

Модуль 2-« Основы телекоммуникаций» 5 - 7 Тема1 – «Система передачи, линейный тракт»  
Лекция 7. Тема1 – «Система передачи, линейный тракт, типовые каналы передачи»

Содержание: Виды используемых линий передач. Первичная и вторичная сети электросвязи. Организация связи на большие расстояния. Классификация, назначения, условия функционирования, принципы построения телекоммуникационных систем.

### **Виды используемых линий передач.**

Основу теории и техники электросвязи составляет передача на расстояние различного рода сообщений (информации). Под *информацией* понимают совокупность сведений о каких-либо предметах, событиях, процессах чьей-либо деятельности и т.д. Форма представления информации называется *сообщением*. Это может быть речь или музыка, рукописный или машинописный текст, чертежи, рисунки, телевизионное изображение.

Для передачи по каналам связи каждое сообщение преобразуется в электрический сигнал. *Сигнал* – физический процесс, отображающий передаваемое сообщение (физический носитель сообщения). Физическая величина, изменение которой обеспечивает отображение сообщений, называется *информационным или представляющим параметром сигнала*.

Перенос сообщений из одной точки пространства в другую осуществляет система электросвязи. *Система электросвязи (телекоммуникационная система)* – комплекс технических средств, обеспечивающий передачу сообщений от источника к получателю на расстояние (рисунок 1.1).

Система электросвязи в целом решает две задачи:

- 1) доставка сообщений – функции системы электросвязи;
- 2) формирование и распознавание сообщений – функции оконечного оборудования.

*Трактом передачи* называют совокупность приборов и линий, обеспечивающих передачу сообщений между пользователями.

*Канал передачи (связи)* – часть тракта передачи между двумя любыми точками. В канал передачи не входят оконечные устройства.

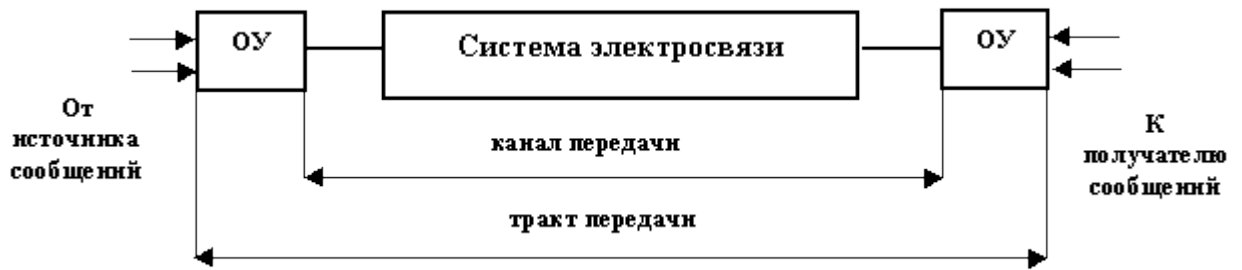


Рисунок 1 – Структурная схема системы электросвязи (телекоммуникационной системы)

Принцип передачи сигналов электросвязи показан на рисунке 2.

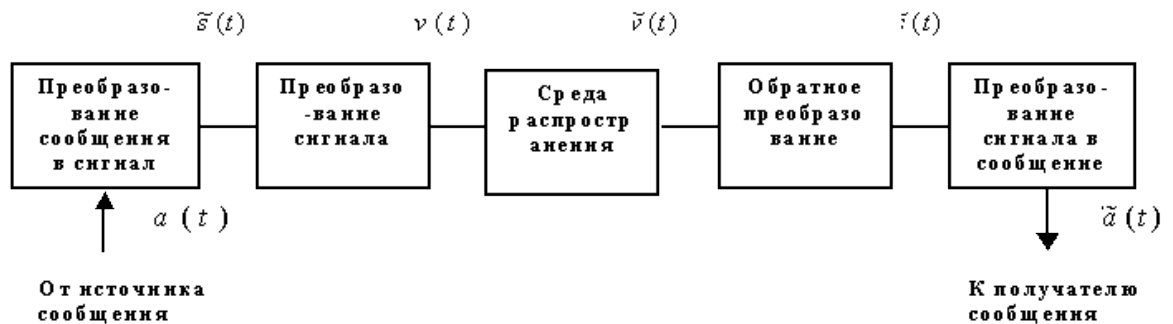
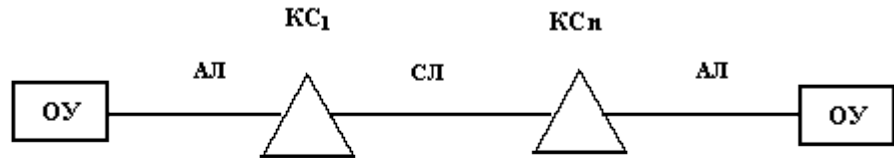


Рисунок 2 – Принцип передачи сигналов электросвязи

На входе и на выходе тракта передачи сообщений включаются оконечные устройства, обеспечивающие преобразование сообщений в электрические сигналы и обратное преобразование. Данные устройства называются *первичными преобразователями* и сформированные ими сигналы также называются *первичными*. Например, при передаче речи первичным преобразователем является микрофон, при передаче изображения – электронно-лучевая трубка, при передаче телеграммы – передающая часть телеграфного аппарата.

Источник сообщения формирует сообщение  $a(t)$ , которое преобразуется в электрический сигнал  $s(t)$ . В системе электросвязи происходят вторичные преобразования сигналов и они транспортируются в форме, отличной от первоначальной.

**Сеть электросвязи (телекоммуникационная сеть)** - совокупность линий (каналов) связи коммутационных станций, оконечных устройств, на определенной территории, обеспечивающая передачу и распределение сообщений (рисунок 3).



**КС** – коммутационная станция

**АЛ** – абонентская линия

**СЛ** – соединительная линия

Рисунок 3 – Обобщенная структурная схема сети электросвязи  
(телекоммуникационной сети)

На входе и на выходе сети связи включаются оконечные устройства, обеспечивающие преобразование сообщений в электрические сигналы и обратное преобразование. Оконечные устройства соединяются с коммутационной станцией абонентскими линиями. Коммутационные станции между собой связаны соединительными линиями. Коммутационные станции осуществляют соединение входящих линий с исходящими линиями по соответствующему адресу.

В общем виде, сообщение, передаваемое от источника к получателю состоит из двух частей: адресной и информационной. По содержанию адресной части коммутационная станция определяет направление связи и осуществляет выбор конкретного получателя сообщения. Информационная часть содержит само сообщение.

Совокупность процедур и процессов, в результате выполнения которых обеспечивается передача сообщений, называется *сеансом связи*, а набор правил в соответствии, с которыми организуется сеанс связи, называется *протоколом*.

### **Первичная и вторичная сети электросвязи. Организация связи на большие расстояния.**

Различные виды электросвязи длительный период времени развивались независимо друг от друга. Каждый вид электросвязи ориентировался на создание своих каналов, систем передачи (СП) и сетей. Структура сети выбиралась в соответствии с особенностями распределения потоков сообщений, характерных для конкретного вида электросвязи. Некоторые отрасли промышленности и транспорта стали создавать свои сети, предназначенные для удовлетворения потребностей отрасли в передаче сообщений. Разобщенность технических средств не только не позволяла повысить эффективность

совокупности сетей в масштабах страны, но и тормозила развитие обособленных сетей. Поэтому уже в начале 1960-х гг. стало ясно, что перспективным направлением развития сетей должно было стать объединение сетей. Было принято решение о создании *ЕАСС* (Единая автоматизированная сеть связи). ЕАСС базировалась на объединении разрозненных и многочисленных мелких сетей в общегосударственные сети каждого вида электросвязи, а затем в единую сеть с целью совместного использования определенных технических средств, и, в первую очередь, систем передачи и систем коммутации.

При создании ЕАСС было учтено, что определенные технические средства участвуют в процессе передачи независимо от вида сообщений, т. е. являются общими. В связи с этим вся сеть страны стала подразделяться на две взаимосвязанные составляющие:

1) *первичную сеть* – совокупность сетевых станций, сетевых узлов и соединяющих их линий передачи, которая позволяет организовывать сеть каналов передачи и групповых трактов.

Структура первичной сети учитывает административное разделение территории страны. В соответствии с этим первичная сеть также состоит из следующих частей:

- *местные первичные сети* – часть сети, ограниченная территорией города или сельского района;
- *зоновые первичные сети* – часть сети, охватывающая территорию зоны (область, край, республика), обеспечивающая соединение между собой каналов разных местных сетей внутри одной зоны;
- *магистральная первичная сеть* – часть сети, соединяющая между собой каналы разных зоновых сетей на всей территории страны.

Структура первичной сети показана на рисунке 4.

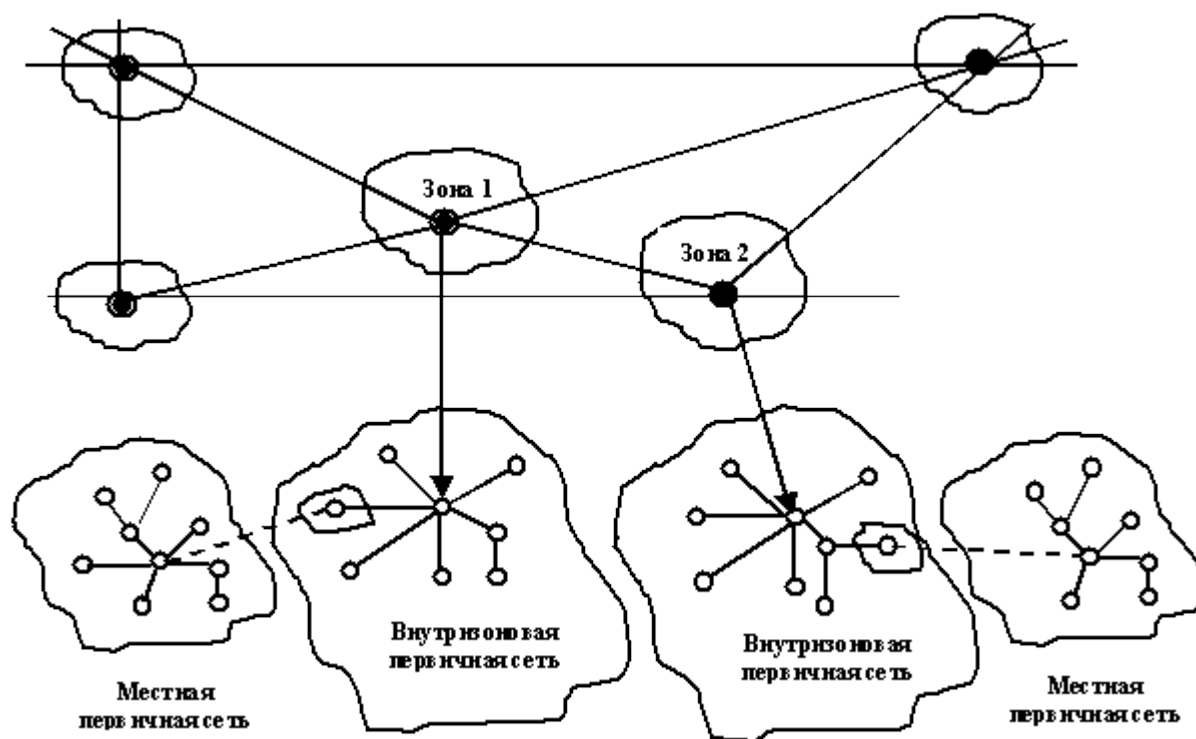


Рисунок 4 – Структура первичной сети

2) *вторичная сеть* – совокупность технических средств, обеспечивающих передачу сообщений определенного вида, в состав которой входят: оконечные устройства, абонентские и соединительные линии, коммутационные станции, а также каналы, выделенные из первичной сети для образования вторичной.

Вторичные сети подразделяются на следующие виды:

- телефонные;
- телеграфные;
- передачи данных;
- факсимильные;
- телевизионного вещания;
- звукового вещания.

В конце XX века ход развития технического прогресса, а также исторические изменения политической и экономической структуры России, предопределили формирование новой концепции построения сети связи (1992 г) – ВСС РФ (Взаимоувязанная сеть связи РФ).

Всемирная сеть связи WCN (Worldwide communication network), а также общемировая практика построения национальных сетей с использованием современных телекоммуникационных технологий, цифровая сеть связи страны стала подразделяться на две взаимоувязанных составляющих:

1) **транспортная сеть** – часть сети связи, охватывающая магистральные узлы (МУ), междугородные станции (МС), а также соединяющие их каналы и узлы (междугородные, международные);

2) **сеть доступа**– совокупность абонентских линий и станций местной сети (СМС), обеспечивающая доступ абонентских терминалов к транспортной сети, а также местную связь без выхода на транспортную сеть.

### **Классификация, назначения, условие функционирования, принципы построения телекоммуникационных систем.**

Одним из основных требований, предъявляемых к сетям передачи индивидуальных сообщений (телефонные, телеграфные, факсимильные, передачи данных), является то, что сеть должна обеспечить каждому пользователю возможность связаться с другим пользователем. Для выполнения этого требования сеть связи строится по определенному принципу в зависимости от условий функционирования. Следовательно, сети связи могут иметь различную структуру, т. е. отличаться числом и расположением узловых и оконечных пунктов (станций), а также характером их взаимосвязи [1]. На рисунке 6 показаны способы построения сетей связи.

При полностью связанном способе построения (принцип «каждый с каждым») между узлами существует непосредственная связь. Используется при небольшом количестве узлов на сети (рисунок 6 а).

При радиальном способе построения сети связь между узлами осуществляется через центральный узел (рисунок 1.6 б). Используется при построении сети на сравнительно небольшой территории.

На большой территории сеть связи строится по радиально-узловому способу (рисунок 1.6 в).

Кольцевой способ построения сети предусматривает возможность осуществления связи как по часовой, так и против часовой стрелки (рис. 1.6 г). В этом случае при повреждении на определенном участке сеть сохраняет свою работоспособность.

При комбинированном способе построения сети узлы на верхнем иерархическом уровне связываются по полностью связанной схеме (рисунок 1.6 д). В этом случае выход одного из узлов не нарушает работу всей сети.

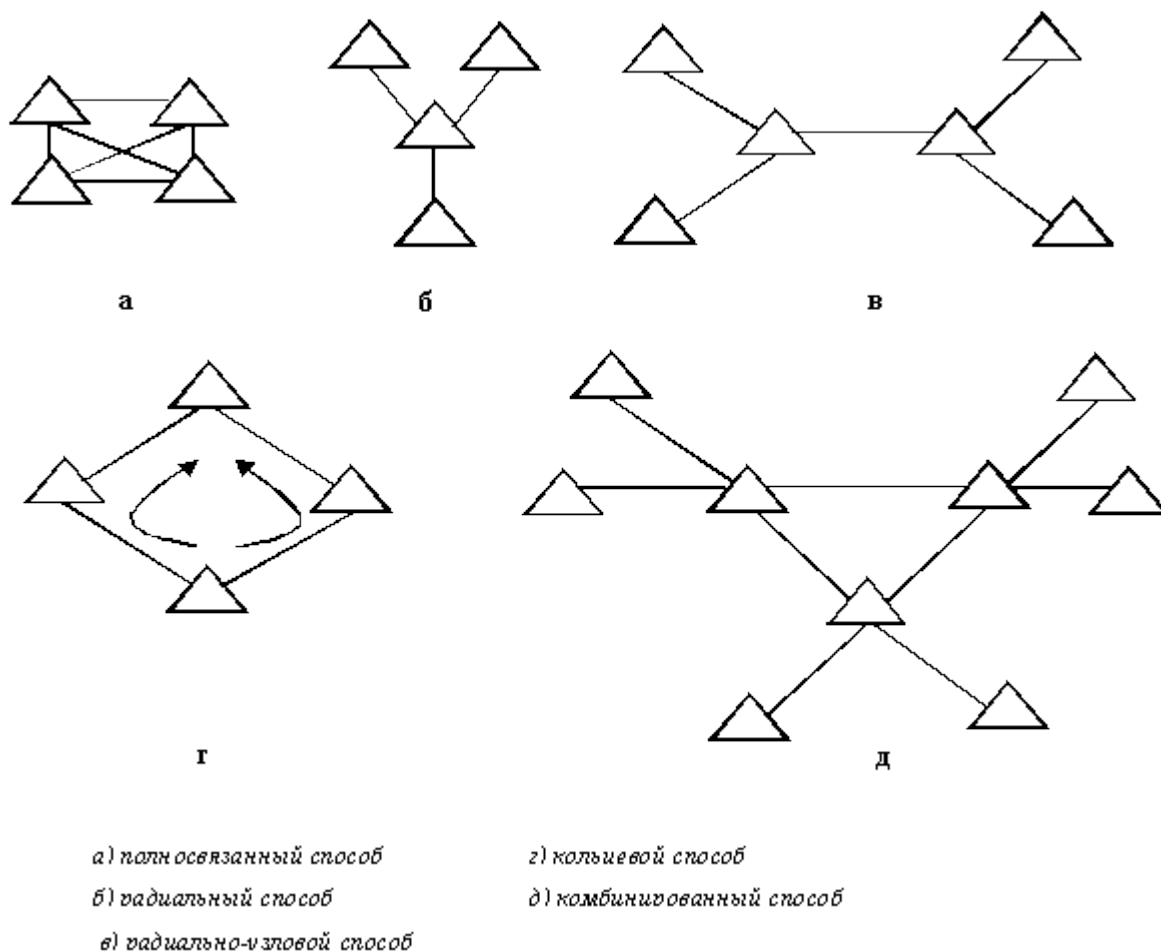


Рисунок 6 – Способы построения сетей связи

### Эталонная модель взаимодействия открытых систем

Обмен информацией в телекоммуникационных сетях осуществляется по определенным, заранее оговоренным правилам (стандартам). Эти правила разрабатываются рядом международных организаций.

Взаимодействие в современных телекоммуникационных сетях организуется в соответствии с эталонной моделью взаимодействия открытых систем (ЭВОС), которая была предложена в 1980 году Международной организацией по стандартизации МОС (ISO – International Organisation for Standartisation) для вычислительных сетей. **Открытыми** называются системы, использующие одинаковые протоколы взаимодействия. **Протокол** – набор правил, регламентирующих взаимодействие для обмена сообщениями между независимыми устройствами или процессами.

Общая проблема связи состоит из двух частей:

- 1) первая часть касается сети связи – данные, передаваемые по сети должны поступить по назначению в правильном виде и своевременно;

2) вторая часть – обеспечение распознавания данных для дальнейшего использования – функции окончного оборудования пользователя.

Все задачи, решаемые для организации взаимодействия пользователей, разделены на семь групп – уровней эталонной модели (рисунок 7).

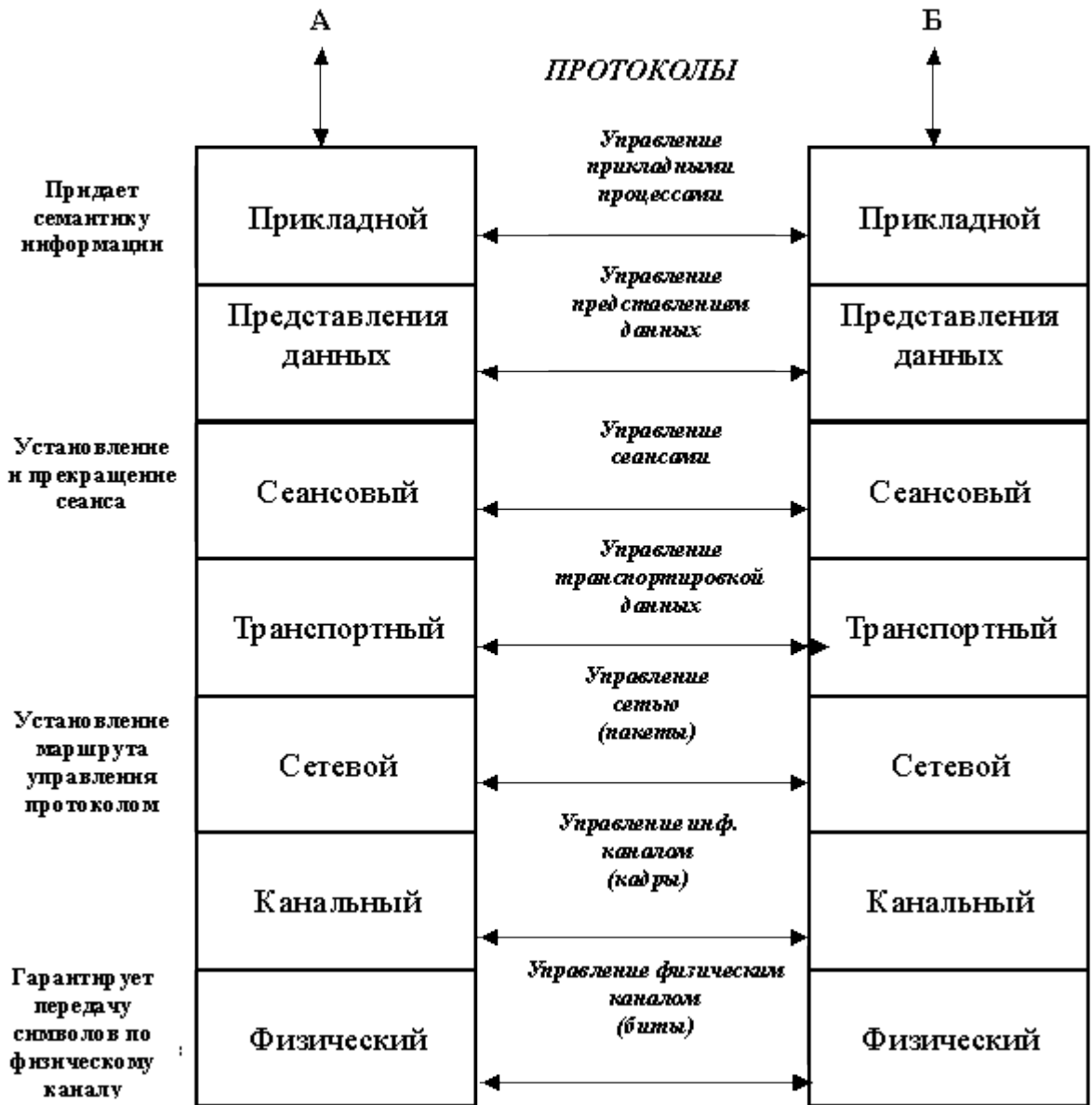


Рисунок 7 – Эталонная модель взаимодействия открытых систем

Три нижних уровня представляют услуги сети. Протоколы, реализующие эти уровни, должны быть предусмотрены в каждом узле сети. Четыре верхних уровня представляют услуги окончным пользователям и связаны с ними, а не с сетью. Нижние уровни используются для того, чтобы направлять данные от одного пользователя к другому. Верхние уровни решают



задачи представления данных пользователю в такой форме, которую он может распознать. Выбор семи уровней продиктован следующими соображениями:

- 1) необходимо иметь достаточно уровней, чтобы каждый из них не был слишком сложным с точки зрения разработки протокола;
- 2) желательно иметь не слишком много уровней, чтобы их интеграция и описания не стали слишком сложными;
- 3) желательно выбрать естественные границы, чтобы родственные функции были собраны на одном уровне.

В эталонной модели модуль уровня  $n$  взаимодействует с модулями только соседних уровней  $(n-1)$  и  $(n+1)$ .

Уровни модели выполняют следующие функции:

- 1) **Физический уровень** обеспечивает передачу последовательности бит в виде сигналов определенной физической природы со скоростью, соответствующей пропускной способности канала.

- 2) **Канальный уровень** формирует блоки данных – кадры, осуществляет управление доступом к передающей среде, обнаруживает и исправляет ошибки.

- 3) **Сетевой уровень** реализует функцию маршрутизации. Блоки данных сетевого уровня называются пакетами.

Физический, канальный и сетевой уровни являются сетезависимыми, поэтому их функционирование меняется в зависимости от типа сети связи.

- 4) **Транспортный уровень** занимает центральное место в иерархии уровней, обеспечивает взаимодействие процессов в подключаемых оконечных устройствах и сквозное управление движением пакетов между этими процессами. Наличие этого уровня освобождает пользователей от необходимости изучения всех функций коммутации, маршрутизации и отбора (селекции) данных.

Четыре нижних уровня (физический, канальный, сетевой, транспортный) составляют транспортную сеть.

- 5) **Сеансовый уровень** обеспечивает поддержание диалога между процессами, выполняя функции по организации передачи данных и по синхронизации процедур взаимодействия (рисунок 8).

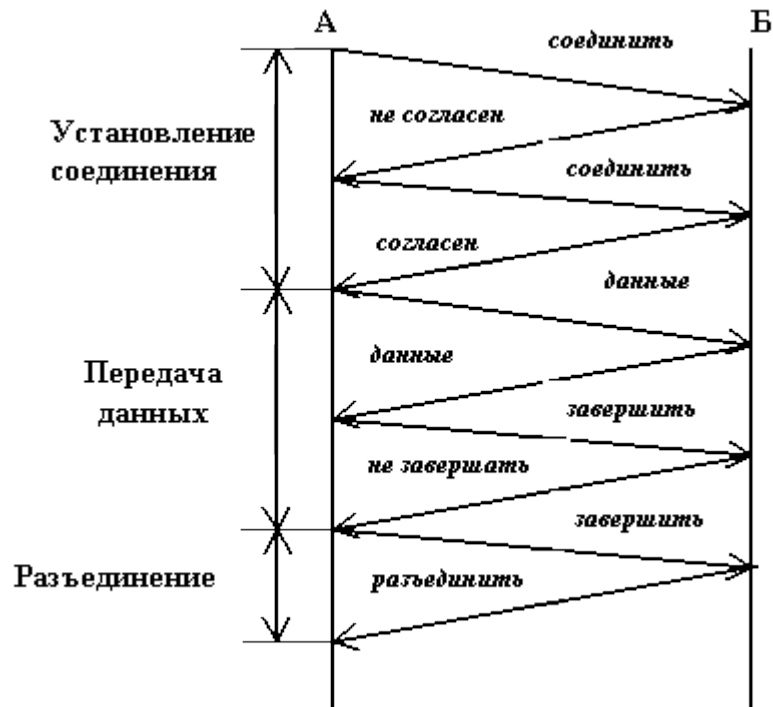


Рисунок 8 – Пример диалога в сети

6) *Уровень представления* обеспечивает интерпретацию данных. На этом уровне реализуется синтаксис (анализируется представление символов, формат страниц, кодирование и др.).

7) *Прикладной уровень* реализует функции, которые не могут быть приписаны предыдущим уровням. Протоколы прикладного уровня придают соответствующий смысл (семантику) обмениваемой информации. Прикладной уровень обеспечивает выполнение всех информационно-вычислительных процессов.



Рисунок 9 – Взаимодействие уровней

Многоуровневая организация взаимодействия порождает необходимость модификации информации на каждом уровне в соответствии с функциями уровня (рисунок 9).

При передаче на каждом уровне блок данных принимается от вышестоящего уровня, к данным добавляется управляющая информация и блок передается нижестоящему уровню. На приемном конце каждый уровень использует только соответствующий заголовок, не просматривая остальную часть принятого блока данных. Следовательно, уровни самостоятельны и изолированы друг от друга. Это позволяет удалять и заменять протоколы и программы отдельных уровней, не затрагивая остальную часть модели.

Многоуровневая организация обеспечивает независимость управления на уровне *n* от порядка функционирования нижних и верхних уровней:

- управление информационным каналом происходит независимо от физических принципов функционирования физического канала;
- управление сетью не зависит от способов обеспечения надежности информационного канала;
- транспортный уровень взаимодействует с сетью как с единой системой, обеспечивающей доставку сообщений пользователям;

- прикладной процесс создается только для выполнения определенных функций обработки данных без учета структуры сети, способов выбора маршрута, типа каналов связи и т.д.

Пользователи для организации взаимодействия опираются на *службу взаимодействия*. Взаимодействие между пользователями организуется средствами управления сеансами (уровень 5), которые работают на основе транспортного канала, обеспечивающего передачу сообщений в течение сеанса. Транспортный канал, создаваемый на уровне 4, включает в себя сеть связи, которая организует информационные каналы между пользователями (рисунок 10).

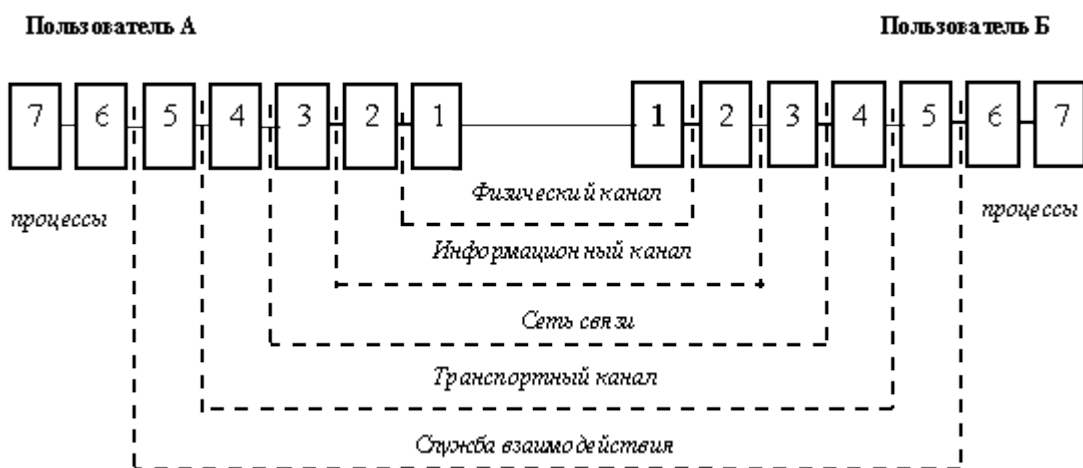


Рисунок 10 – Организация взаимодействия между пользователями

### Методы коммутации в телекоммуникационных сетях

Система коммутации выполняет задачу распределения информационных потоков.

Известны два основных принципа коммутации:

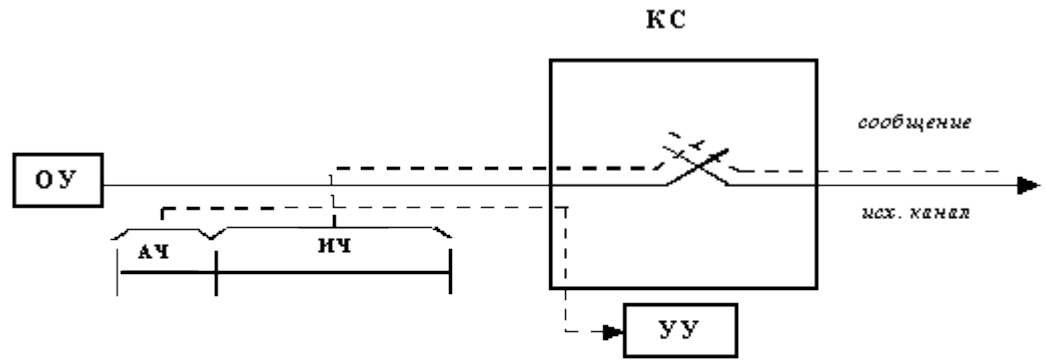
- 1) непосредственное соединение (коммутация без запоминания передаваемой информации);
- 2) соединение с накоплением информации (коммутация с запоминанием).

#### **Непосредственное соединение (коммутация каналов)**

При коммутации каналов осуществляется физическое соединение входящих линий с исходящими линиями по соответствующему адресу (рисунок 11).

*Достоинства метода коммутации каналов:*

- возможность организации “диалога”, т.к. время задержки в передаче сообщения невелико;
- абоненты имеют возможность вести передачу сообщений после установления соединения независимо от нагрузки, поступающей от других абонентов.



*КС - коммутационная система*                      *АЧ - адресная часть*  
*УУ - устройство управления*                      *ИЧ - информационная часть*

Рисунок 11 – Коммутация каналов

*Недостаток.* В случае отсутствия свободных каналов в требуемом направлении вызывающий пользователь получает отказ в установлении связи, поэтому системы КК называются системами с отказами (потерями вызовов).

Потерянными вызовами называют вызовы, не закончившиеся передачей сообщения по вине коммутационной системы.

Потери оцениваются по отношению числа потерянных вызовов к общему числу поступивших и является качественным показателем обслуживания.

$$P = C_{пот} / C_{пост}$$

где  $C_{пот}$  – число потерянных вызовов;  
 $C_{пост}$  – общее число поступивших вызовов.

Установление соединения путем коммутации каналов проходит следующие фазы:

- 1) *направление заявки на соединение*, для чего вызывающий абонент с помощью вызывного устройства по абонентской линии в коммутационную систему заявку на соединение, содержащую условный адрес вызываемого абонента;
- 2) *организация сквозного физического канала* – оборудование коммутационной системы по полученной заявке осуществляет соединение соответствующих абонентских линий, если абоненты принадлежат одной коммутационной системе, или магистральных линий между коммутационными системами, к которым принадлежат участвующие в сеансе связи абоненты. После организации сквозного канала вызывающий абонент получает из коммутационной системы сигнал установления соединения, а вызываемый абонент - сигнал вызова;

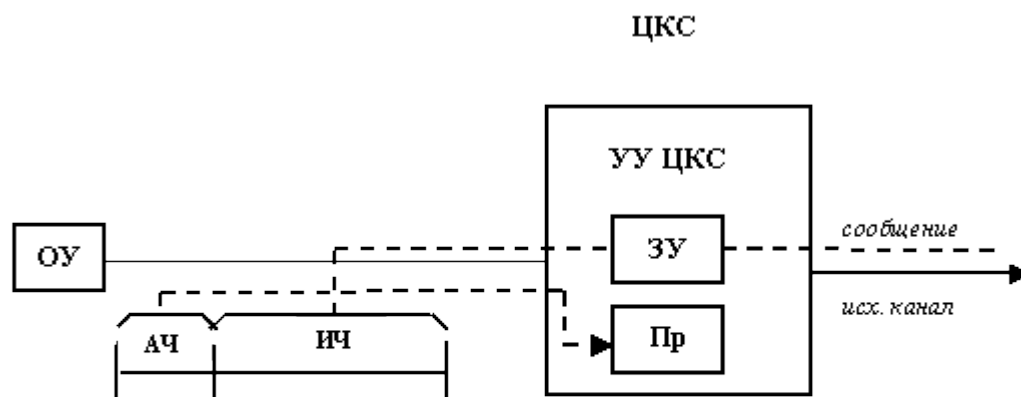
3) *передача сообщений между абонентами;*

4) *разрушение соединения* - после завершения сеанса передачи и получения от абонента сигнала отбоя аппаратура коммутационной системы разрушает установленное соединение.

Коммутация с запоминанием

В системах с накоплением информации пользователь не получает отказа в случае отсутствия свободных каналов. Его сообщение временно записывается в память УУ коммутационной станции и выдается дальше после освобождения канала, поэтому системы с накоплением называются *системами с ожиданием*.

Известны две разновидности коммутации с накоплением:



ЦКС – центр коммутации *сообщений*  
УУ ЦКС – центр коммутации *сообщений*  
ЗУ – запоминающее устройство  
Пр - процессор

Рисунок 12 – Коммутация сообщений

1) **Коммутация сообщений** - в системах с накоплением информации пользователь не получает отказа в случае отсутствия свободных каналов. Его сообщение временно записывается в память УУ коммутационной станции и выдается дальше после освобождения канала, поэтому системы с накоплением называются *системами с ожиданием* (рисунок 12). Данный метод нашел применение на телеграфной сети общего пользования.

2) **Коммутация пакетов** – исходящее сообщение делится на «пакеты», каждый из которых содержит часть полезной информации и заголовок (рисунок 13). Заголовок первого пакета содержит характеристику сообщения: адреса исходящего, входящего пунктов,

количество пакетов в сообщении и другое. В остальных пакетах в заголовок может включаться идентификатор, определяющий принадлежность пакета к сообщению, порядковый номер пакета.

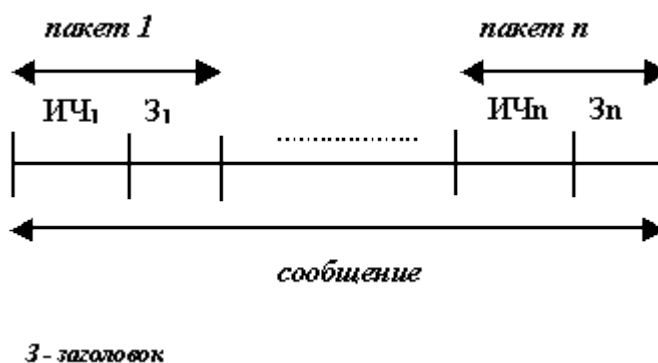


Рисунок 13 – Коммутация пакетов

Существуют два способа доставки сообщений:

- *дейтаграммный (датаграммный)*, при котором пакеты движутся по сети независимо друг от друга любыми свободными маршрутами;
- *виртуальное соединение*, при котором передача сообщений идет в виде последовательности связанных в цепочки пакетов через память управляющих устройств центров коммутации пакетов (ЦКП), функции которых могут выполнять современные цифровые системы коммутации (ЦСК). Данный способ позволяет соединить достоинство метода коммутации каналов (передачу сообщений в естественной последовательности) и достоинство метода коммутации пакетов (высокую скорость передачи сообщений).

Для коммутации сообщений характерны следующие фазы установления соединения:

- 1) *направление заявки на соединение* – вызывающий абонент передает в ЦКС сообщение вместе с условным адресом вызываемого абонента;
- 2) *запоминание сообщения* – в ЦКС сообщение запоминается, а и по адресу определяется канал передачи;
- 3) *передача сообщения*.

Если канал к соседнему ЦКС свободен, то сообщение немедленно туда передается, где повторяется та же операция. Если канал к соседнему ЦКС занят, то сообщение хранится в памяти до освобождения канала.

Сообщения устанавливаются в очередь по направлениям передачи с учетом категории срочности.

Для коммутации пакетов присущи следующие фазы установления соединения:

1) *Направление заявки на соединение* – вызывающий абонент передает в ЦКП сообщение вместе с условным адресом вызываемого абонента.

2) *Представление сообщения в виде пакетов*. Если разбиение на пакеты происходит в ЦКП, то дальнейшая передача пакетов осуществляется по мере их формирования, не дожидаясь окончания приема в ЦКП всего сообщения.

3) *Передача пакетов*. Если канал к соседнему ЦКП свободен, то пакет немедленно передается на соседний ЦКП, где повторяется та же операция. Если канал к соседнему ЦКП занят, то пакет определенное время может храниться в памяти УК до освобождения канала.

В таблице 1 приведены для сравнения характеристики сетей с различными методами коммутации.

Таблица 1.2 – Сравнительная характеристика сетей с различными методами коммутации

Коммутация каналов	Коммутация сообщений	Коммутация пакетов
Реализуется на базе временного прямого электрического соединения	Отсутствует прямое электрическое соединение	Отсутствует прямое электрическое соединение
Отсутствует накопление сообщений	Сообщение накапливается во внешнем запоминающем устройстве	Накапливаются небольшие части сообщений в оперативном запоминающем устройстве
Возможен обмен в реальном времени, возможен диалог	Диалог невозможен	Диалог возможен
Тракт организуется на время длительности одного соединения	Тракт устанавливается для каждого сообщения между соседними ЦКС	Тракт устанавливается для каждого пакета или на время сеанса
Основная задержка - при установлении соединения	Основная задержка - при передаче	Небольшие задержки при установлении соединения и передаче
Сеть работает как система с отказами	Сеть работает как система с ожиданием	Сеть работает как система с ожиданием и отказами



При перегрузке имеют место отказы	При перегрузке возрастают задержки в доставке	При перегрузке возрастают задержки в доставке, но они существенно меньше, чем в сетях с КС. Также возникают и отказы, но вероятность их на порядок меньше, чем в сети с КК
Защита сообщений выполняется пользователем	Основные функции защиты реализуются в сети	Основные функции защиты реализуются в сети
Невозможны преобразования скоростей, кодов, форматов	Возможны преобразования скоростей, кодов, форматов	Возможны преобразования скоростей, кодов, форматов
Экономичная сеть при низких объемах нагрузки	Экономичная сеть при больших объемах нагрузки	Экономичная сеть при больших объемах нагрузки

## 1.6. Стандартизация в области телекоммуникаций

Одной из проблем при построении и дальнейшей эксплуатации телекоммуникационных сетей является совместимость оборудования различных производителей. Кроме того, для эффективного функционирования различных элементов сетей необходимо использование единых протоколов их взаимодействия. С этой целью организациями по стандартизации в области телекоммуникаций ведется разработка соответствующих стандартов. Членами таких организация, как правило, являются государственные учреждения и известные фирмы-производители разных стран. Выпуск стандартов происходит в несколько этапов: разработка проектов стандартов, голосование и официальный выпуск. Наиболее известными организациями стандартизации в области телекоммуникаций являются [13]:

1) *Международный союз электросвязи МСЭ (ITU – International Telecommunications Union)*, который осуществляет координацию работ по стандартизации в телекоммуникациях и в настоящее время включает в себя три сектора:

- *ITU-T* – сектор стандартизации по телекоммуникациям, организованный для разработки стандартов в области телекоммуникаций (стандарты

называются *рекомендациями*, которые объединяются в серии, обозначаемые латинскими буквами с соответствующим порядковым номером);

- *ITU-R* – сектор радиосвязи, который рассматривает вопросы радиосвязи и координирует распределение частот для радио- и телевизионных служб, спутниковой связи, а также рассматривает технические аспекты мобильной связи;

- *ITU-D* – сектор развития, который решает вопросы экономического, социального и культурного развития.

2) ***Международная организация по стандартизации (OSI - International Standards Organization)***, которая является автором стандартом в различных областях деятельности, включая стандарты по телекоммуникациям (например, эталонная модель взаимодействия открытых систем ЭВОС).

3) ***Европейская конференция администраций почт и электросвязи (CEPT – Conference of European Posts and Telegraphs)***, в сферу деятельности которой входит кооперация участников телекоммуникационного рынка, а также стандартизация по техническим и организационным вопросам.

4) ***Европейский институт в области стандартизации в области телекоммуникаций (ETSI – European Telecommunications Standards Institute)***, который был создан организацией СЕРТ и, который определяет техническую политику в области телекоммуникаций для стран-членов Европейского сообщества.

5) ***Институт инженеров по электротехнике и электронике (IEEE – Institute of Electrical and Electronic Engineers)***, которая является организацией по разработке стандартов для сетей (наиболее известным стандартом является стандарт для локальных вычислительных сетей LAN).

6) ***Американский национальный институт стандартизации (ANSI – American National Standards Institute)***, который является координирующим органом групп по стандартизации в США. Наиболее известными группами по стандартизации в США являются:

- *TIA (Telecommunication Industrial Association)* – ассоциация телекоммуникационной промышленности;

- *EIA (Electronic Industrial Association)* – ассоциация электронной промышленности.

7) ***Федеральная комиссия по связи (FCC – Federal Communication Commission)***, которая является правительственной организацией в США, занимающейся регулированием в отрасли связи, в том числе распределением спектра радиочастот.