-точка" с резервированием можно рассматривать как вырожденный вариант топологии "кольцо".

#### 9.4.2. Топология "последовательная линейная цепь"

Эта базовая топология используется тогда, когда интенсивность трафика в сети не так велика и существует необходимость отвлений в ряде точек на линии, где могут вводиться и выводиться каналы доступа. Она реализуется с использованием как терминальных мультиплексоров на обоих концах цепи, так и мультиплексоров ввода/вывода в точках отвлений. Эта топология напоминает последовательную линейную цепь, где каждый мультиплексор ввода/вывода является отдельным ее звеном. Она может быть представлена либо в виде простой последовательной линейной без резервирования (рис. 19), либо более сложной цепью с резервированием типа 1 + 1 (рис. 20). Последний вариант топологии часто называют *уплощенным кольцом*.

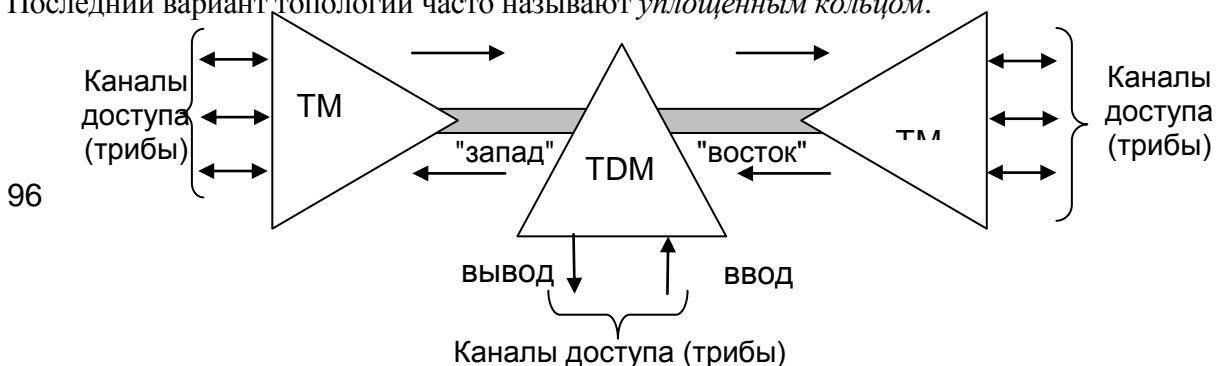




Рис. 19. Топология «последовательная линейная цепь», реализованная на терминальных мультиплексорах и мультиплексорах ввода-вывода

### 9.4.3. Топология "звезда", реализующая функцию концентратора

В этой топологии один из удаленных узлов сети, связанный с центром коммутации (например цифровой АТС) или узлом сети SDH на центральном кольце, играет роль концентратора, или хаба (hub), где часть трафика может быть выведена на терминалы пользователей, тогда как оставшаяся его часть может быть распределена по другим удаленным узлам (рис. 21). Этот концентратор должен быть активным и интеллектуальным (в терминологии локальных сетей), то есть быть мультиплексором ввода/вывода с развитыми возможностями кросс-коммутации. Иногда такую схему называют оптическим концентратором (хабом), если на его входы подаются частично заполненные потоки уровня STM-N (или потоки уровня на ступень ниже), а его выход соответствует STM-N. Фактически эта топология напоминает топологию "звезда", где в качестве центрального узла используется мультиплексор SDH.

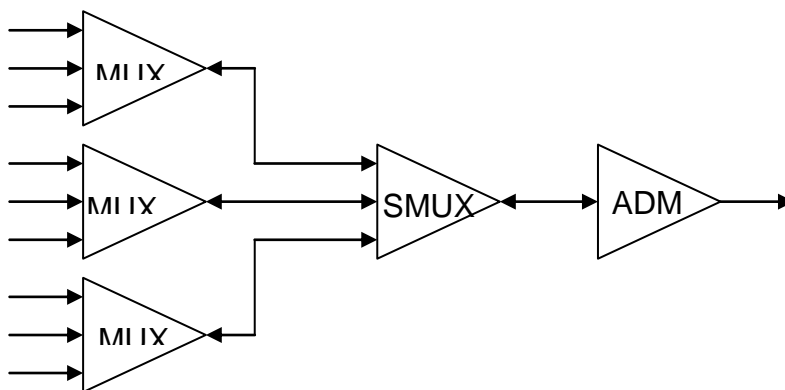


Рис. 21. Топология «звезда» с мультиплексором в качестве концентратора

### 9.4.4. Топология "кольцо"

Эта топология (рис. 22), широко используется для построения SDH-сетей первых двух уровней SDH-иерархии (155 и 622 Мбит/с).

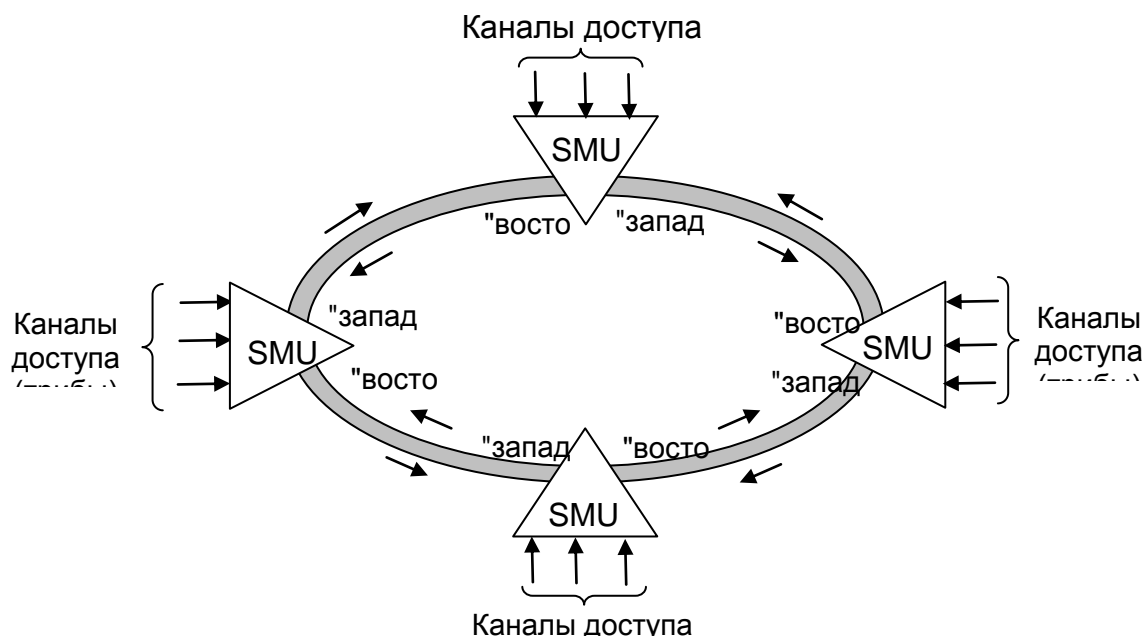


Рис. 22. Топология «кольцо» с защитой 1+1 на уровне трибных блоков TU-n

Основное преимущество этой топологии – легкость организации защиты типа 1+1, благодаря наличию в синхронных мультиплексорах SMUX двух пар (основной и резервной) оптических агрегатных выходов (каналов приема/передачи): восток – запад, дающих возможность формирования двойного кольца со встречными потоками. Кольцевая топология обладает рядом интересных свойств, позволяющих сети самовосстанавливаться, то есть быть защищенной от некоторых достаточно характерных типов отказов.

**Пример 5.** С учетом полученных в предыдущих примерах результатов: 1) выбрать оптимальную структуру сети SDH для проектируемой ГТС; 2) произвести выбор необходимого оборудования.

1. Принимая во внимание вышеприведенный анализ различных способов построения сети, делаем вывод о том, что для проектируемой сети целесообразно использовать структуру типа «кольцо». Кольцевые сети могут обеспечить высокую надежность и экономичность. Двухнаправленные кольца более выгодны при достаточно равномерном тяготении узлов коммутации вторичной сети. Поэтому двухнаправленные кольца широко используются для построения первичной сети города.

Для построения первичной сети на базе SDH используем двухнаправленное кольцо со 100 %-ным резервированием в случае аварии на участках кольца (рис. 23).

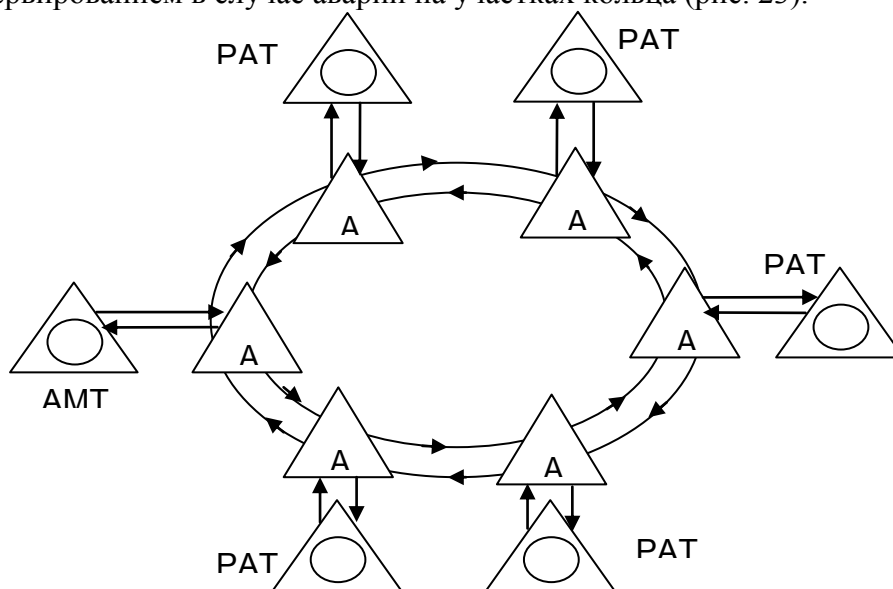


Рис. 23. Структура кольца проектируемой сети

2. В качестве каналов доступа узлов коммутации (PATC, AMTC, УСС) к первичной сети, реализованной на базе SDH, будем использовать плездохронные системы передачи ИКМ – 30 (стандарт Е1). Для расчета количества цифровых потоков типа Е1, необходимых для реализации пучков соединительных линий (каналов) между различными станциями сети, следует учитывать:

- число соединительных линий в направлении связи;
- тип используемых соединительных линий (односторонние или двухсторонние);
- тип используемой системы сигнализации.

При использовании односторонних линий и децентрализованной системы сигнализации для расчета требуемого числа потоков Е1 от *i*-й станции к *j*-й станции воспользуемся формулой

$$N_{ijE1} = En [(V_{cl} - 1)/30 + 1], \quad (1)$$

где  $N_{ijE1}$  – требуемое число цифровых потоков E1 от  $i$ -й к  $j$ -й станции;  $En$  – знак целой части числа;  $V_{cl} = V_{ij} + V_{ji}$  – число соединительных линий (каналов) между  $i$ -й и  $j$ -й станциями.

При использовании двухсторонних пучков и централизованной системы сигнализации воспользуемся формулой

$$N_{ijE1} = En [(V_{cl} - 61)/31 + 1] + 2. \quad (2)$$

Формула (2) справедлива, если  $V_{cl} > 60$  каналов. В противном случае необходимо использовать формулу (1), заменив  $V_{cl}$  на  $V_{ij}$ .

Аналогично производится расчет для всех односторонних линий, а также для ЗСЛ, СЛМ и СЛ к УСС.

Результаты расчета удобно представить в виде таблицы (табл. 8).

Таблица 8

Число ИКМ трактов передачи цифровых потоков E1 между станциями сети

РАТС	РАТС <sub>1</sub>	РАТС <sub>2</sub>	РАТС <sub>3</sub>	РАТС <sub>4</sub>	РАТС <sub>5</sub>	АМТС		УСС
						ЗСЛ	СЛМ	
РАТС <sub>1</sub>		7	7	7	8	2	2	1
РАТС <sub>2</sub>			8	7	8	2	2	1
РАТС <sub>3</sub>				7	7	2	2	1
РАТС <sub>4</sub>					7	2	2	1
РАТС <sub>5</sub>						2	2	1

## 2. Выбор типа модуля STM.

Выбираем участок кольца, на котором передается максимальное количество цифровых потоков E1 ( $N_{E1max}$ ). С учетом коэффициента запаса на развитие сети ( $K_p = 1,4...1,5$ ) необходимое число цифровых потоков E1 ( $N_{E1}$ ) должно удовлетворять следующему условию:

$$N_{E1} \geq K_p N_{E1max}.$$

Тип модуля STM выбирается исходя из полученного значения  $N_{E1}$ :

- при  $0 < N_{E1} \leq 63$  – STM-1;
- при  $63 < N_{E1} \leq 252$  – STM-4;
- при  $252 < N_{E1} \leq 1008$  – STM-16.

Для поставленных в примере условий целесообразно применение модуля STM-4 ( $N_{E1} = 125$ ).

## 9.5. Схемная реализация и характеристики синхронных мультиплексоров

### 9.5.1. Реализация мультиплексоров STM-1

Структурная схема мультиплексора STM-1 типа TN-1X компании Nortel (Northern Telecom) приведена на рис. 24.

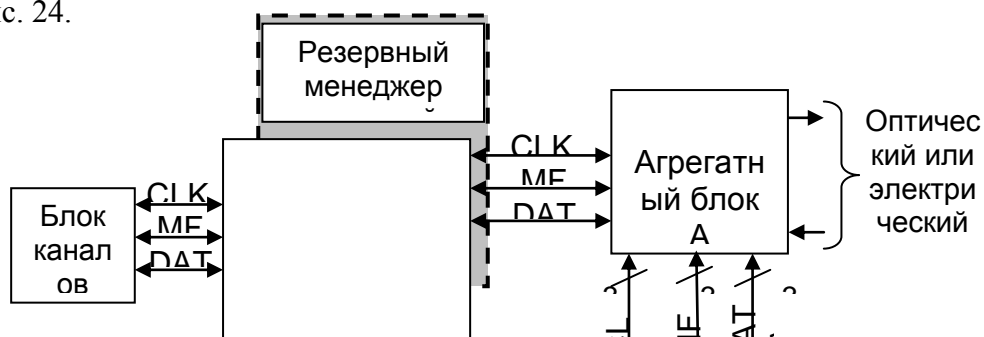


Рис. 24. Структурная схема мультиплексора TN-1X (уровень STM-1)

Мультиплексор состоит из следующих основных блоков:

- четырех трибных интерфейсных блоков TIU с 16 электрическими портами 2 Мбит/с для ввода/вывода до 63 входных потоков;
- двух (основного и резервного) менеджеров полезной нагрузки – устройств для формирования и управления полезной нагрузкой (различные типы полезной нагрузки в виде VC-n, TU-n, TUG-2, TUG-3). Он, например, управляет операциями ввода/вывода каналов доступа (трибов), мультиплексированием и внутренней коммутацией потоков, производит сортировку (grooming) на уровне трибных блоков TU-n, формирует полезную нагрузку до уровня агрегатных блоков AU-n и передает ее на интерфейсы агрегатных блоков;
- двух оптических или электрических агрегатных блоков AU А и В с выходными портами 155 Мбит/с (STM-1) "восток" и "запад" для формирования выходных потоков;
- двух (основного и резервного) блоков питания;
- одного контроллера и локальной панели оператора.

Мультиплексор обеспечивает также мультиплексирование до шестидесяти трех входных потоков 2 Мбит/с, подаваемых на входные порты трибных интерфейсных блоков, в один или два потока по 155 Мбит/с, формируемых на выходе электрических или оптических агрегатных блоков.

TN-1X может быть использован (skonфигурирован) для работы в качестве:

- терминального мультиплексора ТМ с двумя агрегатными блоками, используемыми в режиме "основной/резервный" для создания защиты типа 1+1 агрегатных портов;
- мультиплексора ввода/вывода с двумя агрегатными блоками (портами "восток" – "запад") для работы в сетях с топологией "кольца" и защитой типа 1+1, создаваемой при организации двойного кольца со встречными потоками, или "последовательной линейной цепи";
- мультиплексора ввода/вывода с одним агрегатным блоком для работы в качестве ТМ без защиты в сетях с топологией "точка – точка" или в сетях с топологией "последовательная линейная цепь".

### 9.5.2. Реализация мультиплексоров STM-4

Структурная схема мультиплексора STM-4 типа SMA-4 компании GPT приведена на рис. 25.

Мультиплексор состоит из следующих основных блоков:

- трибных блоков с набором электрических портов для приема входных потоков различной скорости (от 1,5 и 2 до 140 и 155 Мбит/с);
- двух пар (основная и резервная) мультиплексоров и коммутаторов для мультиплексирования, локальной коммутации и управления потоками;
- двух оптических агрегатных блоков с выходными портами 622 Мбит/с (STM-4) "восток" и "запад" для формирования выходных потоков;
- двух блоков (основной и резервный) питания;
- интерфейсов контроля и управления, служебным каналом.

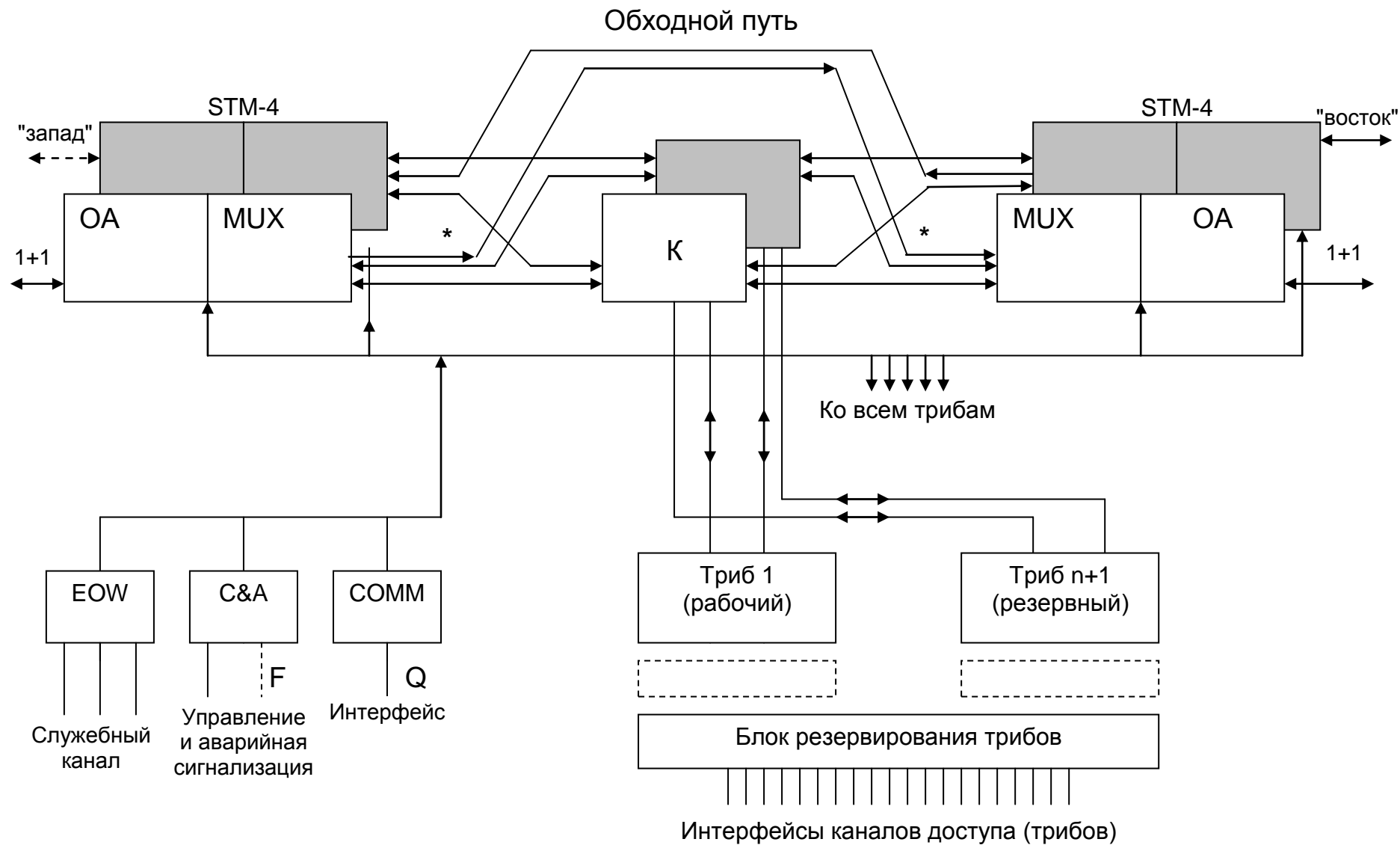


Рис. 25. Структурная схема мультиплексора SMA-4 (уровень STM-4): \* – аварийное переключение

Мультиплексор STM-4 обеспечивает мультиплексирование различных входных потоков, подаваемых на входные электрические порты трибных интерфейсов: до 252 или 504 потоков 1,5 Мбит/с или 2 Мбит/с, или до 12 или 24 потоков 34 Мбит/с или 45 Мбит/с, или до 4 или 8 потоков 140 Мбит/с, или до 6 или 12 частично заполненных потоков 155 Мбит/с (при суммарном потоке не выше 252 или 504 потоков 2 Мбит/с) в один или два потока 622 Мбит/с, формируемых на выходе оптических агрегатных блоков.

SMA-4 может быть использован (skonфигурирован) для работы в качестве:

- терминального мультиплексора с двумя агрегатными блоками, используемыми в режиме "основной/резервный", для создания защиты типа 1+1 агрегатных портов для схемы "точка–точка" или защиты типа 1:n для потоков 1,5 или 2 Мбит/с, осуществляемой блоком резервирования трибов (рис. 26) при наличии соответствующего резерва входных портов;

- мультиплексора ввода/вывода с двумя агрегатными блоками (портами "восток" – "запад") для работы в сетях с топологией "кольцо" и защитой типа 1+1, создаваемой при организации двойного кольца со встречными потоками, или с топологией "последовательная линейная цепь";

- мультиплексора ввода/вывода с одним агрегатным блоком для работы в качестве ТМ без защиты в сетях с топологией "точка – точка" или в сетях с топологией "последовательная линейная цепь";

- оптического концентратора (хаба) для осуществления функций консолидации и сортировки в качестве центрального узла в топологии "звезда", на вход которого подаются потоки STM-1 (до 12 частично заполненных STM-1 потоков могут консолидироваться на уровне VC-12 в один или два STM-1 или STM-4 потока);

- небольшого коммутатора, функционирующего самостоятельно или способного объединить до четырех колец 622 Мбит/с.

Одной из особенностей мультиплексоров SMA-4 является развитая система защиты, реализуемая различными методами резервирования:

- 1) 1:1 – для любой пары портов и агрегатных блоков;

- 2) 1:n, где  $n < 8$ , для трибов 2 Мбит/с;

- 3) дублированием блоков коммутатора, контроллера мультиплексора, связи и питания;

- 4) использованием обеих ветвей "восток" – "запад" с выбором лучшего по качеству сигнала, получаемого приемным блоком, для автоматической защиты трибных блоков;

- 5) автоматическим переключением на обходной путь основного потока (4×VC-4) в случае неисправности мультиплексора.

Другой особенностью является преемственность: SMA-4, являясь членом семейства мультиплексоров для уровней STM-1, STM-4 и STM-16, путем простой замены блоков может быть модифицирован в SMA-16 для работы на скорости 2,5 Гбит/с.

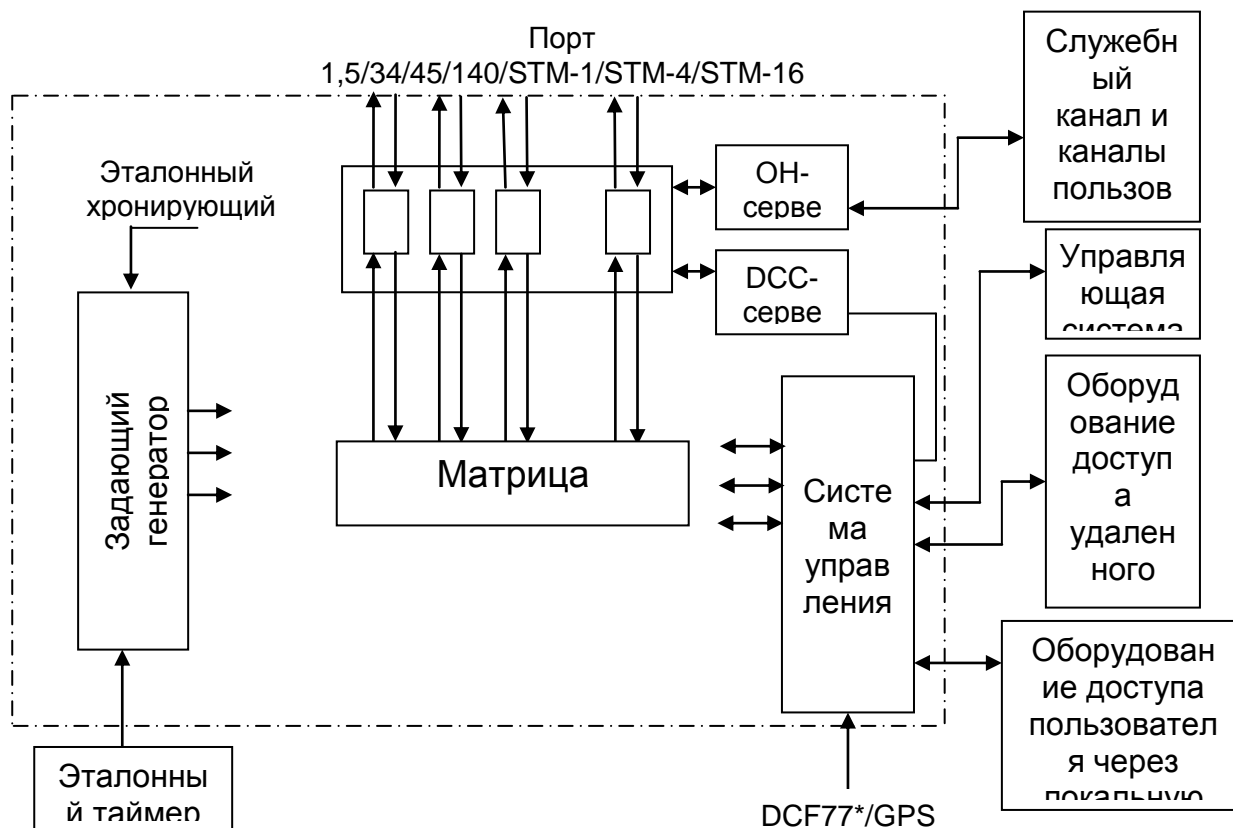


Рис. 26. Структурная схема мультиплексора 1651 SM Alcatel (уровень STM-4/16)

### 9.5.3. Реализация мультиплексоров STM-4/16

Рассмотрим пример мультиплексора уровня STM-4, позволяющего производить его модификацию до уровня STM-16. Это мультиплексор ввода-вывода 1651 SM компании Alcatel. На рис. 26 приведена его структурная схема.

Мультиплексор 1651 SM может быть использован для работы в качестве:

- линейного терминального (одинарного или двойного) мультиплексора с двумя агрегатными блоками, используемыми в режиме "основной/резервный" для создания защиты типа 1+1 агрегатных портов;
- мультиплексора ввода/вывода с двумя или четырьмя агрегатными блоками (портами "восток" – "запад") для работы в сетях с топологией обычного или сдвоенного кольца и в линейной цепи с защитой типа 1 + 1 или без защиты;
- линейного регенератора, работающего по схемам с защитой 1+1 или без нее;
- концентратора (хаба) для осуществления функций центрального узла в топологии "звезда";
- коммутатора, функционирующего в рамках мультиплексора и самостоятельно с максимальной емкостью до 16 STM-1 портов.

Особенностью мультиплексора является его преемственность: SMA-4, являясь членом семейства мультиплексоров для STM-1, STM-4 и STM-16, может использовать интерфейсные карты STM-1, а также путем простой замены блоков может быть модифицирован в компактный вариант мультиплексора SMA-16 для работы на скорости 2,5 Гбит/с путем установки двух агрегатных карт STM-16. Такой вариант мультиплексора с возможностью ввода-вывода потоков 2 Мбит/с соответствует модели 1661SM-C. Другой особенностью является наличие специального входа системы синхронизации, на который подается радиосигнал с глобальной системы определения местоположения GPS, позволяющий подстраивать источник синхронизации по мировому скоординированному времени UCT.

### 9.5.4. Аппаратная реализация оборудования сетей SDH

Все разнообразие оборудования сетей SDH можно представить в виде пяти групп:

- 1) синхронные мультиплексоры – SMUX или SM;

- 2) оборудование линейных трактов – SL;
- 3) синхронные кросс-коммутаторы – SXC;
- 4) синхронные радиорелейные линии (РРЛ) – SR;
- 5) системы управления оборудованием SDH.

Из указанного оборудования наиболее широко используются синхронные мультиплексоры (подразд. 3.5), применяемые и в линейных трактах, и в качестве кросс-коммутаторов. Основные характеристики мультиплексного оборудования сведены в табл. 1 прил. Г. Номенклатура аппаратуры SDH компаний-производителей приведена в прил. Д.

## 9.6. Функциональные методы защиты синхронных потоков

Одним из основных преимуществ технологии SDH является возможность такой организации сети, при которой достигается не только высокая надежность ее функционирования, обусловленная использованием волоконно-оптического кабеля, но и возможность сохранения или восстановления (за очень короткое время – десятки миллисекунд) работоспособности сети даже в случае отказа одного из ее элементов или среды передачи – кабеля. Такие сети и системы называются *самовосстанавливающимися*. Применительно к сетям SDH иногда используется термин "самозалечивающиеся".

Существуют различные методы обеспечения быстрого восстановления работоспособности синхронных сетей, которые могут быть сведены к следующим схемам:

- 1) резервированию участков сети по схемам 1+1 и 1:1 по разнесенным трассам;
- 2) организации самовосстанавливающихся кольцевых сетей, резервированных по схемам 1+1 и 1:1;
- 3) резервированию терминального оборудования по схемам 1:1 и N:1;
- 4) восстановлению работоспособности сети путем обхода неработоспособного узла;
- 5) использованию систем оперативного переключения.

Указанные методы могут использоваться как отдельно, так и в комбинации.

В первом случае участки между двумя узлами сети соединяются по двум разнесенным трассам (стоцентное резервирование), сигналы по которым распространяются одновременно. В узле приема они могут обрабатываться по двум схемам:

- резервирование 1+1 – сигналы анализируются и выбирается тот, который имеет наилучшее соотношение параметров;
- резервирование 1:1 – альтернативным маршрутам назначаются приоритеты: низкий и высокий, ветвь с низким приоритетом находится в режиме горячего резерва, переключение на нее происходит по аварийному сигналу от системы управления.

Это общие методы восстановления работоспособности, применимые для любых сетей.

Во втором случае, наиболее распространенном в сетях SDH, используется топология типа «кольцо», которое может быть организовано с помощью двух волокон (топология «сдвоенное кольцо») или четырех волокон (два сдвоенных кольца). Несмотря на более высокую стоимость четырехволоконного варианта, он стал использоваться в последнее время, так как обеспечивает более высокую надежность. Например, такую схему защиты позволяет реализовать мультиплексор 1664 SM/C компании Alcatel и мультиплексоры других фирм.

Защита маршрута в сдвоенном кольце, которая соответствует типу 1+1, может быть организована двумя путями.

1. Используется защита на уровне трибных блоков TU-n, передаваемых по разным кольцам. Весь основной трафик передается в одном из направлений (например по часовой стрелке). Если в момент приема мультиплексором блока, посланного другими мультиплексорами, происходит сбой в одном из колец, система управления, осуществляющая постоянный мониторинг колец, автоматически выбирает такой же блок из другого кольца. Эта защита носит распределенный по кольцу характер, а сам метод – название *метода организации однонаправленного сдвоенного кольца*.

2. Защита маршрута может быть организована так, что сигнал передается в двух противоположных направлениях (восточном и западном), причем одно направление используется как основное, второе – как защитное. Такой метод в случае сбоя использует переключение с основного



кольца на резервное и называется *методом организации двунаправленного сдвоенного кольца*. В этом случае блоки TU-n исходно имеют доступ только к основному кольцу. В случае сбоя происходит замыкание основного и защитного колец на границах дефектного участка (рис. 27), образующее новое кольцо. Это замыкание происходит обычно за счет включения петли обратной связи, замыкающей приемник и передатчик агрегатного блока на соответствующей стороне мультиплексора ("восточной" или "западной"). Современные схемы управления мультиплексорами могут поддерживать оба эти метода защиты.

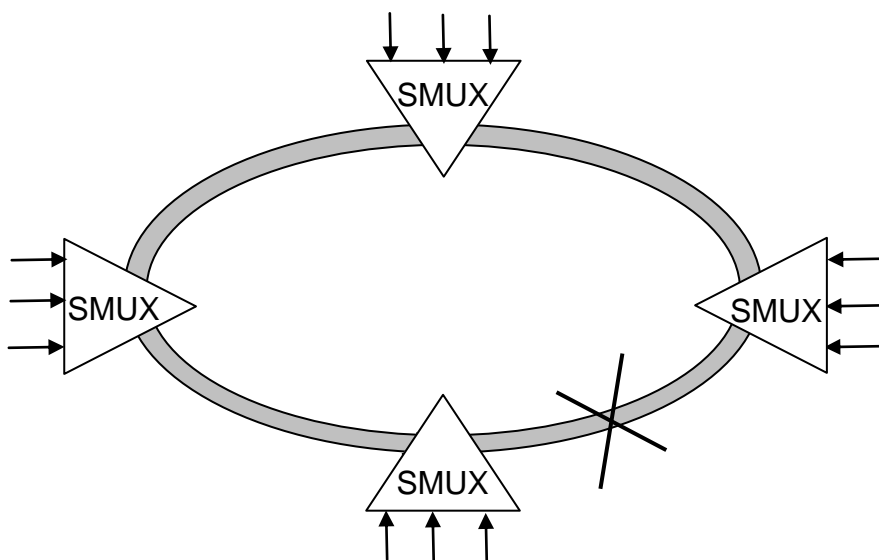


Рис. 27. Метод защиты двойного кольца путем исключения поврежденного участка

В третьем случае восстановление работоспособности осуществляется за счет резервирования на уровне трибных интерфейсов. Схема резервирования в общем случае N:1, что допускает различную степень резервирования: от 1:1 (100 %) до меньшей степени, например 4:1 (25 %), когда на 4 основных трибных интерфейсных карты используется одна резервная, которая автоматически выбирается системой кросс-коммутации при отказе одной из основных. Этот метод широко распространен в аппаратуре SDH для резервирования трибных карт 2 Мбит/с (4:1 или 3:1 для STM-1; 16:1, 12:1, 8:1 для STM-4), а также резервирования наиболее важных сменных блоков, например блоков кросс-коммутации и систем управления и резервного питания, время переключения которых на запасные не превышает обычно 10 мс.

В четвертом случае резервирование как таковое не используется, а работоспособность системы в целом (на уровне агрегатных блоков) восстанавливается за счет исключения поврежденного узла из схемы функционирования. Так, системы управления SDH мультиплексоров обычно дают возможность организовывать обходной путь, позволяющий пропускать поток агрегатных блоков мимо мультиплексора в случае его отказа (рис. 28).

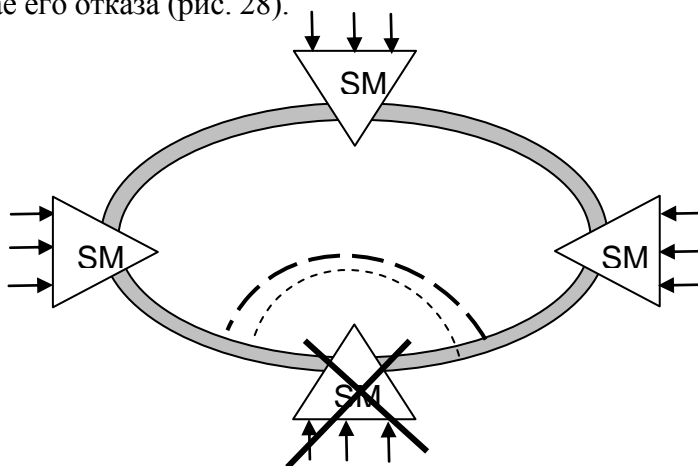


Рис. 28. Метод защиты двойного кольца путем организации обходного пути

В пятом случае, характерном для сетей общего вида или ячеистых, в узлах сети устанавливаются кросс-коммутаторы систем оперативного переключения, которые осуществляют в случае отказа, вызванного либо разрывом соединительного кабеля, либо отказом узла последовательной линейной цепи, реконфигурацию прилегающих (входящих или исходящих) участков сети и соответствующую кросс-коммутацию потоков. Процедура такой реконфигурации может быть:

- централизованной – осуществляется *сетевым центром управления*.
- распределенной – совместное решение о реконфигурации должно вырабатываться группой прилегающих систем оперативного переключения.

Могут применяться и комбинированные методы.

Использование систем оперативного переключения по принципу организации защиты напоминает схему резервирования 1:1 метода резервирования по разнесенным трассам. Разница состоит в том, что в последнем случае физический или виртуальный канал уже существует, тогда как в первом он формируется в момент оперативного переключения (действие более характерное для коммутатора/маршрутизатора в сетях пакетной коммутации).

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключаются особенности плезиохронной цифровой иерархии?
2. В чем заключаются особенности синхронной цифровой иерархии?
3. Поясните схему мультиплексирования потоков в SDH.
4. Перечислите и дайте описание методов кросс-коммутации.
5. Опишите концепцию и архитектуру TMN.
6. Какие существуют методы управления сетью SDH?

## Литература

1. С# для профессионалов / Симон Робинсон, Олли Корнес, Джей Глинн, Бартон Харвей и др. – М.: ЛОРИ, 2003
2. Дубовцев, А. Microsoft.NET / А. Дубовцев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004
3. Гарольд, Э.Р., Минс, У.С. XML. Справочник / Э.Р. Гарольд, У.С. Минс. – СПб.: Символ-Плюс, 2002.
4. Фаулер М. Архитектура корпоративных программных приложений. / М. Фаулер : Пер. с англ. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2004. – 544 с.
5. Амриш К. Разработка корпоративных Java-приложений с использованием J2EE и UML / К.И. Амриш, Х.З. Ахмед. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 272 с.
1. Мильчакова Н. Телекоммуникации в России: структурные реформы и повышение капитализации компаний//Вопросы экономики, 2001, №7
2. Адрианов В. Россия в мировом процессе развития средств связи, компьютеризации и информатизации//Экономист, 2001, №8
3. Нижегородцев Р. Об информационной экономике //РЭЖ,1994, №4
4. Сидоров А., Байнев В. Информация как экономическая категория//ЭКО, 2000, №8
1. Коцюбинский А.О., Грошев С.В. Современный самоучитель работы в сети Интернет. Быстрый старт. — М.: Триумф, 2001.
2. Практикум по экономической информатике: Учебное пособие. Ч. 2 / Под ред. проф. Е. Л. Щуремова и др. — М.: Перспектива, 2002.
3. Экономическая информатика / Под ред. В.П. Косарева и Л.В. Еремина. — М.: Финансы и статистика, 2001.