

**УЗБЕКСКОЕ АГЕНСТВО СВЯЗИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ  
ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Кафедра ТС И СК**

**Учебное пособие  
по дисциплине:**

**«ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СЕТИ»  
для студентов направления образования  
5522300 - Телекоммуникации**

**Ташкент 2008 г.**

## Предисловие

Мир информации пронизывает всю деятельность общества, от каждого отдельного человека и до глобальных экономических и социальных систем, воздействующих на жизнь всего человечества.

Использование информации в личной жизни, в социальных и экономических процессах, в науке и других сферах человеческой деятельности является одним из важнейших факторов, обеспечивающих возможность функционирования общества.

Чтобы обеспечить возможность передачи и распределения информации между миллионами и сотнями миллионов источников и потребителей информации, используется сети связи, построенные на основе различных технических устройств: транспортных средств для перевозки письменной и печатной продукции, линий связи для передачи электрических сигналов, механических, электронных и цифровых устройств для распределения этих сигналов и направления их по адресам, и наконец терминальных устройств для сопряжения источников и приемников информации с телекоммуникационными сетями.

Настоящее время характеризуется тем, что на телекоммуникационных сетях идет активная цифровизация информационных потоков с высокими скоростями передачи цифровых потоков разного назначения.

# 1. ОБЩАЯ СТРУКТУРА СЕТЕЙ СВЯЗИ

## 1.1. Объединенная телекоммуникационная сеть Республики Узбекистан

В Республике Узбекистан для наиболее полного удовлетворения потребностей народного хозяйства и населения страны в услугах связи создается общегосударственная система связи (ОСС), объединяющая все общегосударственные системы связи страны по организационному, техническому, методологическому и другим признакам в единую систему. Для того, чтобы более ясно представить данную систему, необходимо построить некоторый класс описаний, каждое из которых способно охватить лишь некоторые аспекты целостности системы. В качестве основания для одного из таких описаний ОСС примем виды связи.

I. По видам электрической связи в ОСС можно выделить следующие подсистемы: СТФС- автоматизированной телефонной связи; СТГС - автоматизированной телеграфной связи; СПД- передачи данных; факсимильной связи СФС; передачи газет СПГ; распределения сигналов телевизионных программ СРТП; распределения сигналов программ звукового вещания СРПЗВ.

СТФС – предназначена, для удовлетворения потребностей населения учреждений, организаций и предприятий в передаче приеме телефонных сообщений в пределах страны. Система обеспечивает выход на ведомственные телефонные сети, международную телефонную сеть, а так же с абонентами подвижных объектов.

СТС – обеспечивает передачу документальных сообщений, представленных в виде буквенно-цифрового текста.

СПД – обеспечивает передачу данных широкому кругу предприятий и учреждений страны, а так же служит для удовлетворения нужд автоматизированных систем управления (АСУ).

Общегосударственная система факсимильной связи СФС – обеспечивает передачу неподвижных черно-белых, полутоновых и штриховых изображений в виде фотографий, рисунков, графиков, карт, чертежей, печатных, машинописных и рукописных материалов на любом языке и с любым алфавитом, нанесенных на бланки типовых размеров.

СПГ – общегосударственная система передачи газет – предназначена для передачи оригиналов – оттисков центральных газет.

### Средства обеспечения ОТС.

Все средства, обеспечивающие нормальное функционирование ОТС, можно разделить на средства технического, программного, методического, информационного и организационного обеспечения.

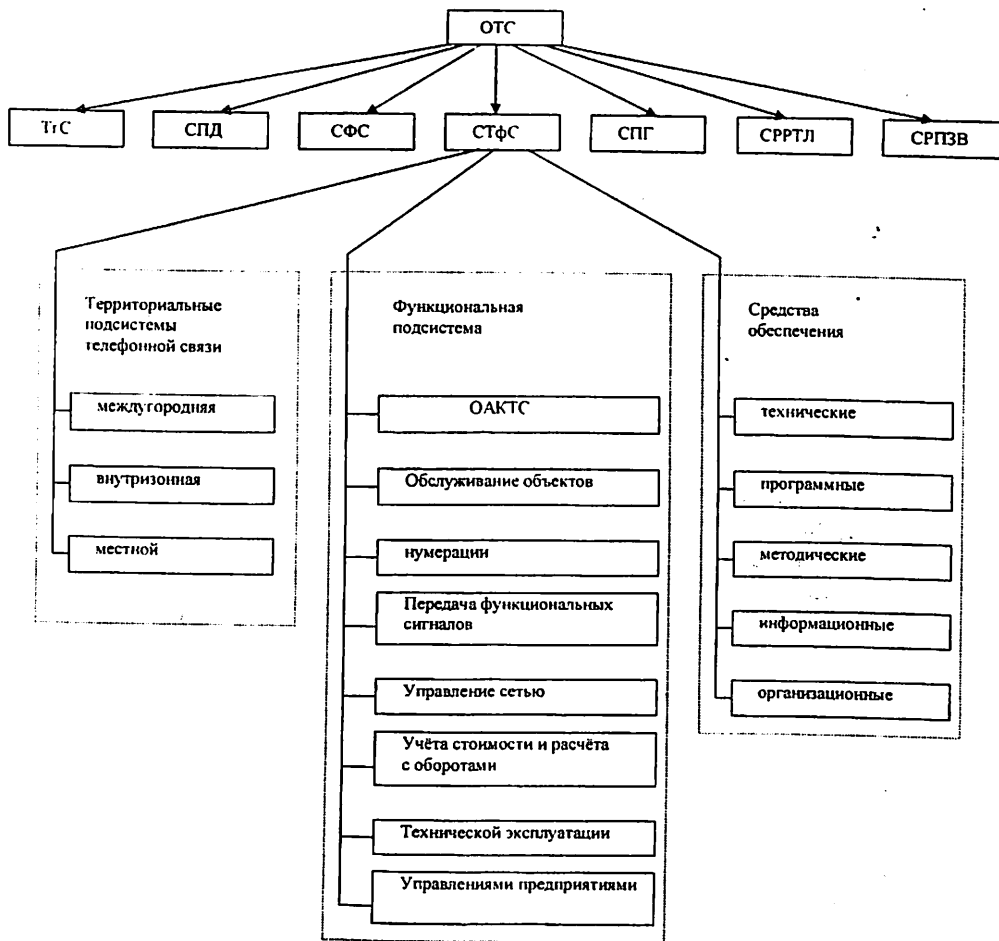


Рис.1.1. Структура телефонной сети связи.

Техническое обеспечение – ОСС – совокупность устройств и систем связи, электронных вычислительных машин и систем, линейных и гражданских сооружений, объединенных в единый комплекс технических средств. Программное обеспечение – совокупность операционных систем, трансляторов, компиляторов, пакетов прикладных программ.

Методическое обеспечение – совокупность методов, алгоритмов, правил, нормативов, инструкций, регламентирующих взаимодействие технических

средств. Информационное обеспечение включает: описание аппаратуры, справочные данные. Организационное обеспечение включает: инструкции, руководящие материалы, приказы, штатные расписания.

Более подробно остановимся на изучении структуры построения СТФС.

По признаку СТФС разделяется на систему междугородной, внутризоновой и местной телефонной связи. Протяженность линий при междугородной связи – 12500 км, при внутризоновой связи 1400 км, при местной связи – нескольких десятков километров. Системы различаются числом абонентов, для обслуживания которых они создаются и телефонным тяготением.

Примерно 90% исходной телефонной нагрузка замыкается на местной сети, а около 50% нагрузки поступает на АМТС. Рассмотрим территориальные признаки построения СТФС.

### Принцип построения национальных сетей связи

Одним из примеров построения национальной телекоммуникационной телефонной сети может служить ОАКТС (общегосударственная автоматическая коммутируемая телефонная сеть).

Вся территория союза была разделена на 12 транзитных территории.

На каждой такой транзитной территории устанавливался узел автоматической коммутации первого класса УАК-1, предназначенный для установления только транзитных соединений.

Все УАК-1 связаны между собой по принципу «каждый с каждым».

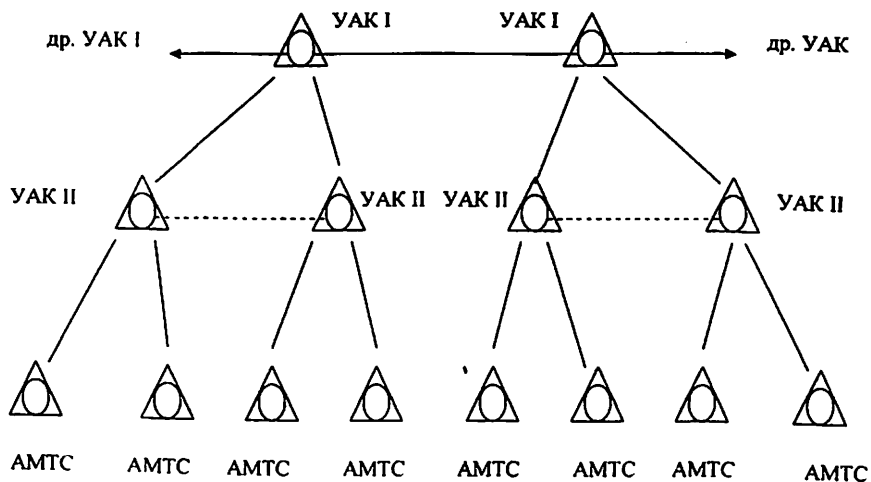
На территории каждой такой транзитной территории устанавливаются узлы автоматической коммутации второго класса УАК-П, если технико-экономическое обоснование подтвердит целесообразность замыкания нагрузки группы АМТС через УАК-П.

Число УАК в соединительном тракте между любыми двумя АМТС, расположенными на территории страны, не должно превышать четырех. Это вызвано требованием, что число коммутируемых участков в тракте должно быть не более 11.

Самый длинный путь по числу коммутируемых участков между АМТС называется путем последнего выбора (ППВ):

АМТС - УАК-П - УАК-1 - УАК-1 - УАК-П - АМТС

Схема организации связи в ОАКТС может быть представлена следующим образом:



Если между двумя АМТС существует достаточно большое тяготение, то между этими АМТС организуются непосредственные пучки каналов.

Эти пучки обеспечивают обслуживание 80-90% всей поступающей на них нагрузки.

Это кратчайший путь обслуживания нагрузки.

Такие пучки линий называются пучками прямого пути.

Оставшаяся, необслуженная, нагрузка называется избыточной (10-20%) и направляется по обходным путям.

Всего для каждого соединения должно быть организовано помимо прямого пути до 3-х обходных путей, включая путь последнего выбора (ППВ). Соединительные пути выбираются в порядке увеличения длины путей:

- прямой путь (самый короткий) АМТС-1 - АМТС-2;
- первый обходной путь АМТС-1, УАК-II своей территории, АМТС-2;
- второй обходной путь АМТС-1, УАК-II другой территории, АМТС-2;
- путь последнего выбора АМТС-1, УАК-I и УАК-II своей территории, УАК-I и УАК-II другой территории, АМТС-2.

На рис 1.2 показана схема организации связи между двумя АМТС.

В состав сети ОАКТС входило 172 зоны, объединенные в 12 транзитных территории. В каждой транзитной территории размещался УАК-1.

Все УАК-1 были связаны между собой по способу «каждый с каждым».

В соответствии с дальней перспективой предполагалось, что число зон на сети ОАКТС должно было возрасти до 400.

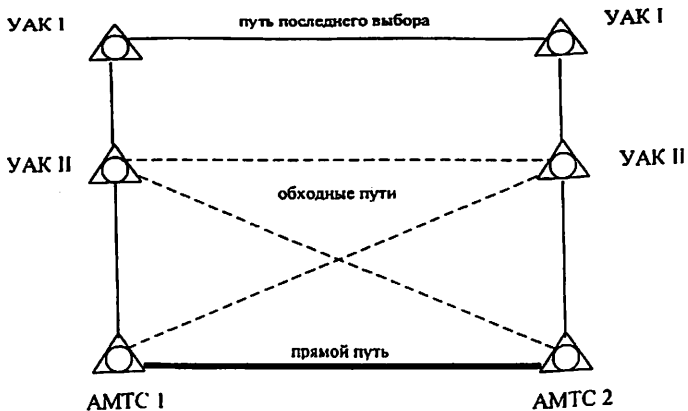
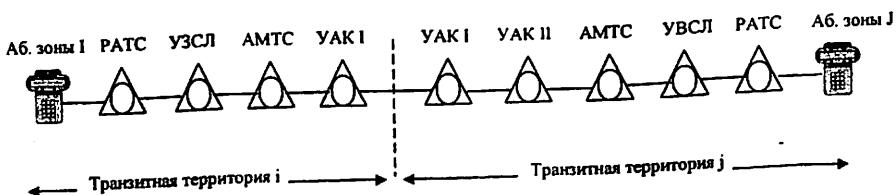


Рис. 1.2. Схема организации связи между двумя АМТС

Поэтому выбор АМТС зоны осуществлялся набором трех знаков АВС. Например, Москва – 095, Ленинград – 812, Ташкент – 371, Алма-Аты – 327 и т.д. Для организации соединительного тракта между двумя любыми оконечными терминалами ОАКТС необходимо выполнить следующий набор знаков номера:

$\underbrace{8}$  –  $\underbrace{ABC}$  –  $\underbrace{ав}$  –  $\underbrace{X - XXXX}$   
 Индекс выхода на АМТС      код зоны      № местной телефонной сети или внутризоновой сети      № аб. линии на местной телефонной сети

При этом наборе может быть скомутирован нижеприведенный тракт:



Из сети ОАКТС выделилась в самостоятельную национальную сеть Объединенная телекоммуникационная сеть Республики Узбекистан (ОТС РУз). ОТС РУз представляет собой сеть 13 телекоммуникационных зон (12 областей и Каракалпакстан). На сети ОТС РУз функционируют один УАК-1 (г.Ташкент.) и три УАК-П (в г.г. Намангане, Бухаре, Самарканде). В связи с выделением телекоммуникационной сети РУз в самостоятельную национальную сеть изменился порядок набора номера при выборе абонента ОТС РУз и абонента ОАКТС. Причем в настоящее время сеть ОАКТС для России переименована во Взаимосвязанную сеть связи (ВСС). Организация связи между абонентами ОТС РУз и ВСС в настоящее время (переходный период) осуществляется по старому набору, соответствующему сети ОАКТС и новому набору, соответствующему кодам соответствующих государств. Для России код государства остался «7», а РУз присвоен код «998»(при наборе старого кода для РУз остается «7»). Развитие телекоммуникационных сетей РУз основано на Законе и телекоммуникациях ОТС РУз. Основная структура ОТС РУз в плане наличия крупных узлов коммутации представлена на рисунке ниже:

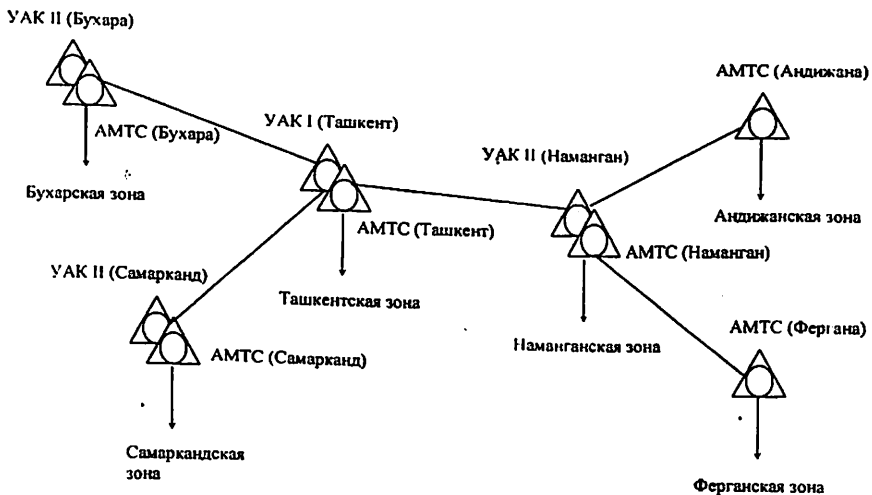


Рис. 1.3. Национальная сеть РУз

Для организации связи между абонентами ВСС и ОТС РУз необходимо выполнить следующий набор:

- исходящая связь от абонентов ОТС РУз к абоненту
- ВСС – 8 - АВС - ав - х - хххх
- входящая связь к абоненту ОТС РУз (старый набор)



- 8 - ABC - ав - х - хxxx
- входящая связь к абоненту ОТС РУз (перспективный новый набор) –  
0 - 0 - αβχ - ВС - ав - х - хxxx

## ЗОНОВЫЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СЕТИ

Зоновые телекоммуникационные сети связи (ЗТС) – это совокупность местных сетей связи, устройств и сооружений, предназначенных для установления соединений между абонентами разных местных телефонных сетей одной области (зоны). Признаком зоны – единая семизначная зонавая нумерация абонентских линий (зоны). Территория зоны – это территория одной области (Ташкентская, Наманганская и т.д.) или государства, не имеющего областного деления либо маленькие по площади.

На территории одной зоны строится одна или несколько АМТС (чаще одна).

Рассмотрим структуру Ташкентской зоны ОТС РУз. Она состоит из телекоммуникационной сети ГТС областного центра (ГТСоц), ГТС областного подчинения (ГТСоп) и сельских телефонных сетей. ГТСоц, ГТСоп, СТС представляют собой местные телефонные сети зоны, количество которых определяется знаками «ав» общей структуры междугородного номера и, следовательно, количество их может быть до 100.

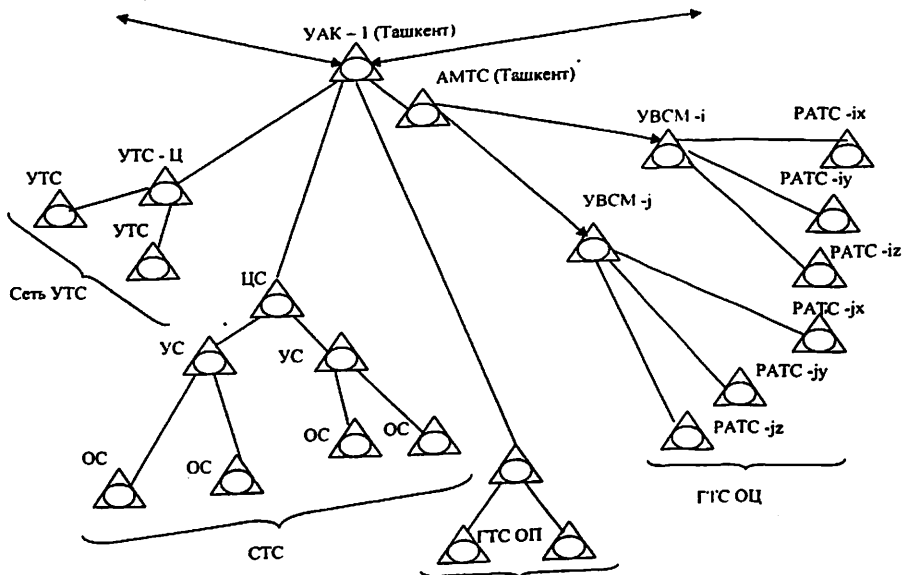


Рис. 1.4. Ташкентская зона

Любому абоненту зоны присваивается семизначный номер в соответствии со структурой:

ав	-	х - хххх
номер местной		номер абонентской
телефонной	сети в зоне	линии на местной телефонной сети

Емкость зоны составляет 8.000.000 номеров максимум.

Нумерация абонентских линий на местных сетях будет следующая:

- абоненты ГТС областного центра х - хххх при емкости сети менее 80.000 номеров;

vx - хххх при емкости сети менее 800.000 номеров;

авх - хххх при емкости более 800.000

номеров;

- абоненты ГТС областного подчинения х - хххх;

- абоненты сельских сетей - ххххх.

Внутризоновый номер абонентских линий имеет следующую структуру: ав - ххххх.

Номер абонентской линии на национальной сети имеет следующую структуру:

- существующий - АВС - ав - ххххх;

- перспективный - ВС - ав - ххххх.

Код национальной сети ОТС РУз - «998».

Максимальная емкость одной зоны в плане количества местных телефонных сетей определяется знаками «ав» номера и может быть равно 100. Например, Ташкентская зона в 1987г. состояла из 22 местных телефонных сетей (без Ташкентской ГТС). На 1.10.99г. количество местных телефонных сетей увеличилось до 32.

При автоматизации ВЗТС (Внутри зонавая телефонная сеть) выбор любого абонента любой местной телефонной сети осуществляется набором:

- существующий набор 8 - 2 - ав - ххххх;

- перспективный набор 0 - 2 - ав - ххххх.

На 1.03.93г. в 9 областях РУз внутризонавая телефонная связь была автоматизирована на 75%. Доля внутризонавого обмена в общем объеме составляла порядка 50%, внутриреспубликанский - 30%. Доля обмена на страны СНГ и дальше зарубежье составляла порядка 20%.

## МЕСТНЫЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СЕТИ (ГТС<sub>оц</sub>, ГТС<sub>оп</sub>, СТС)

Телефонные сети, создаваемые на территориях городов или сельских районов, называются местными телефонными сетями.

Способ построения местных телефонных сетей зависит от числа абонентов местных телефонных сетей, размеров территории и размещения абонентов на ней.

СТС – это местные телефонные сети, обеспечивающие телефонной связью абонентов на территории сельского административного района.

На сельской телефонной сети используются следующие виды систем распределения:

- Центральная станция (ЦС), расположенная в райцентре, является основным коммутационным узлом данного района и одновременно выполняет функции телефонной станции райцентра.

- Узловые станции (УС), расположенные в любом населенном пункте данного сельского района. В узловые станции включается «n» оконечных станций, относящихся к одному узловому району.

- Оконечные станции (ОС), расположенные в любом из населенных пунктов сельского района. Соединительные линии от ОС в зависимости от способа построения сети включаются в ЦС или УС. Сельские телефонные сети строятся либо по радиальному, либо по радиально-узловому способу. Радиальный способ построения СТС – это такой способ, при котором все ОС включаются непосредственно в ЦС. При этом обеспечивается минимальное затухание телефонного тракта между абонентскими терминалами разных систем распределения, упрощается станционное оборудование и ускоряется процесс установления соединений

Радиально-узловой способ построения СТС – это такой способ построения при котором оконечные станции включаются в ближайшие УС, а УС включаются в ЦС. Этот способ позволяет укрупнять пучки соединительных линий с целью лучшего их использования и применяется при условии технико-экономической целесообразности узлообразования(рис.1.5 б).

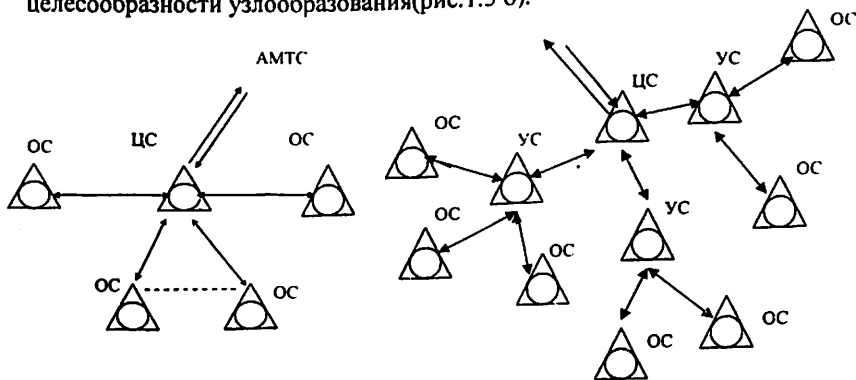


Рис. 1.5. а) Радиальный способ, б) радиально-узловой способ

Комбинированный способ построения СТС используется исходя из конкретных условий и позволяет часть ОС включить в ЦС напрямую без УС, другую часть через УС.

В случае значительного тяготения между станциями и узлами может оказаться экономически целесообразным организовать на СТС поперечные связи.

Все междугородные соединения абонентов СТС осуществляются через ЦС независимо от способа установления соединений (ручной, полуавтоматический или автоматический).

Нумерация абонентских терминалов на СТС при организации местной связи  
- XXXXX.

Внутризоновый номер абонентского терминала СТС  
- ав - XXXXX.

Междугородный номер абонента СТС на национальной телекоммуникационной сети РУз

- ABC - ав - XXXXX - (существующий номер);

- BC - ав - XXXXX - (перспективный номер).

Международный номер абонента СТС

- 7 - ABC - ав - XXXXX - (существующий номер);

- 998 - BC - ав - XXXXX - (перспективный номер).

ГТС – городские телефонные сети относятся к числу местных телефонных сетей и могут подразделяться на ГТС областного центра и ГТС областного подчинения.

Существуют следующие способы построения городских телефонных сетей:

- нерайонированная сеть ГТС, в этом случае на сети существует только одна АТС и все оконечные терминалы включены в эту АТС;

- районированная сеть ГТС, при которой территория города разделена на несколько телефонных районов, в каждом из которых установлена АТС. Связь между АТС организуется по способу «каждая с каждой». Максимальная емкость сети при этом способе построения сети равна 80.000 номеров. Нумерация оконечных терминалов пятизначная (XXXXX);

- районированная телефонная сеть с узлами входящих сообщений (УВС), в которых связь систем распределения (АТС) в пределах узлового района осуществляется по способу «каждая с каждой», а со станциями других узловых районов – через узлы входящих сообщений (УВС) соответствующих узловых районов;

- районированная телефонная сеть с узлами входящих сообщений (УВС) и с узлами исходящих сообщений (УИС). При этом способе связь между АТС в пределах одного узлового района осуществляется по способу «каждая с каждой», а со станциями других узловых районов через узел УИС своего УР и узел УВС узлового района, где расположена вызываемая АТС.

Рассмотрим примеры построения сетей:  
Сеть «каждая с каждой» при числе АТС  $n = 4$  (рис. 1.6)

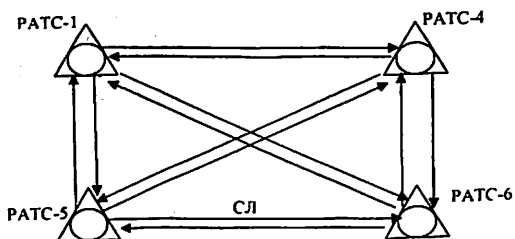


Рис.1.6. Соединение ПАТС "каждая с каждой"

Общее количество пучков соединительных линий определяется по формуле:

$$\rho = n \text{ атс}(n - 1), \text{ для нашего примера } \rho = 12. \quad (1.1)$$

Максимальное количество "n" АТС при таком способе построения сети равно 8. Однако уже при количестве АТС 5-6 и дальнейшем увеличении числа АТС сеть строится по способу "с УВС", т.к. в этом случае способ "каждая с каждой" становится экономически нецелесообразным.

Если, например, число АТС "n" = 20, то число пучков соединительных линий при организации связи по способу "каждая с каждой" в соответствии с формулой выше будет равно  $20 \times 19 = 380$ . Это значит, что при увеличении числа АТС в 5 раз ( $20 : 4$ ), число пучков соединительных линий увеличивается почти в 32 раза ( $380 : 12$ ).

Следовательно, способ организации связи «каждая с каждой» можно использовать при малом количестве АТС на сети. Поэтому этот способ используется для построения сетей ГТС областного центра и областного подчинения при емкостях сетей меньше 80.000 номеров. Нумерация абонентских линий в этом случае будет:

- местная связь X - XXXX  
индекс АТС № аб.линии в АТС
- внутризональная связь ав - X - XXXX  
индекс местной сети в зоне номер абонентской линии на местной тлф.сети
- междугородный номер ABC - ав XXXXX (существующий)  
BC - ав XXXXX (перспективный)
- международный номер 7  
код зоны внутризональный номер аб.линии  
ABC - ав XXXXX (существующий)

998 ВС - ав ХХХХХ (перспективный)

код страны номер аб.линии на нац-й сети

Сети с узлами УВС. При таком способе построения сети ГТС территория города делится на узловые районы (число которых может не соответствовать числу административных районов). Количество организуемых узловых районов принимается согласно технико-экономическому обоснованию по наименьшей стоимости. Рассмотрим схему организации связи на примере двух узловых районов, в которых имеется по три АТС (рис 1.7).

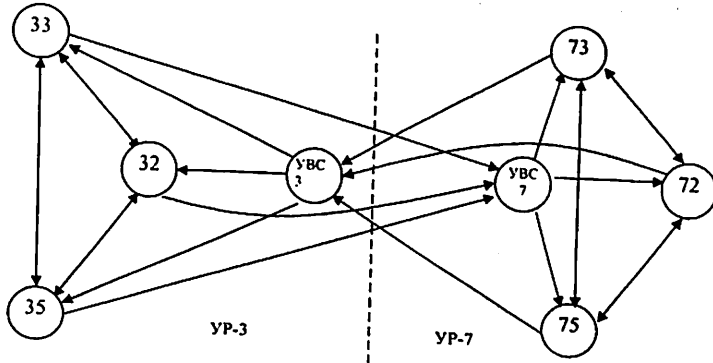


Рис. 1.7. Телекоммуникационная сеть с УВС

Проанализируем структуру такой сети, которая характеризуется тремя разновидностями пучков соединительных линий:

- пучки линий для организации связи между всеми РАТС и всеми узлами УВС, за исключением своего узлового района -  $p_1$ ;
- пучки линий между УВС и РАТС своего узлового района -  $p_2$ ;
- пучки линий между РАТС каждого узлового района -  $p_3$ .

Количество пучков каждого вида определяется по следующим формулам:

-  $p_1 = n \times (v - 1)$

-  $p_2 = v \times k$

-  $p_3 = v \times k \times (k - 1) = n \times (k - 1)$ , где « $v$ » - количество узловых районов;

- « $k$ » - количество АТС в узловом районе;

- « $n$ » - общее количество АТС на сети.

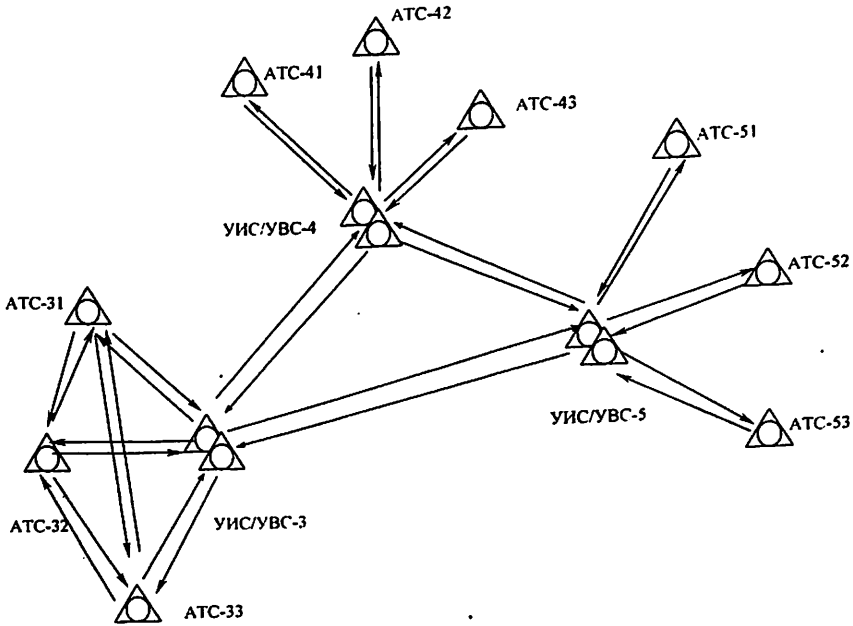
Нумерация абонентских терминалов при организации местной связи имеет следующую структуру

в - X - ХХХХ

индекс узла № АТС № аб.линии в АТС

Нумерация абонентских терминалов будет такой же, как и в предыдущем междугородной и международной связи будет такой же, как и в предыдущем случае.

При дальнейшем увеличении емкости сети организуются узлы исходящих сообщений (УИС). В этом случае для организации связи между двумя АТС разных узловых районов соединительный тракт содержит УИС исходящего узлового района и УВС другого входящего узлового района. Рассмотрим схему организации связи на сети ГТСоц при наличии УВС и УИС. (рис 1.8)



1.8. Телекоммуникационная сеть с УИС/УВС.

Приняв обозначения, принятые в предыдущем примере, можно привести формулы для определения числа разных пучков линий:

- $p_1 = v \times (v - 1)$
- $p_2 = 2v \times k = 2n$
- $p_3 = v \times k \times (k - 1) = n \times (k - 1)$

Из схемы организации связи Рис. 1.8 видно, что число пучков соединительных линий значительно уменьшается по сравнению с числом пучков соединительных линий двух предыдущих схем.

В случае большого тяготения между коммутационными узлами разных узловых районов (к одной АТС или нескольким АТС) между соответствующими коммутационными узлами организуются укороченные пути (например между АТС  $i$  и  $j$ ). (рис 1.9)

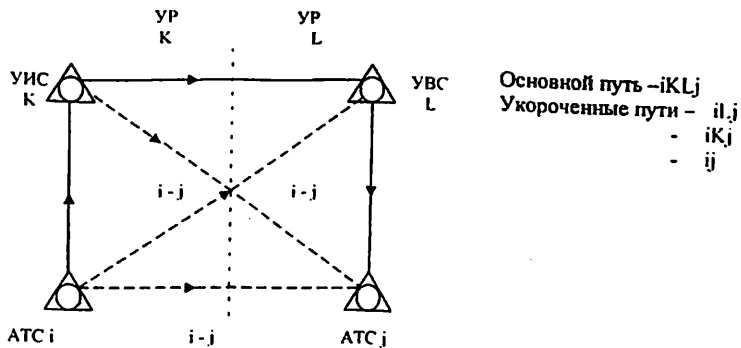


Рис. 1.9. Организация соединения между АТС<sub>i</sub> и АТС<sub>j</sub>

В этом случае организуется основной путь замыкания телефонной нагрузки через УИС и УВС и укороченные пути (минуя или УИС, или УВС, или УИС и УВС).

Нумерация окончных терминалов на сетях с УИС и УВС при организации местной связи должна иметь следующую структуру:

- ав - X - XXXX

номер УР индекс АТС № аб. линии в АТС

Структура номера при организации внутризонавой, междугородной и международной связи будет такой же как и в предыдущих случаях.

В настоящее время на телекоммуникационных сетях активно внедряются цифровые системы коммутации (ЦСК). Аналоговая сеть ГТСоц г. Ташкента до внедрения ЦСК имела структуру «сети с УВС» с шестизначной нумерацией абонентских терминалов. Развитие телекоммуникационной сети ГТСоц г. Ташкента осуществляется реконструкцией морально и технически устаревших аналоговых систем и строительством новых ЦСК. Для организации высококачественной связи между новейшими АТС построена наложенная цифровая сеть на базе ВОЛС (связь - «кольцо»). Со строительством кольцевой схемы телекоммуникационная сеть ГТС г. Ташкента представляет собой основное «кольцо» с тремя тандемными станциями, расположенными на АТС-137, 162, 191. Тандемные станции позволяют выполнять аналога - цифровое и обратное преобразование. Помимо основного кольца предусматривается строительство



нескольких малых узловых колец, подключающихся к основному кольцу через опорные станции.

По функциональному признаку СТФС выделяются следующие подсистемы: совокупность технических средств для осуществления телефонной связи, которая называется ОАКТС.

ОАКТС обеспечивает выполнение следующих основных функций: преобразования звуковых колебаний в электрические сигналы и обратного преобразования; выбора и установления пути для передачи электрических сигналов. Для осуществления этих функций телефонная сеть содержит телефонные аппараты, телефонные станции и УАК, линии и аналоговые, цифровые каналы телефонной сети.

Система обслуживания абонентов - определяется в зависимости от категории абонентов, их права и обеспечивает каждому абоненту соответствующие возможности в осуществлении телефонной связи.

Система нумерации - позволяет выбрать на телефонной сети требуемого абонента.

Система передачи функциональных сигналов определяет состав, параметры, порядок и возможность передачи сигналов, обеспечивающих нормальную работу устройств автоматической коммутации.

Система управления сетью регламентирует и обеспечивает заданное качество обслуживания абонентов в нормальных условиях работы сети.

Система учета стоимости разговоров и расчета с абонентами определяет правила расчета за пользование телефонной связью.

Система технической эксплуатации телефонных сетей определяет правила технического обслуживания и обеспечивает нормальное функционирование всех устройств телефонной сети при наименьших затратах труда, денежных средств, материалов и оборудования.

Система планирования и организационного управления предприятиями связи обеспечивает такое взаимодействие многочисленных трудовых процессов, выполняемых людьми с привлечением соответствующих средств.

### **Основные требования к телефонной сети**

Требования, предъявляемые к СТФС, можно разделить на две группы: общие требования к системе в целом и частные требования к подсистемам СТФС.

1. Эффективность - СТФС являются требования народно-хозяйственной и социальной эффективности. Народно-хозяйственная эффективность телефонной связи в первую очередь проявляется в экономии рабочего времени, социальная - в увеличении фонда свободного времени и повышении эффективности его использования.

2. Способность к развитию СТФС должна функционировать и совершенствоваться как развивающаяся система, т.е. обладать свойством

наращиваемости – способностью к развитию без нарушения процесса выполнения основных функций. Нарращиваемость – это увеличение числа ТА, станций, узлов и предоставление новых видов услуг. Изъятие из состава системы физически и морально устаревших средств. Способность СТФС к развитию должна закладываться в систему уже на стадии проектирования.

3. Совместимость. Совместимость можно рассматривать внешнюю и внутреннюю. Внешняя совместимость – СТФС как подсистема ОТС должна функционировать совместно с другими ее подсистемами. А также СТФС является подсистемой всемирной системы телефонной связи и, следовательно, должна быть функционально совместима с другими национальными системами телефонной связи. Требование внутренней совместимости означает, что новые средства СТФС должны быть функционально совместимы с существующими системами.

4. Качество. Основными показателями качества продукции телефонной связи являются точность воспроизведения сообщения, высокая скорость и скрытность доставки сообщений, высокая надежность средств телефонной связи.

Точность воспроизведения сообщений – Для обеспечения необходимой точности воспроизведения телефонных сообщений (громкости, разборчивости, натуральности) средства телефонной связи должны удовлетворять целому ряду требований (по затуханию, по числу коммутируемых участков, мощности помех).

Требования высокой скорости доставки сообщений – это минимальное время ожидания с момента возникновения потребности в телефонной связи до момента начала разговора.

## **1.2. Принципы построения сетей связи, первичные транспортные и вторичные сети. Коммутируемые и некоммутируемые сети связи**

По способу организации соединительного тракта между оконечными абонентскими устройствами сети связи делятся на коммутируемые и некоммутируемые. Коммутируемой телефонной сетью называется совокупность телефонных аппаратов, коммутационных станций и узлов, линий и каналов, обеспечивающих соединение ТА между собой на время передачи сообщения.

При проектировании и строительстве телефонной сети необходимо в первую очередь обеспечить высокую эффективность капитальных вложений, выделяемых на создание сети. Из ТРИ (теории распределения информации) известно, что поток телефонных вызовов является случайным. При увеличении интенсивности потока вызовов уменьшается относительная колеблемость числа вызовов в единицу времени. Из этого свойства можно сделать вывод, что для удовлетворения эффективности капитальных вложений на развитие сети необходимо стремиться объединять потоки вызовов с малой интенсивностью. Объединение потоков осуществляется на коммутационных станциях и узлах.

Телефонная станция – предназначена для обслуживания телефонной связью абонентов, расположенных на некоторой территории города, села.

Коммутационный узел – предназначен для установления транзитных соединений. Существуют сети без обходных направлений и сети с обходными направлениями, при этом создается избыточная нагрузка.

Различают следующие 4 основных способа построения коммутируемых телефонных сетей без обходных направлений:

- полносвязный (каждая с каждой);
- радиальный;
- радиально-узловой;
- комбинированный.

Полносвязный способ применяется в тех случаях, когда интенсивности нагрузок между станциями имеют такие значения, при которых обеспечивается достаточно высокое использование каналов. Сеть, построенная по этому способу, обладает высокой надежностью, т.к. нарушение связи между двумя станциями не нарушает работу всей сети. По такому способу строятся ГТС средней емкости.  $n$  ( $n-1$ ). На МТС при заказной системе использование каналов высокое и не зависит от емкости пучка, поэтому такой способ экономически оправдан. При скорой системе обслуживания среднее использование каналов при заданном качестве обслуживания зависит от емкости пучка.

Для повышения использования каналов строятся КУ, через которые устанавливаются транзитные соединения. Если на сети один узел и любые две станции могут соединяться через него, такой способ называется радиальным. При радиальном способе число пучков каналов равно  $2n$ , т.е. в  $(n-1) / 2$  – раз меньше, а нагрузка в  $(n-1) / 2$  больше. Недостатком этого способа является большая протяженность каналов между станциями и низкая структурная надежность сети при выходе из строя узла нарушается связность сети. Этот способ в основном используется при построении сельских и внутризоновых сетей.

Для устранения этих недостатков применяется радиально-узловой способ построения сети. При таком способе строятся коммутационные узлы нескольких классов и вводится определенная иерархия между узлами, т.е. определяется их взаимоподчиненность при установлении соединений.

На международной телефонной сети стран с большой территорией в качестве базовой структуры применяют комбинированный способ, при котором узлы первого класса соединяются между собой “каждый с каждым”.

При выборе способа построения сети, кроме экономических показателей и надежности, необходимо учитывать электрические характеристики, например, из-за возможных колебаний остаточного затухания сужения эффективно передаваемой полосы частот снижается качество обслуживания абонентов, т.к. в каждом узле происходит замедление установления соединения. Исходя из этого число узлов на сети должно быть минимальным.

Для реализации требования единства передачи информации осуществляется целый ряд организационно-технических мероприятий по разработке единых положений, норм, инструкций, типизации, унификации и стандартизации технических средств. Создание единой сети позволяет получить большой экономический эффект за счет существенного удешевления стоимости каналов связи, повышения эффективности использования каналов и коммутационного оборудования.

Важнейшим условием экономии трудовых ресурсов является автоматизация сети связи. По функциональному признаку сети связи можно разделить на средства передачи, оконечные абонентские устройства, средства коммутации и средства управления сетью.

Средства передачи – выполняют функцию переноса сигналов электросвязи в пространстве. Передача сообщений в сетях связи организуется по типовым каналам передачи и групповым трактам.

Канал передачи представляет собой совокупность технических средств и среды распространения, обеспечивающих передачу сигналов электросвязи.

Типовым каналом передачи называется канал передачи, параметры которого нормализованы. Типовой канал передачи с эффективно передаваемой полосой частот 300 +3400 Гц называется каналом тональной частоты.

Групповой тракт представляет собой совокупность технических средств, обеспечивающих передачу сигналов электросвязи или в полосе частот. Комплекс технических средств, обеспечивающих организацию типовых групповых трактов и типовых каналов передачи, называется сетевой станцией.

Комплекс технических средств, обеспечивающих организацию и транзит типовых групповых трактов и типовых каналов передачи, называется сетевым узлом. Совокупность сетевых узлов, сетевых станций и линий передачи, образующих сеть типовых каналов передачи и типовых групповых трактов, называется первичной сетью.

Оконечные абонентские устройства – преобразуют поступающую от источников информацию в электрические сигналы. К оконечным устройствам относятся телефонные, телеграфные, факсимильные аппараты, аппаратура передачи данных, радио и телевизионные приемники. Общая тенденция развития оконечных устройств заключается в применении в них средств вычислительной техники, что приводит к расширению их функций, в частности, появляются функции обработки и хранения информации. ОУ преобразуют речевой сигнал в электрический и обратно.

Средства коммутации – выполняют функции выбора и установления необходимого пути на время передачи сигналов электросвязи. Средства коммутации классифицируются по:

а) видам коммутируемых сообщений – телефонные станции, узлы, телеграфные узлы, узлы переключения;

б) территориальному признаку: УАК II, I, АМТС, ЦС, ОС, УС, на телеграфной сети – территориальные узлы коммутации (У-1), зоновые узлы (У-2), местные узлы коммутации (У-3);  
в) способу организации соединительного тракта – узлы коммутации сообщений, узлы коммутации пакетов.

Средства управления сетью предназначены для обеспечения оптимального функционирования сети при любых условиях, возникающих в процессе ее эксплуатации. Большие возможности в совершенствовании управления первичной и вторичными сетями открывает применение ЭВМ.

По территориальному признаку первичная сеть разделяется на магистральные, внутризонавые и местные сети.

Местная первичная сеть – строится на территории города или района и называется ГТС или СТС.

Внутризонавая первичная сеть – строится на территории одной зоны семизначной нумерации. Внутризонавая первичная сеть обеспечивает соединение между собой местных первичных сетей зоны.

Магистральная первичная сеть – строится на территории всей страны и соединяет между собой все внутризонавые первичные сети.

Для организации технической эксплуатации магистральной первичной сети, оперативного управления сетью и взаимодействия со всеми вторичными сетями магистральная первичная сеть страны разделена на территории, центрами которых являются территориальные сетевые узлы первого класса (ТСУ-1). ТСУ-1 располагаются на пересечении мощных кабельных и радиорелейных линий передачи. Кроме ТСУ-1 на магистральной первичной сети строятся сетевые узлы переключения первого класса (СУП-1), сетевые узлы выделения первого класса (СУВ-1) и магистральные сетевые станции (МСС). СУП-1 организуется на менее мощных кабельных и радиорелейных линиях передачи. Могут заканчиваться оконечной аппаратурой систем передачи, а для других линий передачи могут быть организованы ОУП (обслуживающие усилительные пункты). СУВ-1 организует соединительные линии для предоставления выделенных трактов и каналов передачи вторичным сетям. МСС – магистральные сетевые станции располагаются в областных, краевых, республиканских центрах страны. На рис. 1.9 показано построение магистральной первичной сети, на рис 1.10 первичная внутризонавая и местная сеть.

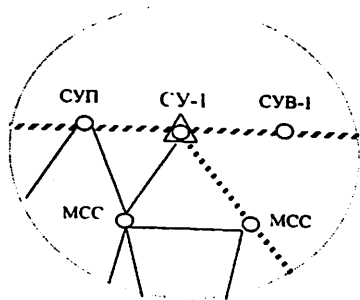


Рис.1.9. Магистральная первичная сеть

На каждой внутризональной первичной сети строятся узлы второго класса. СУП-2, СУВ-2, ТСУ-2 и ВСС – внутризональные сетевые станции на местной сети СУП-3 и СММ.

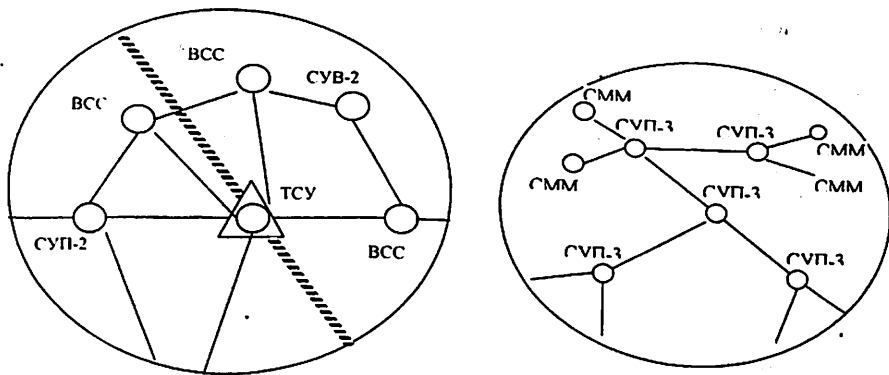


Рис.1.10. а) первичная внутризональная сеть; б) первичная местная сеть.

Сетевые узлы оборудуются аппаратурой оконечных станций систем передачи: аппаратура транзита и выделения групповых трактов и каналов; аппаратурой переключения каналов и трактов; аппаратурой промежуточных станций систем передачи; устройствами системы управления и резервирования; оборудованием электропитания. Для выполнения своих функций сетевые станции содержат аппаратуру оконечных станций систем передачи.

Системы передачи – это совокупность технических средств, обеспечивающих образовани линейного тракта, типовых групповых трактов и каналов передачи.

По способу передачи различают системы передачи с частотным и временным разделением каналов. По виду сигналов, с помощью которых передаются сообщения, системы передачи подразделяются на аналоговые и цифровые. В зависимости от используемой среды распространения различают проводные системы передачи – воздушные, кабельные, волноводные и радио системы передачи – радиорелейные, спутниковые, тропосферные.

По территориальному признаку: местные, магистральные и внутрizonовые.

Эксплуатационный контроль и техническая эксплуатация. система эксплуатационного контроля первичной сети представляет собой совокупность технических методов и средств, а также организационных мероприятий, позволяющих получить оценку состояния, определить места и причины повреждения первичной сети с целью предупреждения и оперативного устранения неисправностей.

По своему назначению эксплуатационный контроль подразделяется на непрерывный, периодический и эпизодический.

Непрерывный контроль обеспечивает автоматическое слежение за состоянием контролируемых объектов без нарушения выполняемых ими функций. Этот контроль осуществляется за линейными и групповыми трактами систем передачи, их участками, оборудованием и сооружениями. При этом используют диаграмму уровней оцениваемая по уровню токов контрольных частот, сопровождающих тракты. Это позволяет осуществлять непрерывный контроль трактов с помощью сравнительно простых и дешевых средств. А также контролируются источники и цепи питания, генераторное оборудование, помещения НУП.

Периодическому контролю подвергаются параметры линейных и групповых трактов систем передачи, изменения которых не могут быть выявлены непрерывным контролем. Полученные данные могут быть использованы для прогнозирования состояния оборудования, определения оптимальных сроков подстроек и регулировок, совершенствования оборудования и методов технической эксплуатации.

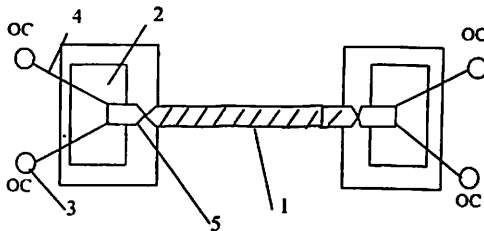
Эпизодический контроль производится по мере необходимости с целью определения причин и мест возникновения отклонений параметров контролируемых объектов от установленных норм, выявленных в процессе непрерывного и периодического контроля, а так же по заявкам потребителей. Информация поступающая из систем эксплуатационного контроля, позволяет осуществлять техническую эксплуатацию сети.

Управление. Для нормального функционирования магистральной первичной сети при любых изменениях ее состояния, эффективного использования всех возможностей сети, повышения ее надежности, роста производительности труда

обслуживающего персонала предусматривается автоматизированная система оперативного управления магистральной первичной сетью.

#### Выбор структуры первичной сети.

При построении первичной сети следует иметь в виду, что она должна отражать существующую административную структуру. Для создания первичной сети к какому-то сроку задаются: расположение (географические координаты) конечных пунктов; распределение и динамика роста информационных потоков в пространстве и во времени; требуемые или допустимые качественные показатели передачи информации; набор линий и систем передачи, которые могут быть использованы для создания первичной сети с указанием их пропускной способности и основных надежностных и технико-экономических показателей. Требуется определить вариант структуры первичной сети и пропускную способность каждой ее линии, обеспечивающие при минимальной стоимости сети прохождение заданных информационных потоков с заданной надежностью, а так же перехода от исходной сети к проектируемой. Сеть связи, построенная на базе каналов первичной сети называется вторичной сетью. Таких вторичных сетей может быть много (рис. 1.11).



- 1- система передачи первичной сети;
- 2- узлы коммутации вторичных сетей;
- 3- конечные пункты вторичных сетей;
- 4- абонентские каналы или линии;
- 5- точки обозначающие границы первичной сети.

Рис.1.11. Вторичная сеть.

Вторичная сеть определяется совокупностью:

- а) конечных устройств, преобразователей информации в электрические силы, передаваемые по индивидуальным абонентским линиям, соединительное оконечное устройство с узловым пунктом сети;
- б) коммутирующих устройств вторичной сети;
- в) каналов, выделенных из общей первичной сети в данную вторичную сеть.



Вторичные сети разделяются по признакам вида передаваемой информации (телефонии, телеграфии, передачи данных). Существуют входящие следующие вторичные сети:

1. Автоматической телефонной связи, которая одновременно может использоваться для передачи данных. факсимильной передачи, «медленного» видеотелефона.
2. Телеграфной связи между предприятиями и учреждениями отраслей промышленности.
3. Общегосударственная сеть передачи данных.
4. Передача программ телевидения.
5. Передача программ радиовещания.
6. Фототелеграфная передача газет.
7. Факсимильная связь.

Любая сеть связи является совокупностью конечных пунктов и узлов, связанных друг с другом линиями связи. Из этого следует, что конечным пунктом можно назвать любой пункт сети, в котором осуществляется ввод или вывод сообщения в данной сети.

Вторичные сети разделяются также по территориальным признакам.

Зона – это территория, на которой может быть задействована до 8 млн. абонентских номеров. Пучки прямых каналов (пути высокого использования) организуются между АМТС, когда суммарная нагрузка исходящих и входящих составляет 8-10 Эрл.

Существуют и специальные внутриведомственные сети телефонной связи. Эти абоненты тоже являются абонентами телефонной сети. Следующей по значимости вторичной сети является сеть телеграфной связи страны, объединяющая две сети: общего пользования и абонентского телеграфа, предназначенной для осуществления документальных «переговоров» между предприятиями, ведомствами и другими звеньями народного хозяйства. Одной из важнейших вторичных сетей, занимающих значительную часть первичной сети, является сеть передачи программ телевидения. Эта сеть построена на основе широкополосного телевизионного канала. Источником сообщений для этой сети является аппаратные телестудии, куда информация поступает либо из телестудии, либо от установок актуальных передач и т.п.

Через сеть междугородной передачи программ телевидения информация поступает на соответствующие телецентры, откуда она передается в эфир для приема на телевизионные приемники. Междугородная сеть передачи телевизионных программ является весьма характерным примером использования многополосного канала. Из студии через соединительную линию программа поступает в ближайший сетевой узел, откуда по каналам первичной сети, отвечаясь в сетевых узлах, поступает к тому СУ, к которому подключены радиопередающая станция, через антенну которой программа передается в эфир.

Для создания вторичной сети передачи телевизионных программ наиболее удобными являются каналы, полученные с помощью искусственных спутников земли. Для создания сети передачи программ звукового вещания используются широкополосные каналы, организованные либо на основе объединения трех аналоговых каналов ТЧ с номинальной полосой частот 82-98 кГц, либо на основе субпервичного тракта цифровой системы передачи. К потребителям сигналы доставляются по радиоканалам или через узлы проводных трансляционных сетей. В тех случаях, когда на отдельных направлениях сетей вещания или передачи газет возникают помехи или повреждения, процесс передачи не останавливается. Создаются обходные пути или передача повторяется только для этих направлений после окончания всего сеанса. На рис. 1.12 и 1.13 показаны вторичные сети передачи газет и телевизионных программ.

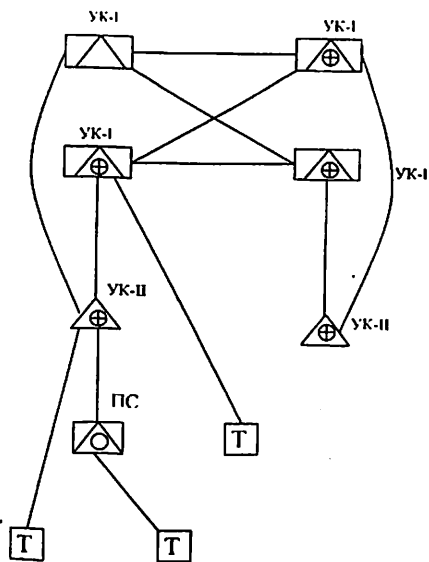


Рис. 1.12. Вторичная сеть передачи газет

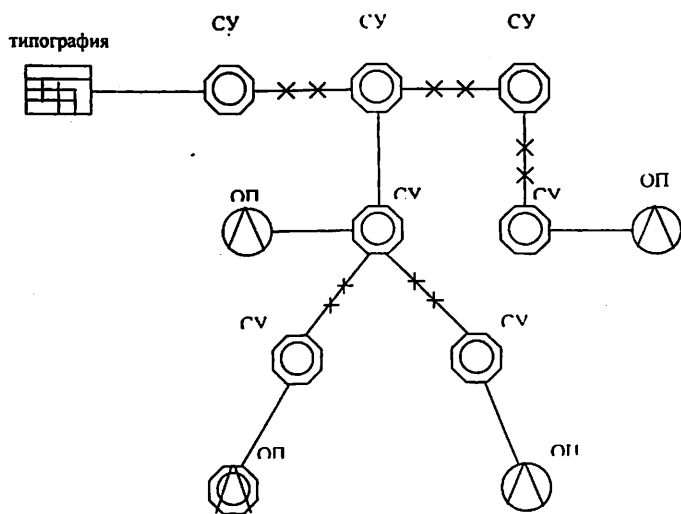


Рис.1.13. Вторичная сеть передачи телевизионных программ

## 2. АНАЛИЗ И ЗАДАЧА ОПТИМИЗАЦИЯ СЕТЕЙ СВЯЗИ

### 2.1. Представление сетей связи в виде графов. Структурные параметры сетей связи

Структура сети – совокупность пунктов (узлов, станций и т.п.) и соединяющих их линий или каналов в их взаимном расположении – показывает потенциальные возможности сети обеспечивать связь между отдельными пунктами этой сети.

Для изучения структуры сетей их удобнее всего представить в виде графа. Граф обозначается как  $G = \{A, B\}$ ,  $A$  – множество вершин графов ( $a_1, a_2, \dots, a_n$ ), вершинами которого являются узлы коммутации;  $B$  – множество ребер графов ( $b_1, b_2, \dots, b_n$ ) – соединяющими их пучками каналов.

На рис. 2.1 представлен граф сети

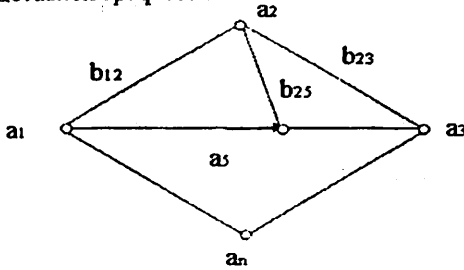


Рис.2.1. Граф сети.

Вершины графов характеризуются числом входящих и исходящих линий. Ребра бывают направленными и ненаправленными. Для удобства ребра обычно обозначаются буквами. Ребра характеризуются пропускной способностью  $G_{ij}$ , числом прямых каналов  $V_{ij}$ , надежностью  $P_{ij}$ . Граф может быть записан матрицей смежности (связности) порядка  $N$ . Элементы этой матрицы определяются следующим образом.

$$R = ||d_{ij}||, \text{ где}$$

$d_{ij} = \{1 - \text{если есть непосредственная связь между } a_i \text{ и } a_j \text{ узлом, } 0 - \text{если нет}\}.$

На рис. 2.2 приведена матрица смежности для данного графа.

$$R = \begin{vmatrix} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 1 & - & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & - & 1 & 0 & 1 \\ 3 & 0 & 1 & - & 1 & 1 \\ 4 & 1 & 0 & 0 & - & 0 \\ 5 & 0 & 1 & 1 & 0 & - \end{vmatrix}$$

$n$  - число узлов сети

$l_{ij}$  - длина ветви

$V_{ij}$  - емкость ветви

$C_{ij}$  - стоимость ветви

Для того чтобы характеризовать сеть используются следующие параметры:

- путь
- сечение.

1. Путь  $\mu_{s_1}$  из узла  $a_s$  в узел  $a_1$  - это упорядоченная последовательность ребер, начинающаяся в  $a_s$ , заканчивающаяся в  $a_1$  и не проходящая дважды через один и тот же узел, причем конец каждого предыдущего ребра совпадает в промежуточном узле с началом последующего ребра. Путь, написанный для доставки тех или иных сообщений между заданной парой пунктов, будем называть маршрутом, а процесс установления таких маршрутов - маршрутизацией.

2. Рангом пути  $r(\mu_{s,t})$  иногда этот показатель называется длиной пути или же число ребер, образующих этот путь. Минимальный ранг пути 1, а максимальный  $N - 1$ , когда путь проходит через все узлы. Для упрощения записи отдельные ребра могут обозначаться разными символами. например буквами  $a, b, c$ . При направлении от узла с большим номером к узлу с меньшим, будем ставить черту. Если ребро между узлами 1 и 4 обозначим через  $c$ , то ребро  $\overline{b_{14}} = c, \overline{b_{41}} = c$   
 Путь  $\mu_{s,t}^R$  ( $R$  – порядковый номер пути) будем записывать перечнем ребер, образующих этот путь. например: (рис.2.3)

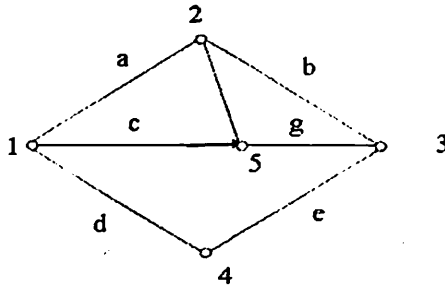


Рис.2.2. Граф сети

$$\mu_{14} = \mu_{ab}ab \text{ или } B_a B_b$$

$$\mu_{14} = \mu_{de}de \text{ или } B_d B_e$$

$$\mu_{14}^1 = \mu_{cjc}cg \text{ или } B_c B_g$$

$$\mu_{14}^4 = \mu_{ajd}a2g \text{ или } B_a B_j B_g$$

Все пути от  $a_i$  к  $a_j$ , образуют множество  $m_{ij}$  путей. Путь характеризуется пропускной способностью  $C(\mu_y)$  емкостью пути  $V(\mu_y)$ , емкостью ребра входящего в путь.

Связной – называется сеть, любые узлы которой связаны хотя бы одним путем. Сеть называется  $h$  – связной, если любые два узла связаны независимыми путями. Сечением  $\xi$  сети называют неизбыточную совокупность ребер (линий), которые надо изъять из сети, чтобы нарушилась её связность.

$$\xi_{13}^1 = b_a b_b, \xi_{13}^2 = b_d b_e, \xi_{13}^3 = b_a b_d b_j$$

Сечение характеризуется рангом  $r(\xi_y)$ .

## 2.2. Синтез структуры первичных сетей

Рассмотрим синтез структуры как этап построения сети. При построении сети встречаются следующие ситуации: построение новой сети; развитие сети с введением новых пунктов и линий; построение вторичной сети на базе каналов и пунктов заданной первичной сети.

Во всех этих случаях бывает необходимо выбрать число и местоположение узлов, а также число каналов или тип линий, соединяющих отдельные пункты сети, с соблюдением заданных ограничений и технических требований к качеству связи при линейных затратах.

В задачах построения сети представим сеть связи в виде графа, то есть

1. Набором пунктов (оконечных пунктов и узлов)  $A = \{a_1, \dots, a_N\}$ ;
2. Совокупностью линий связи (ребер сети)  $V = \{v_{ij}\}$ ; с указанием их ориентации и необходимыми параметрами линий - емкостью  $V_{ij}$  стандартных каналов, стоимостью (с учетом каналаобразующей аппаратуры), параметрами надежности.
3. Совокупностью пучков каналов и их необходимыми параметрами, в частности, емкостью в числе стандартных каналов единичной пропускной способности.

Совокупность линий с указанием их ориентации образует сетку линий, а совокупность пучков каналов – сетку каналов. Эти сетки вместе с набором пунктов и необходимыми параметрами линий и пучков каналов задают структуру сети.

При рассмотрении вновь строящейся сети необходимо иметь следующие исходные данные:

- а) перечень и расположение оконечных пунктов;
- б) перечень тяготеющих пар оконечных пунктов  $W$ , тяготения для каждой пары, задаваемые обычно числом требуемых стандартных каналов;
- в) сетка допустимых трасс  $V^*$ , по которым допускается постройка линий и перечень допустимых местоположений узлов будущей сети;
- д) стоимостные и эксплуатационные характеристики линейного и станционного оборудования;
- е) требования к надежности и живучести будущей сети. Требуется определить структуру сети таким образом, чтобы удовлетворить потребность в связи всех пар пунктов при минимальных затратах на все оборудования сети, называемых общесетевыми затратами;

В случае развития сети кроме указанных выше сведений должна быть задана структура существующей сети с указанием, при необходимости, что из этой сети может быть использовано, а что должно быть заменено. При построении вторичных сетей задается структура первичной сети с указанием мест возможного расположения коммутационных узлов вторичной сети. Экономический оптимальный выбор сетки линий, их емкостей и плана распределения каналов при заданном наборе пунктов превращается в самостоятельную задачу оптимального

синтеза структуры сети. Её успешное решение существенно зависит от того, насколько тщательно отобраны допустимые направления. Сетка допустимых трасс, как правило, включает далеко не все направления, соединяющие любые два пункта. Некоторые из направлений могут быть признаны недопустимыми ввиду технической невозможности экономической целесообразности их использования. Задание сетки допустимых трасс для каждого конкретного случая должно учитывать как реальные возможности линий того или иного типа, так и различные внесетевые факторы.

Целевой критерий задачи оптимального синтеза структуры сети непосредственно связан с целевым критерием оптимального синтеза сети в целом – общесетевыми затратами, которые определяются соотношением

$$C = \sum_{\forall a_i \in A} C_i + \sum_{\forall b_{ij} \in B} C_{ij} = C_A + C_L \quad (1)$$

где  $C_i$  и  $C_{ij}$  – приведенные затраты соответственно на пункт  $a_i$  и линию  $b_{ij}$ . В первом приближении можно считать, что суммарные затраты на пункты  $C_A$  не зависят от сетки линий, их емкостей и плана распределения и оборудования пунктов, зависящие от числа и параметров оканчивающихся в них линий, в частности затраты на размещаемую в пунктах оконечную аппаратуру линий, относить к затратам линий, это допущение как правило не приводит к существенным ошибкам. Тогда минимизация затрат на линии  $C_L$  обеспечивает минимум общесетевых затрат, то есть затраты  $C_L$  можно принять в качестве минимизируемого целевого критерия затрат при экономически оптимальном синтезе структуры сети.

Представим приведенные затраты на линию  $b_{ij}$  в виде формулы,

$$C_{ij} = A_{ij}(l_{ij}) + B_{ij}(V_{ij}; l_{ij}), \quad (2)$$

где  $A_{ij}(l_{ij})$  – составляющая, независимая от емкости линии (числа каналов),

$B_{ij}(V_{ij}; l_{ij})$  – составляющая зависящая  $V_{ij}$

На практике чаще всего принимают линейную аппроксимацию.

$$C_{ij} = (\alpha + \beta V_{ij}) l_{ij}$$

Где  $\alpha$  и  $\beta$  могут быть либо постоянными не зависящими от  $l$  и  $V$  (при  $V > 0$ ), либо незначительно зависеть от них.

Отсюда приведенные затраты можно представить в виде формулы

$$C_{ij} = (\alpha + \beta V_{ij}) l_{ij} \quad (1)$$

Где  $V_{ij}$  и  $l_{ij}$  – емкость и протяженность линии

$\alpha_{ij}, \beta_{ij}$  – коэффициент приведенных затрат на единицу длины линии причем  $\beta_{ij}$  может быть функцией  $V_{ij}$  при любых  $V_{ij} > 0$ . Тогда для  $\Pi_n$  получим следующее выражение:

$$\Pi_{ij} = \sum_{\forall h_{ij} \in B} (\alpha_{ij} + \beta_{ij} v_{ij}) l_{ij} \quad (3)$$

Рассмотрим задачи экономически оптимального синтеза структуры первичных сетей связи. В условиях задачи задаются набор и расположение пунктов сети и их по парное тяготение. Места расположения пунктов первичной сети обычно совпадают со станциями и узлами телефонной сети как основного потребителя каналов первичной сети. Одновременно выявляются потребности всех вторичных сетей в каналах первичной сети. С этой целью для каждой вторичной сети на основании потребностей пунктов в услугах данной вторичной сети и нормативов качества обслуживания, принятых в ней определяется потребность этой вторичной сети в каналах. Обобщение этих данных по всем вторичным сетям позволяет для каждой пары пунктов первичной сети  $a_i, a_j$  определить тяготение  $U_{ij}$ , выраженное в числе стандартных каналов единичной пропускной способности  $a$  так же множество тяготеющих пар пунктов  $W$  как совокупность всех пар пунктов с нулевым тяготением. Перечень допустимых местоположений узлов и сетка допустимых трасс обычно представляющая собой плоскую сетку, охватывающую все пункты включая предполагаемые узлы, а также коэффициенты приведенных затрат и надежности характеристики для каждого направления и пункта.

Рассмотрим методы экономически оптимального синтеза структуры первичной сети. В этом случае синтез первичной сети рассматривается при допущении, что пункты и линии сети абсолютно надежны. Рассмотрим задачу синтеза при построении сети заново. Условия задачи включают:

- 1) набор пунктов  $A$ ;
- 2) сетку допустимых трасс  $B^*$ , длину  $l_{ij}$  и приведенные затраты  $\alpha_{ij} l_{ij}$  и  $\beta_{ij} l_{ij}$ ;
- 3) потребность в связи, перечень тяготеющих пар пунктов  $W$  и для каждой пары  $a_i, a_j \in W$  тяготение  $U_{ij}$  в числе единичных каналов;
- 4) ограничения на синтезируемую структуру.

Требуется определить структуру сети сетку линий  $B$ , их емкости и план распределения каналов – таким образом, чтобы удовлетворить потребности в связи всех пар из  $W$  при минимуме приведенных затрат на линии  $\Pi_n$ . Решение этой задачи сводится к определению формы целевого критерия синтеза, оценивающая затраты  $\Pi_n$ .

Рассмотрим случай синтеза сети, когда задана сетка (граф) допустимых трасс  $B = \{b_{ij}\}$  и для каждой тяготеющей пары пунктов  $a_i, a_j$  перечень допустимых путей  $\mu_{ij} = \{\mu_{ij}^1\}$  на этой сетке, а также тяготение  $U_{ij}$  (в числе каналов). В этом случае задача синтеза может быть формально представлена как задача



целочисленного нелинейного программирования в путевой форме. Обозначим  $X_{st}^1$  искомое число каналов, проходящих по пути  $\mu_{st}^1$ , а через  $V_{ij}$  - минимальное значение емкости предполагаемой линии  $v_{ij}$ . Требуется найти минимум затрат на линии

$$\min \left[ \sum_{\forall b_{ij}^* \in H} (\alpha_{ij} \ell_{ij} d_{ij} + \beta_{ij} \ell_{ij} v_{ij}) \right]$$

$$d_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{при } v_{ij} = 0 \\ 1 & \text{при } v_{ij} > 0 \end{cases}$$

При следующих соотношениях относительно целочисленных неотрицательных переменных  $X_{st}^1$  и  $V_{ij}$

а) для каждой пары  $a_s, a_t \in$  по всем допустимым путям  $\mu_{st}^1$  из  $M_{st}$ .

$$\sum_{\forall \mu_{st}^1 \in M_{st}} x_{st}^1 = U_{st}$$

б) для всех ребер  $v_{ij}^*$  из сетки допустимых трасс  $B^*$

$$\sum_{\forall \mu_{st}^1 \in H} x_{st}^1 = v_{ij}$$

Здесь  $H(v_{ij}^*)$ -множество всех допустимых путей, проходящих по ребру  $v_{ij}^*$ . Решение этой задачи дает величину емкости  $V_{ij}$  для каждого ребра  $v_{ij}$  из  $B^*$ , набор линий ненулевой емкости определяет искомую сетку линий  $B$ , а значения переменных  $X_{st}^1$  - план распределения каналов.

Рассмотрим частные случаи синтеза структуры сетей, для этого допустим случай, когда в функции стоимости линий (2) коэффициенты  $\alpha_{ij}=0$ , а  $\beta_{ij}$  не зависят от  $X_{ij}$ , то есть критерий затрат принимает вид

$$C_{л} = \sum_{\forall b_{ij}^* \in H} \beta_{ij} v_{ij} \ell_{ij}$$

Если для всех линий  $v_{ij}$  коэффициент  $\beta_{ij}$  одинаков то минимизируется сумма каналов - километров линий сети.

Для реализации каждого требования  $U_{st}$  находится оптимальный путь  $\mu_{st}$  минимальной длины из заданного множества  $M_{st}$  допустимых или всех возможных путей из  $a_s$  в  $a_t$  на сетке  $B^*$ . После распределений всех требований емкость каждой линии  $b_{ij}^*$  определяется как сумма емкостей  $U_{st}$  всех пучков каналов, для которых оптимальный путь проходит по  $b_{ij}^*$ .

Другим частным случаем может быть условие, что стоимость линии не зависит от ее емкости  $V_{ij}$ , то есть что  $\beta_{ij} = 0$  или  $\beta_{ij} \cdot V_{ij} = \gamma_{ij} = \text{const}$ . Если при этом допускается односвязность, то целевой критерий затрат приобретает вид:

$$C_{\Pi} = \sum_{\forall b_{ij} \in B^*} \alpha_{ij} \ell_{ij}$$

А искомая сетка  $B$  совпадает с кратчайшим связывающим деревом на сетке допустимых трасс  $B^*$ , а каждое из ребер которой  $b_{ij}$  имеет вес  $\alpha_{ij} \ell_{ij}$ .

При сравнении между собой структур сети обнаруживается существенное влияние вида целевого критерия затрат  $C_{\Pi}$  на решение задачи оптимального синтеза структуры сети. В частности с ростом отношения  $\beta_{ij}/\alpha_{ij}$ , то есть с возрастанием удельного веса затрат, зависящих от емкости линий, растут число линий и разветвленность сетки линий, а суммарная емкость и сумма канало-километров уменьшаются.

### 2.3. Синтез структуры вторичных сетей.

Синтез структуры сети при развитии существующей сети сводится к необходимости включить в искомую сетку линий сетку существующих линий  $B_0$ . В связи с этим в формировке задачи имеются следующие особенности. Множество допустимых путей  $\mu_{st}$  ( $a_{st} \in W$ ) определяются на объединении сеток допустимых трасс и существующих линий. При этом допускается, что эти сетки не имеют общих линий. Поэтому функция цели (3) остается неизменной, а набор линейных соотношений (6) дополняется ограничением для каждой существующей линии  $b_{RM}$ :

$$\sum_{\forall \mu_{st} \in H(b_{RM})} x_{st}^i \leq V_{RM}$$

Где  $V_{RM}$  заданная емкость этой линии а  $H(b_{RM})$  – множество всех проходящих на ней допустимых путей.

При построении вторичной сети линий  $B$  первичной сети отдельные слагаемые целевого критерия  $C_{\Pi}$  могут иметь смысл затрат на аренду каналов линии  $b_{ij}$ . В этом случае в функции цели (3) сетка допустимых трасс  $B^*$  заменяется на  $B$ , а переменная  $V_{ij}$  рассматривается как число каналов, выделяемых в линии  $b_{ij}$  из общей ее емкости  $V_{ij}$ . В зависимости от поставленной задачи функцией цели может быть минимум используемых канало-километров.

$$\min \sum_{\forall b_{ij} \in B} V_{ij} \ell_{ij}$$

При построении вторичных сетей возникают различные задачи анализа сетей - выяснения возможности образования пучков каналов с общей заданной емкостью, обеспечение заданной связности или надежности .

При анализе структуры сеть представляется в виде неориентированного графа  $G=\{A,B\}$  содержащего множество пунктов ( $a_{ij}$ ) и множество ребер ( $v_{ij}$ ). Среди пунктов сети имеются оконечные пункты -полоса потребности  $U_{\alpha}$  между которыми задана в каналах. Пропускная способность ребер  $v_{ij}$  также задается целым числом каналов  $V_{ij}$ .

Задача анализа сети может быть сформирована следующим образом. Для заданных емкостей  $V_{ij}$  ребер рассматриваемого графа и фиксированной потребности в каналах  $U_{\alpha}$  между полосами  $a_2$  и  $a_1$  сети определить: 1) можно ли обеспечить требуемого число каналов между заданными парами полюсов, используя кроссирование каналов в узлах и если это возможно, то 2) указать пути образования этих каналов.

Рассмотрим двухполюсную сеть, то есть сеть в которой выделено только два полюса, считая, что между другими пунктами сети в данный момент нет тяготений или что каналы, используемые для других связей, из сети исключены. В этом случае ответ на вопрос 1 дается следующей теоремой о максимальной пропускной способности минимальном сечении. Для любой сети максимальная величина пропускной способности между двумя полюсами равна пропускной способности (емкости) минимального сечения , разделяющего эти полюса, то есть сечения, у которого сумма пропускных способностей ребер минимальная. Для того чтобы указать пути прохождения каналов по которому каждый раз разрешается пользоваться ребрами, в которых имеется свободная емкость, или ребрами в которых свободной емкости нет, однако каналы проложены во встречном направлении.

Рассмотрим следующую модель которая имеет два полюса  $a_1$  ,  $a_2$  и два узла  $a_3$  ,  $a_4$  , которые соединены пятью ребрами  $v_{13}$  ,  $v_{14}$  ,  $v_{34}$  ,  $v_{32}$  ,  $v_{24}$  .

Предположим, что пропускная способность каждого ребра равна  $V_{ij} = 1$  (имеется один канал). Определим, можно ли обеспечить два канала между полюсами  $a_1$  и  $a_2$  . Для этого воспользуемся теоремой о максимальном потоке. Сечениями разделяющими полюса  $a_1$  и  $a_2$  будут  $v_{13}$  ,  $v_{14}$  ,  $v_{13} v_{42}$  ,  $v_{31} v_{14} v_{23}$  и  $v_{23} v_{24}$  . емкости первого и четвертого сечений равны двум для каждого из них, а второго и третьего - трем. Итак минимальная емкость сечения составляет два канала, а следовательно, максимальная емкость так же равна двум. Таким образом между полюсами  $a_1$  и  $a_2$  можно обеспечить два канала. Для отыскания путей образование каналов воспользуемся алгоритмом Форда - Фалькерсона. В начале когда граф пуст двигаясь в направлении от полюса  $a_1$  к полюсу  $a_2$  выбираем любое

ребро (Рис 2.3.1) уходящее из полюса  $a_1$ , например  $v_{14}$  и прокладываем путь к узлу  $a_4$ . Далее выбираем, например  $v_{43}$  и попадаем в  $a_3$ .

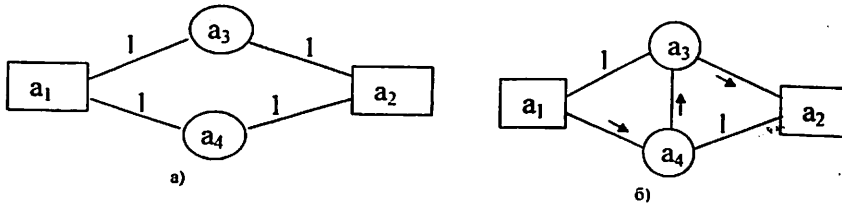


Рис.2.3.1. а) Четырёх полюсный граф сетей. б) распределения информации на графе сети

Выбрав ребро  $v_{32}$  из  $a_3$  попадаем в требуемый полюс  $a_2$  установив, таким образом путь  $a_1 - a_4 - a_3 - a_2$  имеющий на всем своем протяжении емкость один канал. На рис 2 этот путь показан стрелками, а на ребрах, емкость которых не использована, указаны величины этих емкостей.

Так как требуемая емкость ещё не достигнута, то делаем попытку найти ещё один путь из  $a_1$  и  $a_2$ . Для этого из полюса  $a_1$  выбираем оставшиеся свободным ребро  $v_{13}$  и попадаем в  $a_3$ . Ребра  $v_{32}$  и  $v_{34}$  уходящие из  $a_3$  уже полностью заняты. Но в соответствии с алгоритмом можно продолжить движение потому ребру, на котором имеется стрелка противоположного направления. Таким образом из  $a_3$  по ребру  $v_{34}$  попадает в  $a_4$  из которого имеется свободное ребро  $v_{42}$  требуемой пропускной способности, равной единице. Второй найденный нами путь совместно с первым показан стрелками на рис 2.3.2

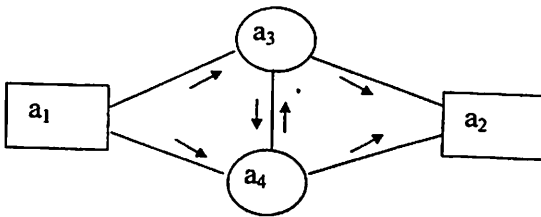


Рис. 2.3.2. Граф сети

Так как по ребру  $v_{34}$  проходят два пути одинаковой емкости в противоположных направлениях, они взаимно уничтожаются и это ребро может

считаться свободным. В результате определены пути имеющие в сумме требуемую пропускную способность, равную двум единицам.

Рассмотрим распределение каналов на многополосной некоммутируемой сети. Для этого выберем сеть с  $N$  пунктами, среди которых выделено множество полюсов  $R = (a_1, a_2, \dots, a_r)$  ( $r < N$ ) и среди последних заданы множество  $V$  тяготеющих пар  $a_i, a_j$  и тяготение  $U_{ij}$  внутри каждой из этих пар, выраженное в числе каналов. Задана структура (граф) сети с указанием емкости  $V_{ij}$  ребер  $v_{ij}$ . Требуется определить, возможно ли реализовать заданную потребность, распределить каналы по ребрам сети, а если нет, то найти такое распределение каналов которое обеспечит наибольшую суммарную пропускную способность между полосами.

Такая задача в общем виде в настоящее время не имеет решения однако могут быть даны некоторые предварительные оценки и указаны приемы, которые иногда позволяют если не получить оптимальное решение, то хотя бы приблизиться к нему.

Для многополосной сети теорема о максимальной пропускной способности и минимальном сечении определяет лишь необходимые условия возможности реализации заданных требований. Для многополосной сети эти условия можно сформировать так если все множество  $R$  полюсов, между которыми есть тяготение, разбить на два непересекающихся подмножества  $S = (S_1, \dots, S_R)$  и  $T = (t_1, \dots, t_l)$ , где  $S_i \in R$  и  $t_j \in R$ , с числом полюсов  $R$  и  $l = (1, \dots, r-1)$ , причем  $R+l=r$  так, что каждое подмножество образует связную подсеть, то емкость минимального сечения между этими подмножествами полюсов, которую обозначим через  $Z_{st}$  должна быть не меньше требуемой емкости между всеми полосами подмножества  $S$  и полосами подмножества  $T$ .

$$Z_{st} \geq \sum_{\substack{s_i \in S \\ t_j \in T}} U_{st}$$

Для нахождения минимальных сечений можно воспользоваться рекомендованным Фордом и Фалькерсоном приемом введения новых полюсов  $a_i$  и  $a_j$ , соединенных ребрами неограниченной емкости соответственно со всеми узлами  $S_i$  и  $t_j$ . на рис 2.3.4 показано введение такого узла, когда одно из подмножеств включает только один полюс (в этом случае этот полюс играет роль второго дополнительного узла)

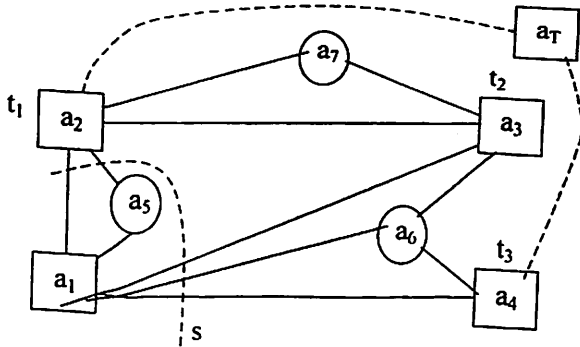


Рис 2.3.4. Определение путей и сечений между одним полюсом и остальными

Если необходимые условия выполняются, то следует попытаться найти пути для прокладки каналов последовательно между отдельными парами полюсов, используя для каждой последующей пары оставшуюся свободную емкость ребер. Затем что результат будет зависеть как от выбранного порядка реализации связей между отдельными парами, так и от порядка выбора путей прохождения каналов, так что в общем случае нельзя гарантировать реализацию всех требований.

Рассмотрим на примере распределение каналов на сети рис 2.3.5. Из рисунка видно на участке  $v_{14}$ ,  $v_{42}$  — емкость ребра равна 8, а  $v_{34}$  равно 10, и на участке  $v_{14}$  и  $v_{42}$  использована вся емкость ребра, а ребро  $v_{34}$  свободно, хотя осталось неудовлетворительный потребность в каналах от полюса  $a_3$  к полюсам  $a_1$  и  $a_2$ . Если же из пучка  $a_1 - a_2$  изъять пять каналов, то можно пропустить по пять каналов от полюса  $a_3$  к полюсам  $a_1 - a_2$  это приводит к тому что вместо восьми каналов будет использовано 13 каналов. Пользуясь приведенными примерами и увеличивая емкость для связей, которые оказались меньше требуемых, за счет уменьшения тех емкостей, которые на первом этапе получились больше необходимой величины, иногда можно надлежащим образом перераспределить каналы и получить требуемые величины.

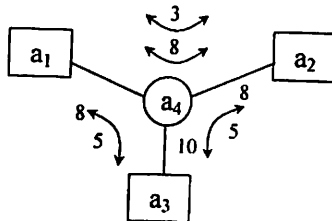


Рис 2.3.5. Перераспределение каналов

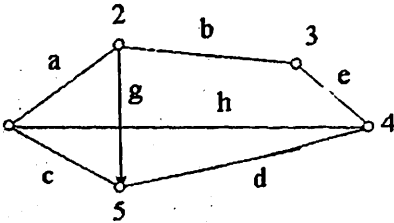
## 2.4. Структурный анализ сетей связи.

Для структурного анализа сетей (нахождения путей, сечений и их характеристик). Целесообразно использовать структурные матрицы, используя граф или структурную матрицу. В сети можно найти множество путей между любой парой узлов. Структурной матрицей  $B$  сети  $G$  с  $N$  узлами называется квадратная матрица порядка  $N \times N$ , в которой каждому узлу  $a_i$  соответствует  $i$ -я строка и  $i$ -й столбец. Элементы матрицы определяются следующим образом:

$$B = \|\beta_{ij}\|$$

$$\beta_{ij} = 1 \text{ при } i=j$$

$\beta_{ij}$  или соответственно буквенные символы: с при  $i < j$  и с при  $i > j$  в случае, если есть непосредственная связь от узла  $i$  к узлу  $j$ , если такой непосредственной связи нет.



$$B =$$

	1	2	3	4	5
1	1	a	0	h	e
2	a	1	b	0	d
3	0	b	1	c	0
4	0	0	c	1	d
5	e	0	0	d	1

Рис.2.4.1. Граф сети и матрица связности

Значения матрицы рассматриваются как элементы булевой алгебры с двумя значениями: 1 – соединение есть, 0 – нет. Поэтому, матрицы  $B$  преобразуют как булеву, применяя к ней аппарат булевой алгебры. Напомним кратко основные правила и законы, которыми будем пользоваться при преобразовании матриц и определителей.

1.  $a \vee a = 1$
2.  $a \wedge a = 0$
3.  $a \vee a = a$
4.  $x(x \vee y) = x$

С помощью структурной матрицы можно определить множество путей между любыми парами узлов рангом не более  $R$ . Для этого матрицу необходимо возвести в  $R$  степень.

$$B^2 = \|\|m_{ij}^2\|\|$$

$$M_{xap} = B^2 = B^{2-1} = \|\|m_{ij}\|\|$$

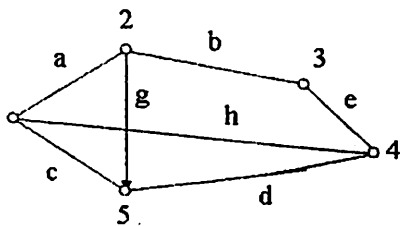
Характеристическая матрица показывает множество путей между парами узлов представленного графа. Чтобы возвести матрицу в степень воспользуемся правилом:

$$A \cdot B = C = \|\eta_{ij}\|$$

$$\eta_{ij} = \alpha_{ij} \beta_{ij} \vee \alpha_{iz} \beta_{zj} \vee \dots \vee \alpha_{in} \beta_{nj}$$

$$B = \|\beta_{ij}\| \quad A = \|\alpha_{ij}\|$$

Множество путей между определенными парами узлов можно получить из структурной матрицы, путем вычеркивания  $i$ -того столбца  $j$ -ой строки. Рассмотрим пример: на основе сети.



$$B = \begin{array}{c|ccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ \hline 1 & 1 & a & 0 & h & e \\ 2 & a & 1 & b & 0 & d \\ 3 & 0 & b & 1 & c & 0 \\ 4 & 0 & 0 & c & 1 & d \\ 5 & e & 0 & 0 & d & 1 \end{array}$$

Рис.2.4.2. Граф сети.

$$m_{14} = \begin{array}{c|c|c|c|c|c} a o h e & b j g & l b g & l b o & & \\ \hline 1 b o g & 1 c o & b l o & b l c & & \\ \hline b l c o & o d l & 0 0 l & 0 0 d & & \\ \hline 0 0 d l & & & & & \end{array} =$$

$$= a b \begin{array}{c|c|c|c|c|c} c 0 & a g & l c & l c & & \\ \hline d l & & 0 d & 0 d & & \\ \hline & & & & & \\ \hline & & & & & \\ \hline & & & & & \\ \hline & & & & & \end{array} =$$

$$= a b c \vee a g d \vee h \vee e d$$

Графическим эквивалентом определения множества путей является построение дерева путей. Дерево путей строится из структурной матрицы следующим образом. При построении дерева необходимо учесть, что узлы в одном пути не должны повторяться. Построение дерева пути продолжается до тех пор, пока не получим путь максимального ранга.

Множество сечений можно определить следующим образом:



1. Записывается множество путей, каждый путь заключается в скобку.
2. Знаки умножения заменяются на сложения и знаки сложения на умножения.
3. После раскрытия скобок полученное выражение упрощается. Полученное каждое слагаемое дает сечение.

$$1). S_{14} = (a b c) + (a g U) + (h) + (e d)$$

$$2). S_{14} = (a + b + c) \cdot (a + g + d) \cdot (h) \cdot (e + d)$$

$$3). S_{14} = a h e v a h d v b g h e v c g h e v d b h e v \quad d c h e v \quad \underline{b g h d} v$$

$$c g h d v \quad \underline{d b h} v \quad d c h = a h e v a h d v b g h e v c g h e v d b h v d c h$$

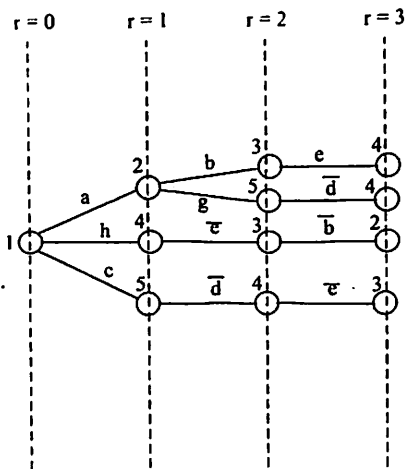


Рис 2.4.3. Дерево путей сети.

## 2.5. Структурная надежность сетей связи

Надежностью какого-либо объекта (системы, сооружения, устройства) называют его свойства, заключающиеся в способности выполнять определенные задачи в определенных условиях эксплуатации. Состояние объекта, при котором он способен выполнять задания функции, сохраняя значения основных параметров в пределах, установленных нормативно-технической документацией, называется его работоспособностью, а состояние, в котором объект удовлетворяет указанным требованиям, - его исправностью. Событие, заключающееся в нарушении работоспособности объекта, называется отказом.

В зависимости от назначения объекта, выполняемых им функций и условий эксплуатации различают несколько свойств объекта, связанных с надежностью:

- а) безотказность – свойство непрерывно сохранять работоспособность;
- б) долговечность – сохранять работоспособность до определенного состояния;
- в) ремонтпригодность – возможность выполнения ремонта и технического обслуживания;
- г) восстанавливаемость – возможность восстановления работоспособности после отказа;
- д) срок службы.

Важным показателем является коэффициент готовности – вероятность того, что в установившемся процессе эксплуатации в произвольный момент времени объект окажется работоспособным.

Для сетей связи является сложным, многофункциональными системами, состоящими из элементов, разнородных по своим свойствам, показателем надежности. Можно выделить два основных аспекта надежности :

1. Аппаратурным.
2. Структурным.

Под аппаратурным аспектом будем понимать проблему надежности аппаратуры, отдельных устройств и их элементов включая каналы и линейные тракты, т.е. отдельных элементов, входящих в узлы и линии (ребра) сети.

Структурный аспект отражает функционирование сети в целом в зависимости от работоспособности или отказов узлов (станций, пунктов) или ребер (линий, магистралей) сети, т.е. он связан с возможностью существования в сети путей доставки информации.

Будем относить понятие надежности не к сети в целом, а к путям или совокупностям путей между заданной парой пунктов. Требования к надежности в таком понимании могут быть различными в зависимости от значения рассматриваемых пунктов, расстояний между ними, а так же от вида и назначения связи. Заметим, что можно говорить: сеть  $G_1$  надежнее сети  $G_2$ , если при выполнении одинаковых функций в сети  $G_1$  надежность связей между всеми заданными парами узлов не ниже, а между некоторыми выше, чем в  $G_2$ . Для связи между узлами  $a_i$  и  $a_j$  в сети используются все возможные пути или множество путей  $M_{s_{ij}}$ . А каждый путь  $\mu^k_{s_{ij}}$  состоит из ребер и узлов, через которые он проходит. Под показателем надежности пути  $P^k_{s_{ij}} = P(M^k_{s_{ij}})$  будем понимать вероятность того, что данный путь в произвольной момент времени находится в работоспособном состоянии, а это значит, что работоспособными должны быть все ребра  $v_{ij}$  и узлы  $a_i$  входящие в этот путь.

Надежность связи будем оценивать вероятностью того, что работоспособным является хотя бы один путь из множества путей. Таким образом, нарушение связи определяется отказами узлов и ребер сети, которые образуют пути, входящие в эту связь.

Отказом ребра в  $i, j$  - называется такое состояние, при котором каналы, образующие рассматриваемое ребро, либо полностью вышло из строя, либо их параметры настолько ухудшились, что практически их нельзя использовать (больших помех, искажений, снижения уровня на приемном конце) для данного вида связи. Надежность ребра - вероятность его безотказной работы - определяется с одной стороны, аппаратурной надежностью его элементов, а с другой - механической исправностью линейных сооружений. Основными причинами отказов линий является различные механические повреждения, возникающие при проведении строительных работ до 60-65%, стихийные бедствия до 10-15%. Реже они являются следствием дефектов монтажа или строительства этих линий 8 - 15 %, неаккуратной работы обслуживающего персонала 2 - 10 %.

Отказ узлов - невозможность передачи через него информации с входящих каналов на исходящие. Такой отказ эквивалентен одновременному отказу всех ребер, инцидентных этому узлу. Он происходит, как правило, в результате механических разрушений части или всего оборудования. Отказ узла приводит к нарушению значительно большего числа путей, чем отказ ребра. Однако, вероятность такого события значительно меньше вероятности отказа ребра.

Под живучестью сети чаще всего понимают ее свойство сохранять связанность при массовых разрушениях и обеспечивать при этом связь между всеми или большинством пунктов хотя бы с пониженным качеством.

Основными вероятностными показателями надежности сети является надежность связи относительно конкретных пары узлов.

### I. Расчет верхней границы надежности

Пусть задано :  $P = \{ P_{ij} \}$      $P_i = \{ P_i \}$

Предполагается надежность ребер и узлов взаимно независимы. Верхнюю границу надежности можно определить с помощью множество путей. Надежность связи от узла  $a_i$  к узлу  $a_j$  определяется как вероятность исправного состояния хотя бы одного пути между этими узлами.

$$P(m_{ij}) = 1 - \prod_{\mu^k_{ij} \in m_{ij}} [(1 - P(\mu^k_{ij}))] \quad (1)$$

$P(\mu^k_{ij})$  - надежность  $k$ -го пути. Надежность эта определяется как вероятность исправного состояния всех ребер входящего в данный путь.

$$P(\mu^k_{ij}) = \prod_{k \in \mu^k_{ij}} P_{ke}$$

$$P(\mu^k_{ij}) = \prod P_{ke} \cdot \prod P_k$$

$$\forall k \in \mu^{k_{ij}}$$

Однако, в реальных условиях часто пути зависимы, т.е. имеют общие ребра. В этом случае, равенство (1) превращается в неравенство и дает верхнюю оценку надежности. Действительное значение получается, если в выражении (1) после раскрытия скобок все показатели степени большей единицы заменить на единицу. Такая операция обозначается буквой E.

$$P_{ij} = E \{ 1 - \prod_{\mu^{k_{ij}} \in \tau_{ij}} (1 - P^{k_{ij}}) \}$$

## II. Расчет нижней границы надежности

Нижняя граница определяется на основе множества сечений. Для нарушения связи между узлами  $a_i$  и  $a_j$  достаточно чтобы вышли из строя все ребра хотя бы одного сечения.

$$P(\sigma_{ij}) = \prod_{\sigma^{k_{ij}} \in \sigma_{ij}} P(\sigma^{k_{ij}}) \quad (2)$$

$$P(S^{k_{ij}}) = 1 - \prod_{k \in S^{k_{ij}}} (1 - P_{ke}) \quad \text{надежность каждого сечения}$$

$$P(S_{ij}) = \prod_{\sigma^{k_{ij}} \in S_{ij}} P(\sigma^{k_{ij}}) \cdot \prod_{k \in S_{ij}} P_R$$

Все сечения рассматриваются как последовательные соединения и поэтому выражение (2) дает нижнюю границу надежности.

## III. Действительное значение надежности

Действительное значение надежности лежит между верхней и нижней границей надежности.

$$P(S_{ij}) \leq P_{ij} \leq P(m_{ij})$$

Для нахождения действительного значения надежности используются E операции.

$$P_{ij} = E(P(m_{ij})) = E(P(S_{ij}))$$

### 3. Управления на сетях связи.

#### 3.1. Управления на сетях связи, классификация методов управления.

Для обеспечения нормальной работы и развития сети электросвязи в условиях изменяющихся требований к ней . внешних воздействий, изменений структуры сети, появление новых видов услуг, а так же изменений потоков необходимо иметь соответствующие системы управлению сетью.

Под управлением в широком смысле этого слова понимают организационную деятельность технологический процесс или действие, направленные на обеспечение заданного функционирования некоторой хозяйственной, технической, социальной или другой системы для достижения определенных целей. Управление основывается на использование как начальной информации, так и информации, получаемой в процессе управления. В узком смысле под управлением понимают приведение объекта в работоспособное состояние.

Основным назначением сети является доставка информации. Поэтому системы управления на сетях связи обеспечивают, с одной стороны, развитие и поддержание в рабочем состоянии как сети в целом так и отдельных ее составляющих, для того чтобы они могли выполнять свои функции, а с другой распределение и доставку отдельных сообщений по адресу с соблюдением различных требований к этой доставке.

В сети электросвязи можно выделить четыре основных уровня управления:

1. Поддержание в рабочем состоянии отдельных технических средств, когда объектами управления являются как отдельные приборы и устройства, каналы, передатчики, приемники, блоки каналообразующей и коммутационной аппаратуры, и т.п. Целью управления здесь являются поддержание в норме отдельных параметров аппаратуры (напряжений, уровней сигналов, усиление частоты и т.п) и содержание отдельных устройств и их комплексов в исправности.

2. Управление доставкой сообщений по адресу, когда объектами управления являются коммутационные системы узлов коммутации каналов, сообщений или пакетов; основной целью здесь будут выбор пути и создание тракта передачи приписанным каждому сообщению адресам с обеспечением выполнения дополнительных требований в соответствии с заданным алгоритмом.

3. Управление распределением каналов и регулирование потоков сообщений, когда объектами управления являются системы кроссирования, а основной целью –распределение и перераспределение каналов между вторичными сетями, создание пучков прямых каналов и выработка алгоритмов выбора путей для обеспечения наилучшего удовлетворения в доставке сообщений при изменениях сетями потоков сообщений.

4. Управление сетью в целом как технико-экономической системой, являющейся частью народного хозяйства или его отрасли и включающий как

технические средства доставки информации, средства строительства, ремонта и восстановления. Целью этой системы являются не только поддержание функционирования сети в целом и материально-техническое обеспечение этого, но и планирование развития сети, обеспечение подготовки кадров, создание законодательных актов пользования сетью, тарифов и регулирование отношений с пользователями.

Независимо от уровня в каждой системе управления выполняются четыре основных функции:

1. Сбор информации о состоянии объекта управления, ходе технологического процесса, требованиях к выполнению тех или иных операций а также о состоянии и наличии людских и материальных ресурсов, необходимых для обеспечения заданного развития и функционирования объекта. Эта информация фиксируется и при необходимости документируется.

2. выработка решения о необходимости и возможности изменения состояния системы, приведения объекта в заданное состояние или возможности или невозможности удовлетворения предъявляемых требований и подготовка управляющих воздействий на объект выработка запросов и заявок, а так же определение необходимых ресурсов способов их доставки к мету работ. Осуществление этой функции связано с анализом полученной и накопленной ранее информации о состоянии оборудования, каналов, запасов и людских ресурсов. При этом используются заложенные в системе управления планы, алгоритмы, инструкции и законы, а так же получаемые указания и требования от вышестоящих организаций и пользователей.

3. Исполнение принятого решения – приведение объекта в нужное состояние путем выдачи команд исполнительным органам объекта управления или обслуживающему персоналу, а так же выдача пользователям или обслуживающему персоналу информацию о невозможности выполнения тех или иных требований.

4. доставка информации к устройствам управления и от них.

Все указанные функции связаны между собой таким образом, что каждая последовательная их реализация образует цикл процесса управления. Реализация этих функций может производиться либо автоматически, либо автоматизировано (часть функции выполняется техническими средствами, а часть главным образом выработка решений – человеком ) либо только человеком. Информация в управляющую подсистему может поступать непрерывно, периодически, при возникновении необходимости или соответствующих изменениях в объекте, а так же по запросам из устройств управления или обслуживающего персонала.

Для ввода информации в систему управления могут использоваться специальные устройства.

При создании системы управления любого уровня необходимо определить: цель управления и его технико-экономическую эффективность; необходимые

### 3. Управления на сетях связи.

#### 3.1. Управления на сетях связи, классификация методов управления.

Для обеспечения нормальной работы и развития сети электросвязи в условиях изменяющихся требований к ней . внешних воздействий, изменений структуры сети, появление новых видов услуг, а так же изменений потоков необходимо иметь соответствующие системы управлению сетью.

Под управлением в широком смысле этого слова понимают организационную деятельность технологический процесс или действие, направленные на обеспечение заданного функционирования некоторой хозяйственной, технической, социальной или другой системы для достижения определенных целей. Управление основывается на использовании как начальной информации, так и информации, получаемой в процессе управления. В узком смысле под управлением понимают приведение объекта в работоспособное состояние.

Основным назначением сети является доставка информации. Поэтому системы управления на сетях связи обеспечивают, с одной стороны, развитие и поддержание в рабочем состоянии как сети в целом так и отдельных ее составляющих, для того чтобы они могли выполнять свои функции, а с другой распределение и доставку отдельных сообщений по адресу с соблюдением различных требований к этой доставке.

В сети электросвязи можно выделить четыре основных уровня управления:

1. Поддержание в рабочем состоянии отдельных технических средств, когда объектами управления являются как отдельные приборы и устройства, каналы, передатчики, приемники, блоки каналообразующей и коммутационной аппаратуры, и т.п. Целью управления здесь являются поддержание в норме отдельных параметров аппаратуры (напряжений, уровней сигналов, усиление частоты и т.п) и содержание отдельных устройств и их комплексов в исправности.

2. Управление доставкой сообщений по адресу, когда объектами управления являются коммутационные системы узлов коммутации каналов, сообщений или пакетов; основной целью здесь будут выбор пути и создание тракта передачи приписанным каждому сообщению адресам с обеспечением выполнения дополнительных требований в соответствии с заданным алгоритмом.

3. Управление распределением каналов и регулирование потоков сообщений, когда объектами управления являются системы кроссирования, а основной целью –распределение и перераспределение каналов между вторичными сетями, создание пучков прямых каналов и выработка алгоритмов выбора путей для обеспечения наилучшего удовлетворения в доставке сообщений при изменениях сетями потоков сообщений.

4. Управление сетью в целом как технико-экономической системой, являющейся частью народного хозяйства или его отрасли и включающий как

технические средства доставки информации, средства строительства, ремонта и восстановления. Целью этой системы являются не только поддержание функционирования сети в целом и материально-техническое обеспечение этого, но и планирование развития сети, обеспечение подготовки кадров, создание законодательных актов пользования сетью, тарифов и регулирование отношений с пользователями.

Независимо от уровня в каждой системе управления выполняются четыре основных функции:

1. Сбор информации о состоянии объекта управления, ходе технологического процесса, требованиях к выполнению тех или иных операций а также о состоянии и наличии людских и материальных ресурсов, необходимых для обеспечения заданного развития и функционирования объекта. Эта информация фиксируется и при необходимости документируется.

2. выработка решения о необходимости и возможности изменения состояния системы, приведения объекта в заданное состояние или возможности или невозможности удовлетворения предъявляемых требований и подготовка управляющих воздействий на объект выработка запросов и заявок, а так же определение необходимых ресурсов способов их доставки к мету работ. Осуществление этой функции связано с анализом полученной и накопленной ранее информации о состоянии оборудования, каналов, запасов и людских ресурсов. При этом используются заложенные в системе управления планы, алгоритмы, инструкции и законы, а так же получаемые указания и требования от вышестоящих организаций и пользователей.

3. Исполнение принятого решения – приведение объекта в нужное состояние путем выдачи команд исполнительным органам объекта управления или обслуживающему персоналу, а так же выдача пользователям или обслуживающему персоналу информацию о невозможности выполнения тех или иных требований.

4. доставка информации к устройствам управления и от них.

Все указанные функции связаны между собой таким образом, что каждая последовательная их реализация образует цикл процесса управления. Реализация этих функций может производиться либо автоматически, либо автоматизировано (часть функции выполняется техническими средствами, а часть главным образом выработка решений – человеком ) либо только человеком. Информация в управляющую подсистему может поступать непрерывно, периодически, при возникновении необходимости или соответствующих изменениях в объекте, а так же по запросам из устройств управления или от обслуживающего персонала.

Для ввода информации в систему управления могут использоваться специальные устройства.

При создании системы управления любого уровня необходимо определить: цель управления и его технико-экономическую эффективность; необходимые



воздействия на объекты управления для осуществления поставленной цели: требование к собираемой информации: требование к хранению информации: места расположения УУ и способы доставки информации: требование к надежности систем и устройств управления.

Управление работой технических средств. Для нормального функционирования сети в целом первым требованием является нормальное функционирование ее отдельных элементов. Поэтому как на линиях, так и на станциях и узлах связи всегда предусматриваются устройства, позволяющие учитывать возникающие повреждения, контролировать состояния тех или иных средств и отдельных их параметров, регулировать работу этих средств. Обычно в качестве таких устройств используются соответствующие технические средства, но иногда указанные функции выполняются обслуживающим персоналом вручную. Наряду с устройствами индивидуального контроля аппаратуры применяются общие контрольные устройства, осуществляющие, например, последовательную проверку качества каналов, прохождения соединения в пределах станции или сети с определения в пределах станции или сети с определением параметров созданного тракта.

Анализ работы технических средств на каждой сети позволяет определить узкие места в работе сети, планировать профилактическую работу обслуживающего персонала.

Качество передачи характеризуемое в частности, верностью, зависит главным образом от свойств сигнала, канала оконечной аппаратуры и наличия помех. Пол верностью передачи понимается соотношение между переданным и принятым сообщениями, то есть верность определяется искажениями и ошибками. Возникающими в процессе передачи сообщения. При этом не учитываются ошибки появляющиеся при составлении сообщения. Соответствие принятого сообщения действительности будем называть истинностью. Повышение верности при передаче информации дискретными сигналами кроме выбора канала, соответствующих уровней сигналов и методов модуляции может достигаться многократной передачей одного и того же сообщения, в частном случае – по разным каналам или разным путям; применения кодов, позволяющих обнаруживать появляющиеся ошибки и запрашивать те части информации, в которых обнаружена ошибка. Система обнаружения ошибок может быть частью системы управления сетью. В случае когда интенсивность ошибок возрастает выше некоторого предела, возможно применение следующих мер: понижение скорости передачи, переход на канал с меньшими помехами, применение более сложных кодов, применение дополнительных мер повышения верности. Все это может осуществляться аппаратными методами с помощью специальных устройств или программным- в ЭВМ приемного пункта.

Для повышения истинности в передаваемую информацию вводят избыточность, учитывая, например, зависимости между разными параметрами объекта. В последнее время для повышения истинности начинают применять

методы, использующие контроль по смыслу - внутреннюю избыточность. присущую передаваемому документу и объекту, к которому данный документ относится. Эффективность такого "логического" контроля может оказаться весьма высокой, так как в большинстве случаев позволяет обнаружить вне-большее количество ошибок, чем в случае внесения искусственной избыточности, не требуя при этом дополнительной передачи информации. Обнаруженные ошибки могут исправиться либо путем дополнительного допроса, либо с помощью специальных алгоритмов, позволяющих из детерминированных или вероятностных соотношений скорректировать полученные данные.

Управлений доставкой сообщений. Сообщение в сетях электросвязи доставляются: по прямым каналам. по тракту, составленному из коммутируемых каналов, с накоплением промежуточных узлов (с коммутацией сообщений или пакетов), а так же с использованием коммутации последних двух способов. При всех способах доставки кроме использования на основании адреса, приписанного каждому сообщению.

При коммутации каналов адрес (номер) служит для организации тракта передачи сообщений между передающими и принимающими пунктами. При коммутации сообщений и пакетов адрес передается совместно с сообщением и служит для определения направления, в котором должно быть передано сообщение из данного узла, кроме того на систему управления могут возлагаться функции управления: учет и тарификация разговоров, учет нагрузок, осуществление ряда дополнительных услуг абонентам.

При создании системы управления доставкой информации одним из важнейших показателей эффективности должно быть относительно небольшое количество управляющей и служебной информации, которое необходимо передавать по сети, так как в противном случае может оказаться, что сеть будет загружена этой информацией.

Для управления доставкой сообщений на всех коммутационных узлах имеются свои УУ, которые для обеспечения взаимосвязи между узлами объединяются в общую систему управления доставкой.

### 3.2. Статические и динамические методы управления.

Система управления сетью должна функционировать в процессе установления соединений на автоматически коммутируемой телефонной сети.

Она предназначена для распределения потоков нагрузки по пучкам и каналам сети с целью обеспечения заданного качества обслуживания при различном состоянии сети. Управление процессом установления соединений на сети реализуется в оборудовании станций и узлов и не может быть изменена при изменении ситуации на сети. С помощью такой системы перераспределения потоков нагрузки при повреждениях, перезагрузках или перекосах нагрузки

возможно только в соответствии с возможностями системы управления, которые предусмотрены оборудованием станций и узлов с замонтированной программой алгоритма управления. Поэтому такую систему, когда алгоритм установления соединения не может быть изменен в связи с изменением ситуации на сети, называют статической системой распределения потоков нагрузки на сети или статическим управлением.

Появление на телефонной сети станций и узлов с программным управлением открывает новые возможности для введения адаптивного-динамического управления потоками нагрузки на этих сетях за счет автоматического изменения алгоритма установления соединения в зависимости от изменения ситуации на сети.

Сеть представляет собой большую и сложную систему со многими обратными связями и постоянно изменяющимися параметрами нагрузки. Нет двух моментов, когда характеристики нагрузки на сети были бы одинаковы по величине и направлению.

Создание системы отображения изменяющейся нагрузки на телефонной сети и на основе анализа возможностей сети ее перераспределение задача адаптивных динамических систем управления. Это позволяет повысить использование сооружений сети. Рассмотрим понятие плана распределения нагрузки ПРН применительно к коммутируемой сети связи.

Пусть задан граф сети на которой определен поток нагрузки распределяется от  $УК_A$  к узлу  $УК_E$ . Для передачи этого потока допускается установление соединений на  $УК_A$  как по ветви  $В_{AE}$ , так и по ветвям  $В_{AB}$  и  $В_{AC}$ . В последних двух случаях соединение от  $УК_A$  к  $УК_E$  будет установлено через транзитные  $УК_B$  и  $УК_C$ . Следовательно, от  $УК_A$  к  $УК_E$  можно устанавливать соединение трем путем различной длины. Кратчайшим путем от узла  $УК_A$  к  $УК_E$  будет путь проходящий через ветвь  $В_{AE}$ . Назовем ветвью первого выбора ветвь, которая входит в кратчайший путь. Выбор ветвей в УК происходит в порядке возрастания их длины. Число обходных направлений может быть меньше или равно общему числу исходящих из данного УК ветвей.

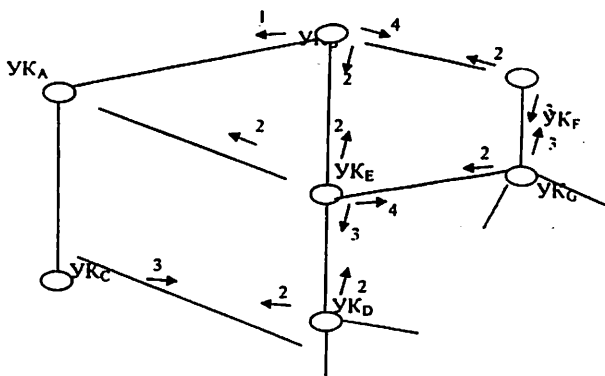


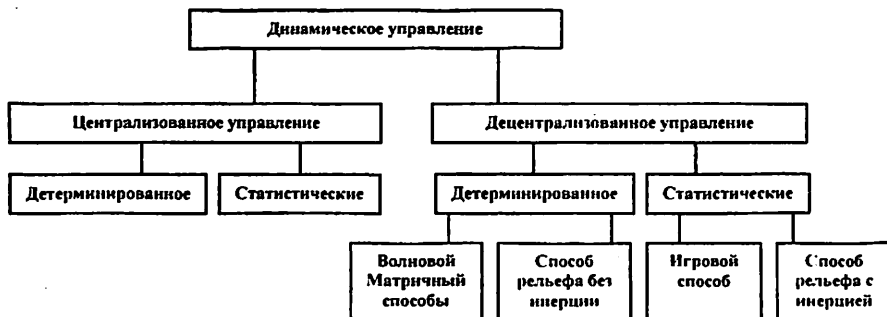
Рис 3.2.1. Распределения телефонной нагрузки

Если свободных каналов в  $BAE$  нет, то отыскивается свободный канал в  $BAВ$ . При наличии свободного канала в  $BAВ$  соединение с  $UK_E$  установится через  $UK_B$ . Если свободных каналов не оказалось ни в  $BAE$ , ни в  $BAВ$ , то соединение будет устанавливаться в направлении  $BAС$ . При установлении соединений к другому УК порядок выбора ветвей может быть другим. Распределение на каждом УК порядка выбора ветвей для установления соединений ко всем остальным УК называется планом распределения нагрузки ПРН. При длительных перезагрузках или недозагрузках отдельных ветвей или выходе их из строя выбранной ранее план распределения нагрузки может оказаться не оптимальным, то есть не обеспечивающим максимальную пропускную способность сети при заданном качестве обслуживания. Одной из основных задач динамического управления является анализ ситуации на сети и корректировка плана распределения нагрузки.

Порядок выбора исходящих направлений из  $UK_i$  ко всем остальным узлам сети, то есть ПРН узла  $UK_i$  можно представить матрицей маршрутов для  $UK_i$ .

Все существующие способы динамического управления потоками нагрузки делятся на детерминированные и статистические. Они, в свою очередь, могут быть реализованы как централизованные и децентрализованные.

В зависимости от объема информации, по которой происходит изменение ПРН, использует разовые и групповые способы динамического управления.



Разовые детерминированные способы позволяют определять очередность выбора направления для каждого вызова, тогда как групповые- для обслуживания группы вызовов. При этом матрицы маршрутов вычисляются применительно к ситуации сети, сложившейся в данный момент без учета предшествующих ситуаций.

Статистические способы позволяют определять очередность выбора исходящих направлений на основе статистики о вероятности потерь в том или ином направлении, полученной в результате обслуживания предыдущих вызовов. При разовых статистических способах матрицы маршрутов корректируется после обслуживания каждого вызова, а при групповых –после обслуживания нескольких вызовов.

Наиболее известными способами динамического распределения нагрузки являются: волновой способ, рельефов, матричный и игровой способы.

Волновой способ относится к группе разовых детерминированных методов получения ПРН. Он состоит в том, что при получения на УК<sub>i</sub> заявки на установлении соединения по сети передаются три волны сигналов: поисковая, ответная и заключительная. Поисковая волна сигналов посылается при поступлении заявки на соединение с УК<sub>i</sub> и транслируется всеми узлами сети. Она служит для отыскания входящего узла УК<sub>j</sub>. Ответная волна сигналов посылается входящим узлом УК<sub>j</sub> после получения поискового сигнала и транслируется всеми узлами сети. Она служит для маркировки пути между исходящими и входящими УК<sub>i</sub>; при её прохождения прекращается трансляция поисковых сигналов. Заключительная волна сигналов посылается исходящим УК<sub>i</sub> после получения им ответной волны для установления соединения по кратчайшему пути.

Указанный способ требует передачи при каждом вызове по всем направлениям сети достаточно большого объема информации, прочем последний возрастает в моменты увеличения загрузки сети и снижается при сокращении числа вызовов. Это приводит к увеличению времени установления соединения и дополнительной загрузки каналов сети.

Способ рельефов заключается в следующем. Пусть задана сеть связи в виде графа, на каждой ветви которого стрелками указывается направление связи (рис 1). На сети выделяется один узел, пусть  $УК_A$ , по отношению к которому строится так называемый рельеф. Стрелкам, исходящим из  $УК_A$  припишем цифру 1, всем стрелкам исходящим из  $УК$  соседних с  $УК_A$  стрелки из которого отмечены числом 1, припишем число 2, и т.д. до тех пор пока не отметим цифрами все стрелки. В таком случае говорят, что сформирован А-рельеф, цифру у стрелок называют А-высотами.

Если сформирован рельеф сети, то его коррекция может осуществлять либо при возникновении повреждения или перезагрузки, либо по определенному расписанию, либо периодически по указанию центра управления.

По сравнению с волновым способом при этом способе существенно сокращается объем передаваемой по сети служебной информации, но в период между коррекциями рельефа в сети может существовать неправильный рельеф. Поэтому те соединения которые будут устанавливаться в промежутке между коррекциями, могут проходить не по кратчайшим путям.

При матричном способе ПРН, как и для метода рельефа, определяется не для каждого вызова, а для группы вызовов, возникающих в интервале между двумя его коррекциями. Матричный способ определения плана распределения нагрузки основан на матричном способе определения длины путей и выбора кратчайшего из них.

Для получения ПРН матричным способом необходимо иметь сведения о состоянии всей сети. Это связано с передачей большого объема информации при использовании для этой цели способа рельефов.

Игровой способ, относящийся к статистическим способам распределения нагрузки, не требует передачи по сети какой либо служебной информации. При этом способе оптимальный путь выбирается с учетом накопленной ранее статистики о вероятности прохождения соединения в том или ином направлении с заданными характеристиками тракта передачи. Матрица маршрутов здесь формируется на основе накопленной статистики об успешно и неуспешно устанавливаемых соединениях.

Реализация способов динамического распределения нагрузки в зависимости от степени централизации устройств управления сетью может осуществляться с использованием централизованного и децентрализованного принципов.

При централизованном принципе построения системы управления имеется одно или несколько дублирующих друг друга управляющих устройств сети УУС. При этом УУС передает параметры управления каждому узлу коммутации. Информация о состоянии на сети связи поступает в УУС с  $УК$  по сети отображения.

При децентрализованном принципе построения системы управления УУС находится на каждом узле коммутации и анализируют информацию не о своей сети, а лишь локальную информацию о ближайших к данному  $УК$  участках сети.

Однако в совокупности УУС всех УК должны обеспечить те же функции, что и УУС при централизованном принципе построения системы управления. В децентрализованной системе динамического управления сетью матричный способ не применяется, так как он требует полной информации о ситуации на всей сети связи. Способ рельефа применяется как в централизованном так и децентрализованной системах динамического управления, но наиболее эффективно он используется в децентрализованной системе. К децентрализованным относится также игровой способ динамического управления.

Эффективность динамического управления возрастает по мере уменьшения удельной нагрузки на канал. При возрастании же удельной нагрузки эффективность динамического управления, как и эффективность использования обходных путей при статическом управлении падает, достигая некоторого критического значения.

## 4. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕТЕЙ СВЯЗИ.

### 4.1. Цифровые сети интегрального обслуживания

Для построения ЦСИО необходимо решить две задачи:

1. Необходимо найти единый способ транспортировки любого вида информации.
2. Необходимо разработать единый способ коммутации для всех видов информации.

В настоящее время решена первая задача. Она решена путем представления любого вида информации в цифровой форме.

1 этап характеризуется построением узкополосных цифровых сетей с гибридными узлами коммутации. Скорость передачи в узкополосной сети составляет 64 Кбит/с. Гибридный узел коммутации представляет собой узел коммутации с коммутацией каналов и коммутацией пакетов. Это связано с тем, что пока не разработаны эффективные методы коммутации пакетов для коммутации речевых сообщений.

На 2 этапе предлагается построить широкополосную сеть со скоростью передачи 140 Мбит/с узел коммутации работает только в режиме коммутации пакетов.

Цифровая сеть интегрального обслуживания по рекомендации МККТТ должна передавать следующие типы информации. Информации типа «а» - речевая информация полоса частот 0,3 – 3,4 КГц. «α» - цифровые данные со скоростью 64 Кбит/с. Р – низкоростные цифровые данные со скоростью передачи до 16 Кбит/с работающей в пакетном режиме.

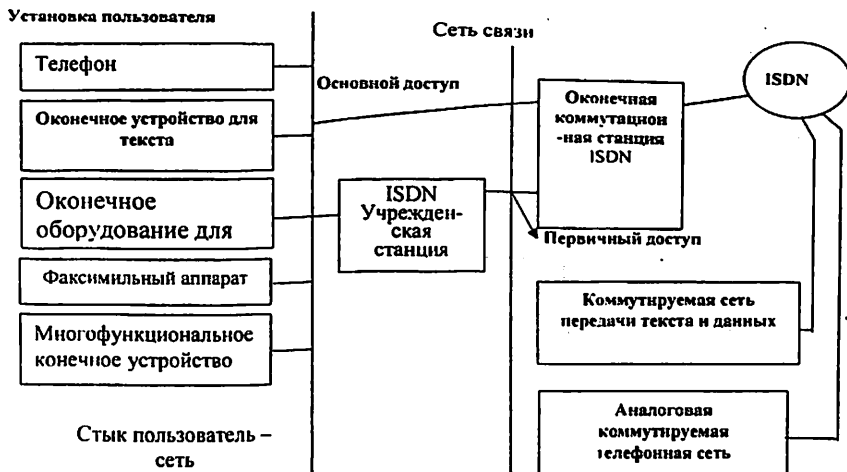


Рис.4.1.1. Архитектура построения ЦСИО

Основной ISDN является цифровизируемая телефонная сеть, т.е. сеть на базе цифровых телефонных каналов 64 Кбит / с. Соединения от абонента до абонента проходят по непрерывному цифровому каналу. Основной задачей сети ISDN является транспортировка информации между определенными абонентами. Эта информация может состоять из высказанного слова, написанного текста, преобразование этой первичной информации в электрические сигналы для транспортировки производится по соответствующим стандартам. (транспортировка битов).

Для того чтобы вся система работала необходимо решить следующие задачи:

1. Добиться совместимости между оконечными устройствами и централизацией информации.
2. Обеспечить возможность сопряжения служб.

S - информация сигнализации для передачи по выделенным сигнальным каналом.

Кроме выше указанных в широкополосных сетях дополнительно передаются следующие виды информации.

W – цифровая информация со скоростью  $n = 64$  КБит / с.

U – цифровая информация со скоростью больше чем W.

Для передачи всех видов информации в ЦСИО образуются следующие каналы:



Каналы типа А – аналоговый канал.

Канал В – основной цифровой канал 64 КГц.

D – предназначен для передачи информации типа S со скоростью 16 Кбит / с или 64 Кбит / с.

E – общий канал сигнализации между узлами коммутации.

H – цифровой канал со скоростью передачи 384 Кбит / с.

H – Цифровой канал со скоростью передачи 1536 КБ ит / с.

H – 30 Мбит / с.

H – 70 Мбит / с.

H – 140 Мбит / с.

При рассмотрении современной ситуации в технике связи стало ясно, что для индивидуальной связи имеются совместные во всем мире сети и службы, работающие с использованием многочисленных различающихся систем связи. Однако совместная работа отдельных систем связи для речи текста возможно лишь в исключительных случаях, поскольку оконечные установки, процессы доступа к сети и управления связью различны и специфичны. Но в связи с созданием единой цифровой сети возникла возможность передачи всех видов информации. С помощью такой сети можно достичь две цели.

Первая – интеграция техники. При этом, во – первых, техника для различных служб должна быть объединена, так чтобы, например, по абонентской линии и теми же средствами передавались как сигналы речи и так же сигналы текста.

Во – вторых, должна быть интегрирована техника, выполняющая в сети функции коммутации и передачи. Например, в цифровой сети при вводе в станции коммутации групповой сигнал осуществляется пространственное и временное распределения канала.

Вторая цель создания единой цифровой сети связи состоит во введении новых, обеспечивающих большие удобства служб и в интеграции служб. Эта означает, что с введением единого стыка между оконечной установкой и сетью, а так же единой процедуры установления и разрушения соединения ликвидируются службы связи для речи, текста данных. Эта цель достигается с введением цифровой сети с интеграцией служб.

В связи с появлением вычислительной техники в телефонии стали бурно внедряться микропроцессоры (микро ЭВМ). Для дальнейшего развития телефонных сетей возникло препятствие, в основе которых лежит аналоговая природа канальной аппаратуры и цифровая природа средств вычислительной техники для управления ими. Естественным выходом из создавшегося положения является переход к цифровой телефонии, где полностью используются, включая канальную аппаратуру, дискретные элементы на микроэлементной базе. Выход кажется простым: немедленно перейти к реализации ЦТС, обеспечивающих ряд преимуществ по сравнению с аналоговыми телефонными сетями.

Для более гладкого перехода сети необходимо осуществить переход поэтапно.

1.Этап 1. Характеризуется переходом к цифровым методом передачи и коммутации, т.е. строится так называемая интегральная цифровая сеть IDN при аналоговых абонентских линиях и аналоговых телефонах. На этом этапе сохраняются обособленные СПД с коммутацией каналов и коммутацией пакетов.

2. Этап 2. Создается собственно цифровая сеть ISDN (интеграл обслуживающе), которая объединяет телефонную сеть и СПД с использованием цифровых телефонных каналов. На этом этапе обеспечивается передача речи в цифровой форме по абонентской соединительным линиям.

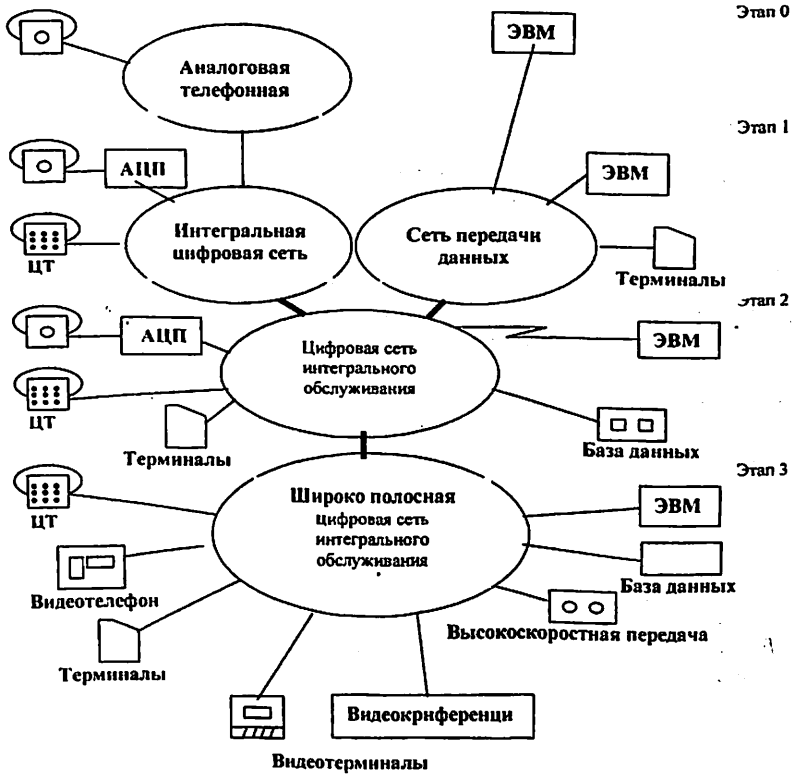


Рис.4.1.2. Этапы развития сети ЦСИО

3. Этап 3. Собственно означаем переход ко второму поколению СИО, так называемая широкополосных сетей интегрального обслуживания, отличающихся от интегральных сетей первого поколения возможностью организации широкополосных цифровых каналов для передачи телевизионных программ, высокоскоростной передачи файлов, организации видеоконференций.

### **Виды служб цифровых сетей интегрального обслуживания**

При создании ЦСИО предполагаются ввести следующие службы:

#### **1. Служба телефонной связи.**

В будущем предполагается организовать систему сигнализации по ОК (выделенный сигнальный канал), начиная с абонентского терминала. Это позволяет существенно упростить алгоритм обслуживания, т.к. в этом случае разговорный канал полностью освобождается от передачи какой-либо информации служебного характера. Кроме того, при создании ЦСИО служба телефонной связи предоставляет абонентам большое количество дополнительных видов обслуживания.

#### **2. Телексная служба (абонентский телеграф).**

Эта служба обеспечивает передачу букв и цифр пятиэлементным кодом со скоростью передачи 50 Бит/с.

##### **- Телетекстная служба.**

Эта служба для передачи текстовой информации между абонентскими терминалами. Телетекстный терминал представляет собой электронную пишущую машинку с памятью. В памяти передающего терминала осуществляется предварительное формирование страниц телекса. После этого эта информация по сети связи передается в приемный терминал со скоростью 2400 Бит/с. Для передачи используется семизэлементный код.

##### **- Факсимильная телефаксная служба.**

Эти службы обеспечивают передачу основной информации с оригинала (рисунки и т.д.). Специальное терминальное оборудование на передающем конце обеспечивает преобразование информации в электрические сигналы методом сканирования. В приемном терминале осуществляется воспроизведение этой страницы точечно-матричным способом печати. Для передачи одной страницы формата А-4 в аналоговом режиме требуется около одной минуты, а в цифровом режиме до 5 сек. При цифровом режиме скорость передачи 64 кбит/с.

##### **- Видеотекстовая служба.**

Эта служба предоставляет абонентам различные услуги (заказ авиабилетов, получение данных о погоде, заказ такси и т.д.). Эта служба использует стандартный телефонный канал.

##### **- Вещательная видеотелекстная служба.**

В отличие от видеотелекстной службы эта служба односторонняя, т.е. не усматривается обратная связь с абонентом.

- Служба ПД (передачи по Д-каналу).

В понятие ПД входит множество услуг, которые предоставляются абоненту сетью связи. К ним относятся такие службы – управление для телеметрии (т.е. снятие показаний счетчика), службах безопасности и дистанционного управления. Пропускная способность таких дополнительных служб изменяются в зависимости от загрузки Д- канала сигнализацией. По Д-канала с пропускной способностью 16 кбит/с возможна передача сигнала в среднем со скоростью до 10 кбит/с.

- Служба видеотелефонной связи. Эта служба обслуживает передачу подвижных изображений в звуковом сопровождении.

### Дополнительные услуги

1. Возможные услуги, связанные с соединением.

Таковыми являются дополнительные услуги ISDN типа быстрого и удобного установления соединений, выполнения соединений специальных видов, передачи сообщения с помощью промежуточного хранения и ограничения определенных соединений, а кроме того, специальных соединений и преобразований. Быстрое и удобное установление соединений и удобная связь позволяет:

- сокращенный набор номера – для часто вызываемых номеров. Пользователь для установления соединений может применить двухзначные сокращенные номера.

- Сквозной набор к абонентам УАТС. Повторные вызовы: последний из набранных номеров запоминается. Повторение набора следует за нажатием определенной кнопки или автомат через заданное время.

Набор при снятой трубке:

громкая связь через отдельный микрофон.

2. Выполнение соединений специальных видов, установка на ожидание при занятости, извещение о поступлении вызова с индикацией – при наличии уже установленного соединения вызываемый абонент акустическим сигналом или визуальным информируются о наличии дополнительных пожеланий на установление соединения с индикацией номера вызывающего пользователя. Абонент может установить следующее соединение.

- переадресация вызовов – пользователь может перенаправить все входящие вызовы на любую другую линию путем ввода ее номера.

- переключение вызовов при отсутствии реакции вызываемого абонента, пользователь может дать любой другой номер при не ответе абонента.

3. Ограничение определенных соединений.

- полное запрещение связи – по заявлению абонента запрещается установление входящего и исходящего соединения;

- запрещение исходящей связи по заявлению абонента распространяется, например, междугородные соединения, межконтинентальные и междугородные соединения;
- запрещение на входящем соединении на ограниченное время.

#### 4. Специальные соединения.

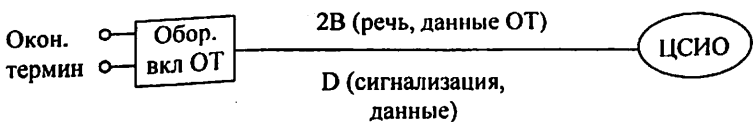
1. Постоянный перехват оплаты: вызываемый абонент принимает на себя полную оплату соединения при входящих вызовах.
2. Перехват оплаты в отдельных случаях – вызываемый абонент от случая к случаю может взять на себя оплату в течении времени всего соединения или части его.
3. Автоматический будильник.
4. Конференц-связь, подключение третьего абонента.
5. Возможные услуги, связанные с информацией.

Информация о плате, информация о сети, справки и идентификация и т.д.

ЦСИО – являются сетью открытого типа, поэтому количество служб здесь не ограничено.

#### Доступ пользователя к ЦСИО. Базовый и первичный доступ (физический уровень).

Базовый (основной) и первичный доступы являются двумя типами систем доступа, через которые подключаются оконечные терминалы к узлам коммутации ЦСИО. Базовый доступ является основным для большинства оконечных терминалов, а первичный доступ используется для оконечных систем с повышенной нагрузочной способностью, например, для систем коммутации больших учреждений, ведомственной локальной сети, базы данных. Базовый доступ обеспечивает два информационных канал В со скоростью передачи 64 Кбит / с каждый и сигнальный канал D со скоростью передачи 16 Кбит / с для одного абонентского пункта, т.е.  $BD = 2B + D$ . Для организации базового доступа используется стандартная двухпроводная телефонная абонентская линия с номинальной скоростью передачи 144 Кбит / с. Однако в точке интерфейса с сетью суммарная скорость передачи должна быть 192 Кбит / с, так как необходимо еще передавать информацию, обеспечивающую синхронизацию и управление цифровым потоком.



Для организации первичного доступа используется существующая система передачи ИКМ 30 / 32, которая содержит 32 канала со скоростью передачи 64

Кбит / с. Как обычно канал 0 используется для синхронизации и управления. Шестнадцатый канал используется как канал D со скоростью передачи 64 Кбит / с. Остальные 30 каналов используются как каналы B. Таким образом  $PD = 30 B + D$  с номинальной скоростью передачи. 1984 Кбит / с. С учетом канала 0 реальная скорость передачи составляет 2048 Кбит / с.

БД обеспечивает подключение к узлу коммутации ЦСИО оконечных терминалов двух типов. Оконечные терминалы первого типа ТЕ 1 представляют собой интеллектуальные однофункциональные терминалы, которые разработаны в соответствии с рекомендации МККТТ по интерфейсу пользователь - сеть и предназначены для включения в ЦСИО через базовый доступ.

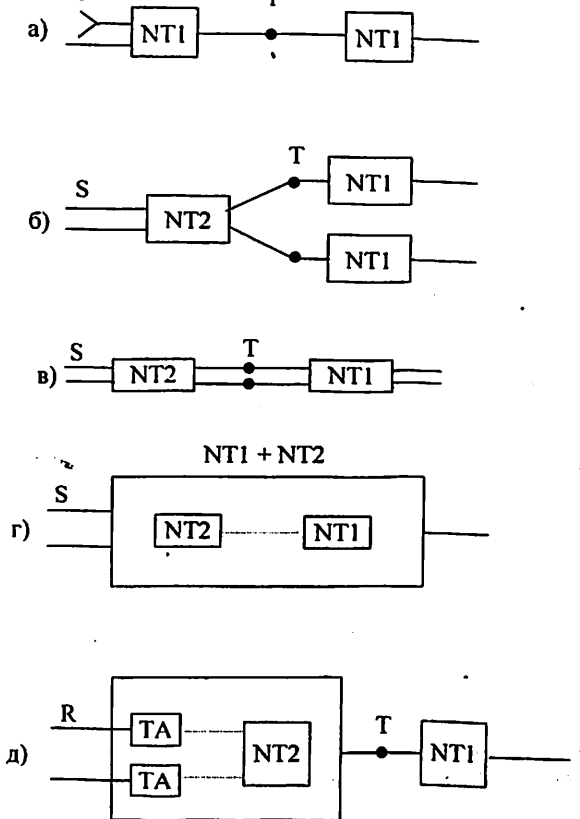


Рис.4.1.3. Примеры реализации устройств NT 1, NT 2 и ТА.

ТЕ 2 - это множество существующих в настоящее время терминалов. Эти терминалы разрабатывались для использования на сетях связи различного назначения. Для их включение в ЦСИО необходимо специальное оборудование, над терминальным адаптером (ТА). Например, для ТА X 21. ТА X 21 обеспечивают подключение к ЦСИО терминалов сети коммутации каналов. Для ТА X 25 к ЦСИО терминалов сети пакетной коммутации.

Важной задачей блока сетевого окончания NT2 является обеспечение совместного использования одного сетевого окончания несколькими оконечными устройствами (см. рис.4.1.3). Число оконечных устройств, их пространственное распределение, а также реализация NT2 могут существенно различаться ( см. рис.4.1.3).

Однако NT2 может быть и весьма сложным устройством, например учрежденческой станции, которая обеспечивает концентрацию нагрузки многих разнесенных в пространстве оконечных устройств и предоставляет оконечным устройствам дополнительные возможности (например, замыкание внутреннего трафика). Такое NT2 может также предоставлять уже упомянутую выше «пассивную шину».

Соединение NT2 и NT1 может осуществляться по разному. При малой нагрузке NT2 соединяется только с одним NT1 (рис.4.1.3 г.). При более высоких требованиях в отношении нагрузки и предоставляемых возможностей один NT2 может многократно подключаться к разным блокам NT1 (рис.4.1.3 а,б).

По экономическим причинам различные функциональные блоки могут при своей реализации объединяться, образуя одно комбинированное устройство (рис.4.1.3).

NT 2 является сетевым окончанием и выполняет функции коммутации и концентрации нагрузки для группы оконечных терминалов. NT 2 осуществляет выравнивание сигналов поступающих от различных ТЕ1 и ТА с коррекцией искажений. Каждый NT 2 может содержать несколько S интерфейсных портов для подключения оконечных терминалов, при этом один порт позволяет подключить до восьми терминалов. Если требуется только один интерфейсный порт, интерфейсы S и T сливаются, следовательно, NT 2 и NT 1 физически представляют единое целое.

С помощью функционального блока NT 1 обеспечивается независимость всех остальных функциональных блоков абонентской установки ( т.е. NT 2 , ТЕ 1 , ТА , ТЕ 2 ) от способа передачи сигналов по абонентской линии.

Блок сетевого окончания NT 1 играет важную роль при локализации повреждений. В случае неисправности система коммутации должна установить место повреждения с тем, чтобы обслуживающий персонал мог приступить к его устранению. Кроме того, можно использовать испытательные шлейфы, которыми по требованию может управлять система коммутации.

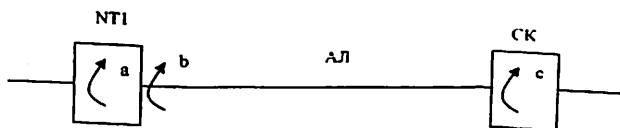


Рис.4.1.4. Испытательные шлейфы для локализации повреждений.

С помощью испытательного шлейфа С может тестироваться сама система коммутации до начала установления соединения. Испытательный шлейф «в» позволяет сделать заключение о том, что подключена АЛ к пользователю в соответствии с заданными требованиями (через блок NT 1) или нет, причем в последнем случае система коммутации распознает это как повреждение АЛ.

С помощью испытательного шлейфа СК могут установить ли правилам передача сигналов по Ал в обоих направлениях. При этом система по требованию замыкает шлейф через NT1, по которому переданная системой коммутации информация возвращается к ней полностью или частично.

NT 1 является физическим и электрическим окончанием оборудования, подключаемого к двух проводной абонентской линии с номинальной скоростью передачи 144Кбит/с.

LT является линейным окончанием, т.е. окончанием оборудованием абонентской линии на узле коммутации. LT и NT1 как правило однотипное оборудование, которое зеркально включается на концах абонентской линии. Это оборудование обеспечивает синхронизацию и управление (на физическом уровне), а также поддерживает заданную скорость передачи информации, тем самым реализуя V интерфейс.

ET - станционное окончание, которое выполняет функции окончного станционного комплекта по сигнализации, кроме того ET содержит пакетное ЗУ и обеспечивает обработку пакетной информации.

Интерфейс U для организации базового доступа используется обычная телефонная двухпроводная абонентская линия. Передача цифровой информации по этой линии: т.е. протоколы физического уровня, которые определяют: скорость передачи, способ синхронизации, организация дуплексной связи, линейный код. Скорость передачи информации номинальная скорость передачи по абонентской линии составляет 144 Кбит/с.

Синхронизация абонентской линии - цикловая структура интерфейса V. Передаваемый цифровой поток во времени делится на циклы по 4 мс каждый. Один цикл содержит 640 бит, которые разделены на 34 сегмента: 32 сегмента W сегмент синхрослова SYN и сегмента управления. Каждый сегмент W<sub>1</sub> состоит из 19 бит, при этом 8 бит для канала В<sub>1</sub>, 8 бит для В<sub>2</sub> и 2 бита для канала D, а один



имеет постоянное значение «0». Сегмент SYN состоит из 19 бит причем значение всех бит «1». Сегмент С состоит из 13 бит. 12 из которых используется для передачи управляющей информации физического уровня. а один бит имеет постоянно значение «0». Таким образом. за 4 мс осуществляется передача 640 бит информации, что соответствует скорости передачи 160 Кбит/с.

Организация дуплексной связи существует 2 способа: организация дуплексной связи по двух проводной абонентской линии: под названием «Пинг-понг» и способ оснований на использовании дифсистемы.

1. Способ «Пинг-понг» обмен информации между NT1 и LT осуществляется поочередно, т.е. передача информации от NT1 к LT и от LT к NT1 разнесены во времени. Этот способ не требует больших затрат на аппаратную реализацию. но необходимо увеличение скорости передачи в два раза.
2. При использовании дифсистемы передача информации в обоих направлениях осуществляется одновременно.

Однако, из-за несовершенства дифсистемы и невозможности четкого согласования при подключении линии возникает отраженный сигнал, так называемое ЭХО. Для компенсации этого сигнала используют специальный адаптивный фильтр, который обеспечивает компенсацию ЭХО сигнала на выходе приемника, этот метод более сложен в аппаратной реализации. однако на практике этот способ дает лучшее качество связи чем способ «Пинг-понг»

Интерфейсы S и T (сеть пользователя)

Границей между сетью и аппаратной пользователя является S интерфейс. Пользователь имеет право включать в каждый порт стандартного S интерфейса до 8 оконечных терминалов, удовлетворяющих требованиям ЦСИО. Подключение оконечных терминалов осуществляется через S интерфейс. основными функциями которого является:

1. Подключение к одному порту до 8 оконечных терминалов.
2. Обеспечение возможности одновременного обмена информацией для нескольких оконечных терминалов.
3. Распределение поступающих вызовов между оконечными терминалами с учетом их назначения.
4. Обеспечение передачи информации на участке S интерфейса с затуханием не более 6 дБ.

Реализация вышеперечисленных функций возлагав на NT 2. NT 2 выполняет функции первого уровня, частично уровня 2, а также если имеется несколько портов подключения оконечных терминалов то и уровня 3. Возможны случаи, когда NT 2 выполняет только функции физического уровня (1). В этом случае S интерфейс называется прозрачен, т.е. происходит слияние S и T интерфейса. Примерном может служить случай, когда к абонентской линии подключается только один оконечный терминал. Номинальная скорость передачи информации на участке S интерфейса 144 Кбит/с, а действительная 192 Кбит/с. В общем случае

S интерфейс имеет многоточечную структуру и в зависимости от расстояния от оконечных терминалов до NT 2 может иметь конфигурацию активной шины, пассивной шины или звезды. При одноточечной структуре S интерфейс, т.е. когда к порту NT 2 подключается только один оконечный терминал, он имеет конфигурацию «из конца в конец». Конфигурация пассивной шины наиболее целесообразно для небольших абонентских пунктов, например, школа, магазин и т.д.

Интерфейс T выделяется при реализации первичного доступа, а также базового доступа и многоточечной конфигурации подключения оконечных терминалов TE. Функции T интерфейса реализуется NT 1. Интерфейс T имеет скорость передачи информации 256 кбит/с. При этом формат интерфейса T аналогичен формату интерфейса V. При одноточечном подключении, т.е. когда имеется один TE и отсутствует NT 2 терминальная линия включается непосредственно в оборудование, реализующие S и T интерфейсы.

Интерфейс V. Станционный модуль ET обычно обеспечивает подключение группы абонентских линий (группы LT). Таким образом, ET реализующий функции интерфейса V, обеспечивает мультиплексирование цифровых потоков, поступающих от группы LT. С точки зрения унификации ET, который является терминальным модулем узла коммутации, целесообразно использовать стандартную скорость передачи 2048 кбит/с первичной цифровой системы передачи, содержащий 32 канала.

### **Согласующее устройство ТА**

Обычные оконечные устройства могут подключаться к ISDN через согласующее устройство ТА. Это облегчает пользователю как в экономическом, так и в организационном отношении подключения к ISDN. Пользователь ISDN должен иметь возможность установить связь со своим партнером с помощью обычного и с помощью нового оконечного устройства, даже если его партнеры подключены к специальной служебной сети.

Согласующие устройства обычно подключаются к стыку в контрольной точке S (рис.3.3 д). Однако одно или несколько согласующих устройств могут объединяться с NT2, образуя одно устройство (рис.3.3), которое подключается к стыку контрольной точки T. В этом случае, при разработки правил для контрольной точки S основное внимание уделялось тому, чтобы важнейшие, выполненные по рекомендации МККТТ, могли быть сопряжены без затруднений.

### **Подключение частных сетей**

Возможности подключения к ISDN частных сетей будут понятны при рассмотрении подключения учреждений станций.

Существуют три альтернативных способа подключения учреждений (рис.4.1.5) к контрольной точке S, к контрольной точке T и к АЛ.

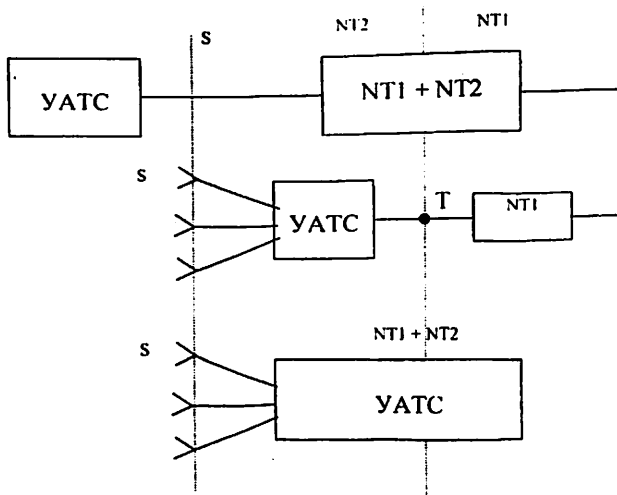


Рис.4.1.5. Подключения УАТС .

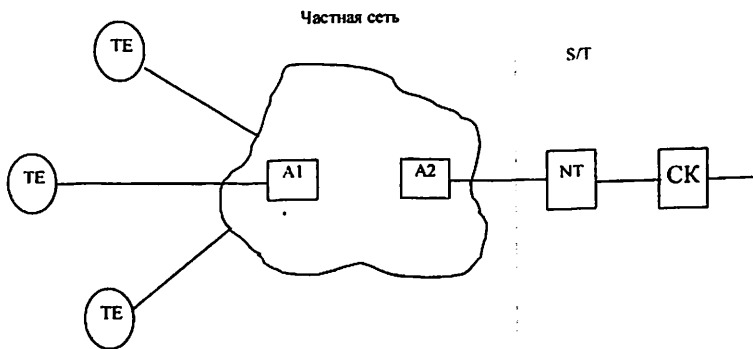


Рис.4.1.6. Подключение местных сетей.

При подключении к точке S (рис.4.1.5) учрежденческая станция (со стороны сети) подключается как оконечное устройство. В этом случае, блок NT1 + NT2 не должны обеспечивать функции NT2.

При подключении к точке T (рис.4.1.5) учрежденческая станция берет на себя функции NT2, при непосредственном подключении учрежденческой станции к АЛ функции NT1 и NT2.

При непосредственном подключении к АЛ можно получить определенные преимущества по сравнению с двумя первыми вариантами в части стоимости, если между блоками NT1 и NT2 не используется стандартный стык, тогда учрежденческая станция будет зависеть от ограничиваемых условий при связи по АЛ, которые до сих пор еще не стандартизованы на международном уровне.

В абонентской части может быть также создана сложная сеть, например, из комбинации учрежденческих станций, связанных друг с другом, локальные сети.

Частная сеть, реализуемая по концепции ISDN, может стать сетью с возможностями ISDN при использовании согласующих устройств внутри частной сети: типа А1 для подключения к ней оконечных устройств ISDN и типа А2 (рис.4.1.6) для подключения частной сети к ISDN общего пользования.

Механизмы адресации ISDN таковы, что адресного пространства достаточно для адресации к каждому оконечному устройству, подключенному к частной сети, и обеспечения возможности соединения нескольких локальных сетей между собой с помощью ISDN общего пользования и соответственно образования большой частной сети.

#### Абонентское окончание.

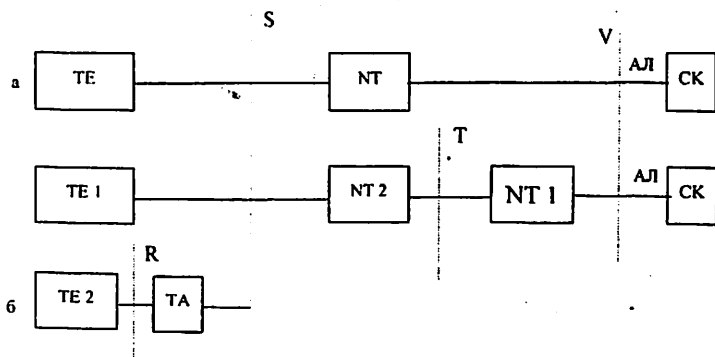


Рис.4.1.7. Структура абонентской установки.

АЛ – абонентская линия;

СК – система коммутации;

NT, NT1, NT2 – устройства сетевого окончания;

K, S, T, V... - контрольные точки;

ТА – согласующее устройство;

ТЕ – оконечное устройство;

ТЕ 1 и ТЕ 2 - оконечное устройство со стыком ISDN и с обычным стыком.

В отличие от цифровой телефонной сети с передачей в абонентские устройства аналоговых сигналов существенным техническим новшеством, связанным с ISDN является переход к цифровым абонентским линиям. Одно или несколько оконечных абонентских устройств ТЕ подключается к устройству сетевого окончания NT. Оконечные устройства могут быть либо однотипными, например, несколько телефонных аппаратов, либо представлять собой комбинацию разнотипных устройств, например, устройства передачи речи и текста. Устройства сетевого окончания NT обеспечивает подключение абонентской установке к абонентской линии и возможность совместного использования одной АЛ несколькими оконечными устройствами. С учетом необходимости выполнения обеих этих задач устройство NT разделяется на два функциональных блока.

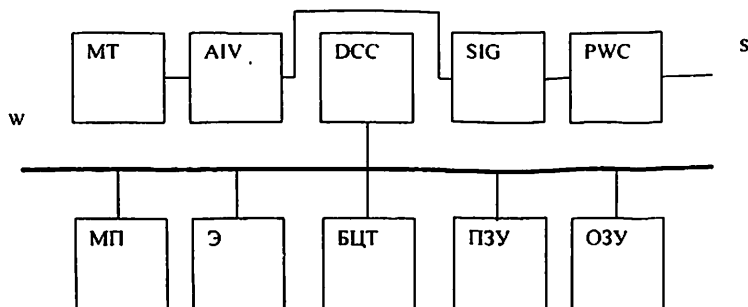


Рис.4.1.8. Многофункциональный терминал.

MT – микрофонная трубка.

AIV - акустический интерфейс для преобразования аналого – цифровых сигналов.

DCC – контролер канала D, позволяет осуществить доступ к каналу D.

SIG – контролер интерфейса «S».

PWC - контролер электропитания.

БЦТ – буквенно цифровая тастатурная.

МП – микропроцессор.

Под многофункциональными понимаются такие оконечные аппараты, с помощью которых возможно попеременная или одновременная передача нескольких видов информации. Для многофункционального оконечного устройства требуется существенно меньшая площадь. В многофункциональном оконечном устройстве для речи и данных телефонная связь может быть улучшена тем, что экран, входящий в его состав, может быть использован не только для индикации данных, но и для отображения хранящихся в его памяти телефонных списков. Простейшим примером многофункционального оконечного устройства является ТА с экраном. Этот аппарат позволяет осуществлять телефонную связь в ISDN и использовать видеотеки попеременно или одновременно благодаря двум В – каналам в основном абонентском окончании ISDN.

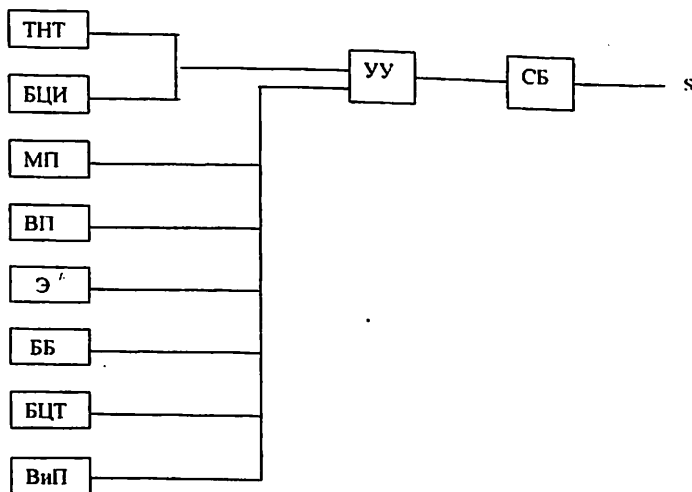


Рис.4.1.9. Устройство передачи данных и приёма.

БЦИ – буквенно – цифровой индикатор.

ВП – внутренняя память.

Э – экран, дисплей.

ББ – блок печати.

МП – микропроцессор.

БЦТ – буквенно цифровой тастатура.

ВиП – внешняя память.

В существующих сетях абоненты получают доступ к различным службам с помощью множества терминальных устройств. Каждый терминал разработан

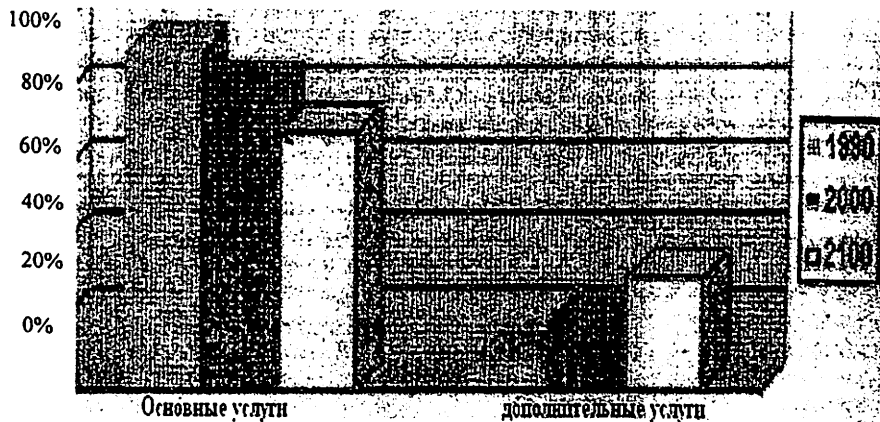
конкретно для доступа к одной службе. Это приводит к тому, что для абонента для доступа к различным службам должен при себе иметь большое количество окончных терминалов. Для выхода из этого положения разрабатывается окончный терминал, позволяющий доступ к различным службам. Такие терминалы называются многофункциональными терминалами.

#### 4.2. Интеллектуальные сети связи.

Бурное развитие телекоммуникационных технологий, особенно, в последние 20-30 лет, в первую очередь объясняется постоянно возрастающей потребностью в количестве и качестве предоставляемых услуг. В свою очередь рост потребности в качестве услуг увеличением коммуникабельности как мирового сообщества в целом, так и отдельных его групп и индивидуумов. Появляются новые технологии и виды связи, которые бурно развиваются. Однако, не меньше темпы развития и у традиционных видов связи, таких как телефонная связь. На протяжении последних тридцати лет в телефонной связи проявляются закономерные тенденции, присущие любым технологиям предоставления услуги в индустриальном обществе; возникновение потребности в услуге, частичное удовлетворение данной потребности при высоких ценах на услугу, расширенное предоставление услуги за счет уменьшения ее цены, полное предоставление услуги с минимальными ценами и далее - возникновение новых потребностей (или «воспитание» их в потребителе) и т.д. Появление альтернативных видов связи, конкурирующих с телефонной связью, естественно, влияет на тарифную политику операторов телефонной связи. Уже в 70-е годы появилась мировая тенденция к снижению тарифов на «коммутационные услуги» телефонной связи. а в настоящее время они находятся на грани окупаемости. Любые не экономические пути регулирования тарифов приводят, в условиях рыночной экономики, к еще большим потерям. Единственным путем выживания в данном случае является уменьшение собственных издержек операторов. Для того, чтобы успешно экономически развиваться и технически прогрессировать, операторам телефонной связи приходится постоянно улучшать качество связи за счёт модернизации оборудования на сетях связи. Поэтому поиск экономических резервов развития является основой для любого оператора связи. Учет существующих тенденций на настоящем этапе позволяет повторить уже известную формулу эффективности телефонной связи: введение дополнительных услуг плюс снижение собственных издержек. Все вышеизложенное отражает мировые тенденции для любых видов телефонной связи. Однако отечественная специфика предоставления услуг телефонной связи заставляет внести некоторые дополнения в известную формулу. Речь идет о рентабельности различных видов телефонной связи: местной, междугородной и международной, радиотелефонной связи. Хотя в мировой практике также имеются отличия в рентабельности этих видов связи, отсутствие временного учета на местной телефонной связи, делает

отличия практически несопоставимым. Поэтому необходимо внести некоторое объединительное начало, которое позволит за счет части дополнительной прибыли от услуг междугородной, международной, радиотелефонной связи увеличить рентабельность местной связи. Таким объединительным началом может служить создание на новых принципах единой системы биллинга при предоставлении как дополнительных услуг местной связи, так и услуг междугородной, международной и некоторых видов радиотелефонной связи. Существует ещё один аспект мировых тенденций, который может повлиять существенно перераспределение доходов от услуг телефонной связи. Это появление альтернативных средств междугородной и международной связи, в частности IP - телефония. Поэтому создание биллингового пула с учетом наличия в нем альтернативных средств, может существенно сгладить скачки в перераспределении доходов.

2. **Дополнительные услуги.** Основной услугой телефонной связи традиционно считается услуга по установлению соединений. Услуги, связанные с предоставлением абонентам дополнительного сервиса, считаются дополнительными услугами. Рост потребности абонентов (в том числе и путем их «воспитания») в дополнительных услугах телефонной связи и тенденции этого роста наглядно иллюстрируются на рис-1. В таблице 1 приведен основной перечень дополнительных услуг. В графе 2 таблицы дается балльная экспертная оценка привлекательности данных услуг (10 баллов - услуга привлекательна для всех абонентов сети) в



1990 и 2000 годах для телефонных сетей 100-400 тысяч абонентов и 500 тысяч и более абонентов.

Как видно из приведенных данных, средний рост потребности в перечисленных дополнительных услугах за последние 10 лет увеличился в 3 раза, в то время как



рост предоставленных услуг увеличился в 2,5 раза. Таким образом, даже по мировой статистике рост потребности в дополнительных услугах превышает рост объема их предоставления, хотя и близок к нему.

Таблица 1

1	Информационно-справочное обслуживание	3	5	4,5	6
2	Информационно-заказное обслуживание	2	3,5	3,5	5,5
3	Голосовая почта	1	4	0,5	3
4	Почта факсимильных сообщений	0,1	1	0,5	2
5	Телегосование	2	5	3	7
6	Опросы	0,5	3	0,8	4
7	Бесплатный вызов	2	4	3	6
8	Универсальный номер доступа	0,2	0,8	0,4	1
9	Коллективные объявления и множественный доступ	1	1,5	1,5	2
10	Переадресация информации	0,1	1,5	0,1	2

В каждый период времени операторы телефонной связи предлагают те дополнительные услуги, которые они могут реализовать существующими или перспективными техническими средствами. Например, на уровне введения на АТС дополнительных блоков типа Centrex можно было реализовать определенный комплекс дополнительных услуг даже на координатных станциях.

При этом блоки Centrex могли обслуживать абонентов нескольких АТС или выделенных сетей, что давало возможность строить корпоративные сети с единым сервисом. С другой стороны, появление в 70-х годах цифровых АТС позволяло операторам предоставлять целый комплекс дополнительных услуг (ISDN) на основе цифровых станций. Таким образом, в середине 70-х годов сформировалось два подхода к предоставлению дополнительных услуг телефонии. Условно их можно разделить на «распределенный» и «централизованный». Под «централизованным» способом понимается способ предоставления услуг абонентам сети вне зависимости от вида АТС (аналоговые, цифровые) посредством реализации единого центра предоставления услуг.

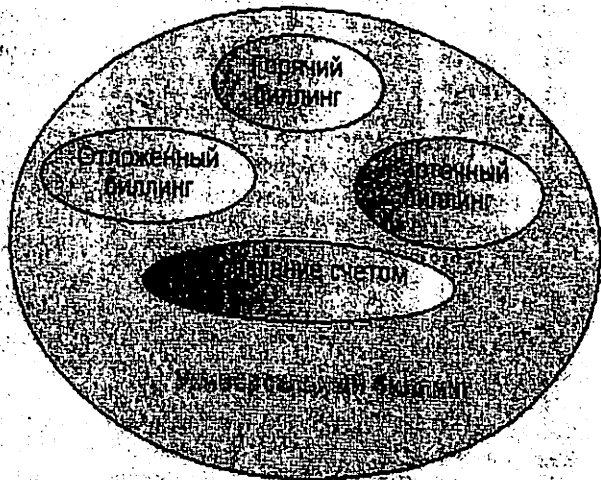
Под «распределенным» способом понимается способ оказания услуг абонентам каждой из АТС ее собственными средствами. Появление и бурный рост цифровой телефонии, новые возможности, которые представляли цифровые станции и сети, по сравнению с аналоговыми системами, повлекли за собой качественные изменения, как в сфере установления соединений, так и в сфере

предоставления дополнительных услуг. В тех странах, в которых имелись экономические возможности перехода на принципы ISDN, предоставление дополнительных услуг практически полностью осуществлялось на этой основе. Однако у такого способа предоставления дополнительных услуг постепенно выявлялись и недостатки, которые выражались в необходимости модернизации программного обеспечения на каждой станции для предоставления новых дополнительных услуг. Вследствие этого, даже ярые приверженцы оказания дополнительных услуг на принципах ISDN постепенно принимали идею централизованного подхода.

Данные разработки велись, начиная с 1979 года, в том числе и в Центральном научно-исследовательском институте связи. До 1990 года были внедрены две системы (1984, 1986). Естественно, говорить о широкомасштабном внедрении в то время не приходилось, однако, был получен ценный опыт который послужил основой дальнейших отечественных разработок.

Таким образом, в конце 80-х годов в мировой практике был сформирован подход к централизованному способу оказания услуг на телефонных сетях. В этом подходе были сконцентрированы все положительные возможности цифровой телефонии с возможностью разделения процессов коммутации и оказания коммутации дополнительных услуг.

Была определена концепция и основные интерфейсы между коммутационным оборудованием и «интеллектуальным» центром оказания услуг. Интеллектуальный центр стал основой интеллектуальной сети связи (Intelligent Networks – IN) или сокращенно ИСС.



Данный подход позволяет операторам постепенно наращивать ресурсы ИСС, дает возможность использовать его на своих сетях, независимо от соотношения аналоговых и цифровых АТС, и имеет относительно открытую архитектуру, позволяющую использовать отдельные разработки приложений разных производителей. Основой интеллектуального центра является интеллектуальная платформа (ИП), которая подключается к коммутационному оборудованию сети специальными интерфейсами. В этом случае для обновления номенклатуры услуг для абонентов всей сети достаточно просто дополнить данное программное обеспечение в одном месте.

В настоящее время операторы телефонной связи затрачивают значительные средства на организацию расчетов с абонентами за предоставленные им услуги. Вопрос оптимизации биллинга услуг телефонной связи и расчетов с абонентами за предоставленные услуги является во всем мире главным вопросом. Для осуществления биллинга необходимым условием является наличие средств съема информации о том; кто получил услугу, когда, какая услуга получена и сколько она стоила. При этом можно различать централизованный или децентрализованный биллинг. Например, биллинг междугородной связи с городских телефонов можно отнести к централизованному биллингу, а таксофонную связь - к децентрализованному биллингу. Кроме того, различают отложенный биллинг, когда расчеты производятся по состоявшимся звонкам, например, за месяц, и «горячий» биллинг (или on-Line), когда тарификация производится в процессе звонка, а его стоимость становится известной сразу по его окончании. То же можно отнести и к предоставлению дополнительных услуг. Одной из важнейших составляющих биллинга является тарификация, т.е. определение на основе базовых тарифов за услугу и индивидуальных договоренностей между оператором и абонентом (индивидуальных тарифных планов) стоимости оказания данной услуги в данное время в данном месте. Расчет с абонентами за предоставленные услуги на основании результатов биллинга может строиться на кредитных или дебетовых принципах или их совокупности. Не является исключением и абонентская плата, которую можно рассматривать как кредит или предоплату за объем услуг без их тарификации. При кредитной системе оплаты оператор фактически кредитует абонента с момента предоставления услуги до момента получения оплаты на свой счет. Однако не все абоненты платят своевременно, поэтому среднее время кредита еще больше. Принцип предварительной оплаты (pre-paid) за услуги, которые будут гарантированно предоставлены оператором, относится к дебетовым принципам оплаты. Ошибочно к нему относят способ оплаты по телефонным карточкам. В действительности телефонные, как и банковские карточки могут быть как дебетовыми, так и кредитными. Выпуская (эмитируя) телефонные карточки оператор, как и банк, может отдавать их бесплатно, имея от абонентов гарантии их оплаты в соответствии с определенными сроками и принципами. Таким образом, «карточный» принцип оплаты включает в себя оплату pre-paid наравне с

кредитной оплатой. Необходимо иметь в виду, что карточный принцип оплаты по контактному и бесконтактному телефонным карточкам отличаются между собой тем, что контактные карточки требуют технические средства ввода и считывания с них информации. Бесконтактные карточки не требуют от терминала дополнительных свойств по считыванию информации, поскольку указанный на них пароль («пин-код») абонент вводит стандартными средствами: голосом или набором цифр. Из вышеизложенного следует, что принцип биллинга по бесконтактным карточкам может быть только централизованным. Другой особенностью биллинга по бесконтактным карточкам является тот факт, что карточка является просто визуальным носителем информации о пин-коде, поэтому как физический элемент может отсутствовать, если абонент просто запомнит этот пароль. Таким образом, биллинг по бесконтактным телефонным карточкам является универсальным биллингом, осуществляемым в режиме on-line по централизованной схеме (рис-2). Из этого следует еще одна важная возможность расчетов с абонентами. Абонент получает возможность управления суммами и остатками на купленных карточках, в частности, пополнения одной карточки за счёт другой, автоматическое отсоединение от текущего счета своего терминала счета карточки, замена одной карточки на другую и т.д. Т.е. практически те же возможности, которые имеет клиент банка с разными кредитными или дебетовыми карточками. Эти возможности особенно полезны в телефонных сетях с безусловным опознаванием номера вызывающего терминала, например, сетях мобильной радиосвязи или выделенных сетях. В таких сетях абонент может только первоначально ввести пин-код своей карточки, а затем пополнять ее с других. Универсальный биллинг позволит ему осуществлять любые действия с предоплаченными карточками, в том числе перейти с одной карточки на другую, введя другой пин-код (Такая возможность не дает обычный биллинг pre-paid.) В случае использования одного мобильного телефона несколькими абонентами (например, один телефон не несколько пользователей, арендованные телефоны, таксофоны) такой принцип становится практически единственным возможным. Таким образом переходя на новые формы биллинга, оператор может значительно уменьшить свои задержки как за счет упрощения взаимодействия с абонентом (выписка и рассылка счетов, получение и контроль оплаты и т.д.), так и за счёт перехода с кредитовых на дебетовые принципы оплаты предоставляемых услуг. Переход на современные системы расчетов с абонентами за предоставленные услуги может осуществляться на основе принципов, заложенных в ИСС.

**Единые центры расчетов и услуг.** Под объединением расчетов за дополнительные услуги местной телефонной связи, междугородной и международной связи, радиотелефонной связи и IP-телефонии, подразумевается не только единая технология расчетов, но и возможен единый инструмент. Таким единым инструментом может служить единая телефонная карточка по расчетам за все услуги свои в рамках данного региона. Интересно отметить, что предварительные исследования групп абонентов, которые пользуются или хотят

пользоваться вышеперечисленными услугами, совпадают на 70%, а их общее число составляет порядка 25% от общего числа потенциальных пользователей. Интересно отметить, что наличие единого инструмента - единой телефонной карточки позволяет выйти за пределы только дополнительных услуг местной телефонной связи и подключает к потенциальным пользователям абонентов таксофонной сети. Новая таксофонная сеть строится на базе существующей местной таксофонной сети с модернизацией обычного таксофона (замена дискового номеронабирателя на тактовый) с бесплатным подключением ее к центру биллинга. Поскольку в большинстве таксофонных сетей уже имеются таксофоны на контактных карточках (чиповых к магнитным) не имеет смысла их переделывать, достаточно запрограммировать их на работу по дополнительному бесплатному номеру доступа на единую биллинговую систему. Принципиально нет ограничений при оплате по карточке абонентской платы и счетов за повременную оплату домашних телефонов. Достаточно прописать эту оплату в центре биллинга как бесплатную дополнительную услугу. Междугородная и международная связь предоставляется не только на основе традиционной связи, но и на основе использования альтернативных систем, в частности IP- телефонии, при этом для: выбора вида связи используется единый номер доступа и единый инструмент оплаты. В местах отсутствия кабельной сети в качестве таксофонов могут использоваться обычные таксофоны с блоком радио доступа любой системы сотовой связи.

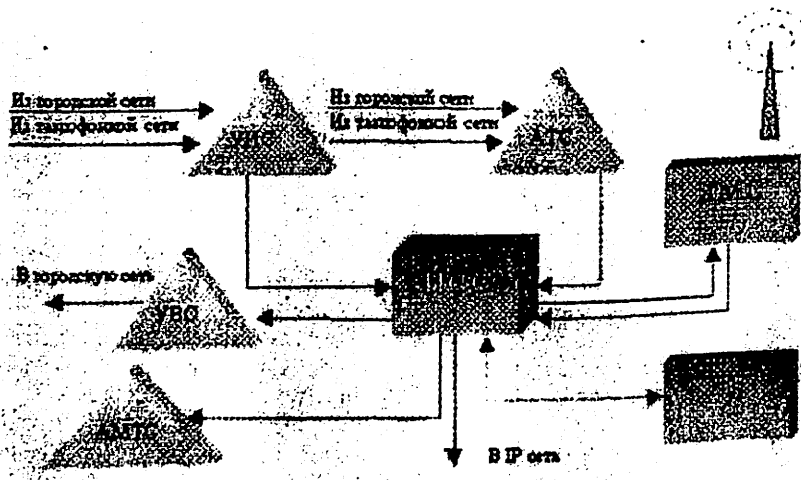


Рис. 4.2.1. Взаимодействие существующей сети с интеллектуальной сетью.

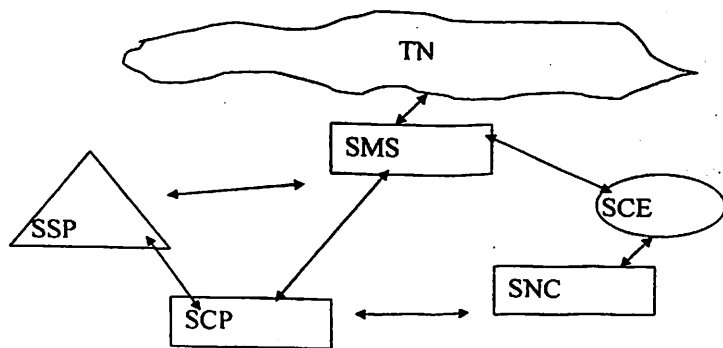


Рис 4.2. Структура ИСС

Одновременно, могут быть использованы обычные сотовые телефоны при их работе по таксофонному принципу. Таким образом, абонент, приобретая единую телефонную карточку, может воспользоваться всеми услугами телефонной связи. Естественно, что единый центр расчетов должен иметь возможность разделить доходы от услуг за каждый вид связи и произвести расчеты между операторами. Один из вариантов организации единого центра расчетов и услуг показан на рис 3. Абоненты городских телефонов через узел входящей связи (УИС) или непосредственно через АТС соединяются с ИСС и могут получить и сразу оплатить по единой телефонной карточке дополнительные услуги, услуги междугородной и международной связи в том числе на основе IP-телефонии, а так же оплатить счета по абонентской плате и/или за повременную оплату местной связи. Аналогичные возможности получают абоненты мобильной связи с ИСС через свой коммутатор. Абоненты таксофонной связи, кроме вышеперечисленных услуг, получают услуги местной связи после соединения ИСС с городской сетью через узел входящей связи (УВС). При этом с помощью одной и той же карточки абонент может получить и сразу оплатить любые услуги, с какого бы телефона он ни звонил. Все вышеизложенное никак не отвергает и не препятствует построению на основе ИСС отдельных центров расчетов и предоставления услуг для каждого вида связи, однако максимальный эффект, по нашему мнению, может быть достигнут при пользовании иного центра.

**Два подхода к построению ИСС.** Как уже упоминалось выше, разработчики и производители ИСС шли разными путями к построению интеллектуальных сетей. Естественно что производители цифровых станций пытались интегрировать интеллектуальный центр в эти станции, ориентируясь на принципы ISDN и дезинтеграцию этих принципов на ИСС. Другим путем создание ИСС, в том числе которые пошли отечественные разработчики, явился путь, базирующийся на

разработках компьютерной телефонии. (СТТ) и интеграции данных принципов. На рис 4 показан обобщенный вариант архитектуры ИСС, построенный на основе первого перехода. SMS –узел администрирования услуг, реализует администрирование и управление, обеспечивает обработку данных всей сети; SCP – узел управления услугами, обычно представляет собой интеллектуальный сервер баз данных, содержащий процедуру алгоритмов предоставления услуг и маршрутизации вызовов. SSP – узел коммутации услуг, обеспечивает поддержку вызовов; SCN – является узлом предоставления услуг или интеллектуальной периферией, которая поддерживает все процессы речевого преобразования; SCE - среда создания услуг, содержит мощный инструментарий для этих целей. (Более подробно данный подход изложен в описании соответствующих продуктов, например компании “Lucent Technologies” и “Ericson”). Второй подход характеризуется объединением не коммутационных функций ИСС в рамках интеграции программно-технических средств СТТ. Поскольку второй подход строится на основе интеграционных решений, он практически не связан с конкретной реализацией АТС сети связи, на который функционирует ИСС. Иными словами, взаимодействие с сетью связи осуществляется на основе действующих на ней сетевых протоколов. На рис 5 показано это взаимодействие. В частном случае, Интеллектуальный узел услуг (ИУУ, SN) взаимодействует со всеми АТС сети связи на основе цифровых протоколов, однако не исключается и аналоговое подключение абонентов одной АТС через другую.

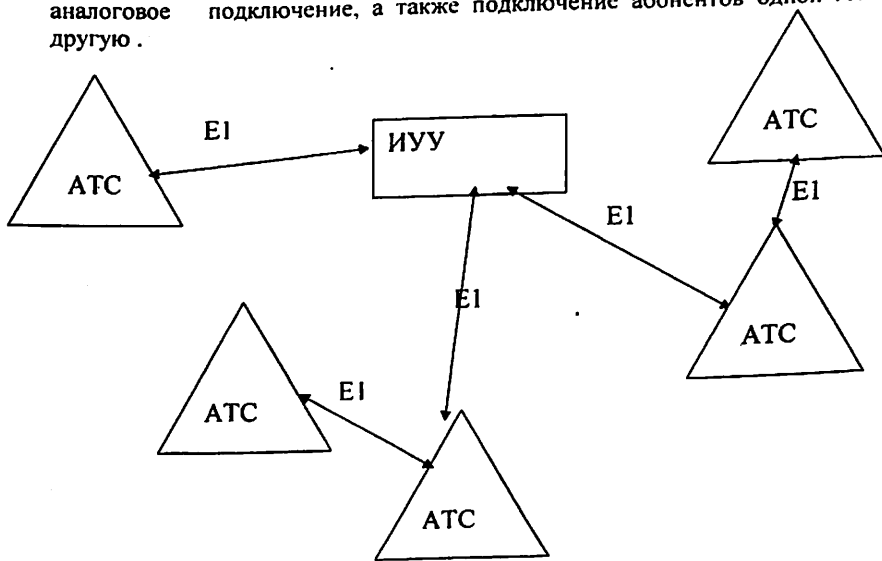


Рис 4.2.3. Распределение потока информации

Поскольку, как уже говорилось выше, создание ИСС не является самоцелью, а осуществляется в целях получения дополнительных доходов или снижения себестоимости услуг, необходимо кратко рассмотреть экономические аспекты использования того или иного подхода. В таблице 2 приведена экспертная оценка стоимости зарубежных и отечественных ИСС для различного соотношения абонентов, использующих интеллектуальные услуги и их биллинг, к общему количеству абонентов сети (К) при двух способах реализации. Стоимости приведены в условных единицах в расчете на одного абонента. Расчет приведен исходя из стоимостей ИСС, известных автору. При этом необходимо иметь в виду, что реальные стоимости и условия продажи могут варьироваться в достаточно широких пределах. Из таблицы видно, что при сравнительно малых величинах К стоимость ИСС первого типа значительно превосходит ИСС второго типа. Если обратиться к таблице 1, то из нее видно, что значения к 2000 году не превышает 25 - 30%. Таким образом, с экономической точки зрения и учитывая ближайшие перспективы развития, по-видимому, целесообразно обратить внимание на второй тип ИСС.

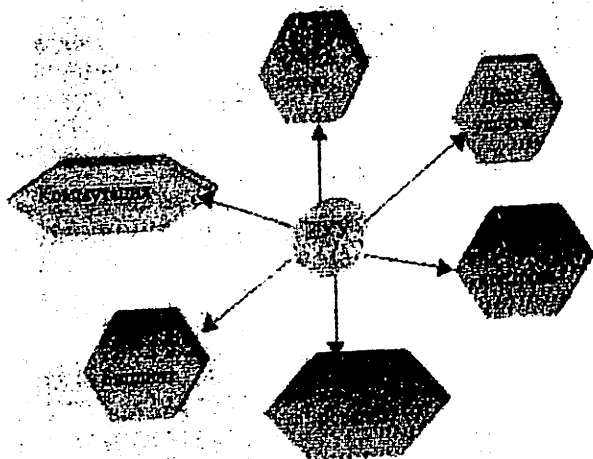
Таблица 2

Зарубежный	1-го типа	12000	2400	1200	300
Зарубежный	2-го типа	800	720	650	480
Отечественный	2-го типа	450	350	300	200

**Интеллектуальный узел у услуг.** Интеллектуальный узел услуг (ИУУ) должен совмещать в себе все основные функции ИСС, а именно, поддержку систем сигнализации на стыке с системами связи, предоставлять дополнительные услуги связи, осуществлять коммутацию местной связи на междугородную к международную связь, а также на IP- телефонию, выполнять биллинг услуг и соединений, осуществлять контроль, учет и администрирование. Исходя из основных функций ИУУ должен иметь архитектуру, показанную на рис-6. Это не означает, что реализация данных функций не может быть объединена или разделена в рамках реальных технических и программных решений. Функции ИУУ могут быть реализованы на основе интеллектуальной системы (ИС), включающей в себя комплекс технических и программных средств (КТС).



Программные средства получили название «Интеллектуальной платформы» (ИП). Универсальными интеллектуальными системами (УИС) называют ИС, осуществляющие универсальный биллинг, а программную платформу УИС - универсальной ИП (УИП).



Архитектура комплекса технических средств УИС. Данная архитектура соответствует основным принципам построения УС (модульность, наращиваемость, резервируемость, взаимодополнение) и содержит в себе четыре основные составляющие: центральный сервер, транспортные модуля, сеть связи и сервер дополнительных услуг. Транспортные модули (ТМ) состоят из компьютера, интегрированного в локальную сеть, и интерфейсных плат, поддерживающих как широкий класс сетевых протоколов на базе ISDN, E-1, T-1, так и весь комплекс аналого-цифрового преобразования речи. В настоящее время мировые и отечественные производители представляют на рынок широкую номенклатуру таких интерфейсов (например, компания Dialogic). При этом интерфейсные платы могут осуществлять и коммутационные функции каналов и потоков в рамках ТМ. Центральный сервер (ЦС) является сервером сети и осуществляет поддержку всех интеллектуальных функций и баз данных. Дополнительными составляющими (модули дополнительных ресурсов, включаемые по необходимости) являются технические средства для реализации комплекса дополнительных услуг и интерфейсов и для подключения ресурсов IP-телефонии. Необходимо отметить, что для предоставления отдельных дополнительных услуг может быть достаточно технических ресурсов транспортных модулей и центрального сервера. В этом случае для предоставления этих услуг УИП должна содержать кроме интерфейсов доступа к этим услугам и

дополнительные программные модули, обеспечивающие предоставление этих услуг. Для выделения ресурсов IP-телефонии существует несколько возможностей, в частности, технические средства речевого преобразования могут включаться в состав ТМ или вся система IP-телефонии подключается в рамках локальной сети. Отдельно необходимо остановиться на функции роуминга. В данном случае имеется в виду возможность абонента использовать документ оплаты (например, телефонную карточку), принятый внутри одного региона, в других регионах, в которых существует аналогичная ИСС. Может существовать также и внутрорегиональный роуминг, когда отдельные транспортные модули ИСС вынесены в отдельные районы региона. В этом случае для авторизации телефонной карточки абонента необходимо получить информацию о ней из центральной базы данных. Для проведения авторизации и расчетов за предоставленные услуги две ИСС или вынесенный ТМ этой ИСС связываются по каналам передачи данных для осуществления роуминга. В настоящее время разработана технология, позволяющая осуществлять различные виды роуминга, как между отдельными эмитентами карточек, так и в сети одного эмитента, с предварительным уведомлением и без уведомления. Описанный выше подход к построению технических средств, проистекает из подходов, существующих при построении интеллектуальных систем на принципах компьютерной телефонии. Дальнейшее развитие этих принципов даст возможность сблизить первый и второй подходы построения ИСС. Так, в частности, разделение функций коммутации и сетевых стыков с функциями речевого преобразования несколько меняет архитектуру технических средств и приближает ее к архитектуре ИСС, построенной на основе ISDN. В этом случае функции ТМ распределяются между коммутатором и сервером речевых ресурсов. Конкретная конфигурация технических средств определяется каждым разработчиком ИСС и соответствует архитектуре интеллектуальной программной платформы. В общем виде ИП (в том числе для ИСС единого центра биллинга и услуг) реализует следующие основные функции: поддержка и ведение единой базы универсальных инструментов оплаты; тарификация соединений и услуг, поддержка системы базовых тарифов и тарифных планов; поддержка системы абонентского управления универсальными инструментами оплаты; поддержка единой системы предоставления услуг к организации интерфейсов доступа к подсистемам различных услуг; управление процессом предоставления услуг и их диспетчеризация; реализация дополнительных услуг и видов связи; поддержка технологий роуминга; администрирование баз данных и представление таблиц данных и параметров в виде графических интерфейсов; поддержка речевых интерфейсов и словарей; реализация и поддержка алгоритмов взаимодействия с абонентом и речевых диалогов; поддержка сетевых интерфейсов и протоколов; поддержка локальной и распределенных сетей; реализация внутреннего и внешнего контроля над технологическими процессами; поддержка интерфейсов с внешними базами данных. Реализация вышеуказанных функций возможна в рамках различной

архитектуры ИП и УИП. В частности, во многих отечественных разработках используется операционная система Windows NT Server. База данных (БД) использует архитектуру «клиент-сервер». При этом сама БД в формате SQL-Server 7.0 расположена на сервере Windows NT Server и содержит собственно таблицы с текущими данными. Администрирование БД осуществляется при помощи одного или нескольких клиентских приложений - интерфейсов администратора, выполняющих частные задачи. С точки зрения БД транспортные модули являются также клиентскими приложениями и взаимодействуют с БД посредством запуска соответствующих хранимых процедур. Интерфейсы администратора могут быть реализованы средствами Microsoft ACCESS 2000, что позволяет использовать тщательно отлаженное взаимодействие родственных продуктов и некоторые вспомогательные таблицы данных в собственном формате ACCESS. Кроме этого, на центральном сервере также имеются средства поддержки БД - резервирование данных, диспетчеризация вносимых изменений и т.д. Бес клиентские приложения могут выполняться как на самом сервере, так и на любых компьютерах под Windows NT-Workstation в локальной или глобальной сети. Рассмотрим более подробно современные требования к отдельным функциям. *Тарификация.* Основным элементом для выполнения функции тарификации являются базовые тарифы. Таблицы базовых тарифов должны иметь функции гибкой модификации и административного изменения, как по величинам, так и по датам. Поскольку ИП (УИП) функционирует в режиме "горячего биллинга", она должна тарифицировать и фиксировать стоимость предоставленных услуг, как по времени предоставления, так и по факту предоставления (повременная тарификация и тарификация за факт соединения). При повременной тарификации должна иметься возможность административного к алгоритмического изменения задержек и интервалов тарификации, индивидуальных скидок по направлению. Использование ИП (УИП) для организации единого предоплаченного биллинга, предъявляет к системе тарификации дополнительные требования по тарификации, как входящей, так и исходящей связи (например, предоставление предоплаченной междугородной связи абонентам радиотелефонных сетей, когда тарифицируется местная исходящая связь и междугородное соединение). Для УИП дополнительно вводится функция "корпоративной" тарификации.

#### 4.3. Конвергенция сетей и услуг. Сети следующего поколения(NGN)

Современный рынок связи находится на таком этапе, когда операторы имеют благоприятную возможность обойти ее трудности конвергенции, присущие сетям прошлых лет, и перейти напрямую к сетям следующего поколения на баз технологий, которая получила рабочее название NGN – "New Generation Network". Для того чтобы совершить этот прорыв присоединиться к числу высокотехнологичных операторов, необходимы новые решения в области создания и предоставления высокопроизводительных услуг. NGN - технология

построения сети - предназначена для предоставления услуг передач данных и голосовых сервисов. Она снимает целый ряд ограничений и барьеров, существующих сейчас, и в этом заключается ее экономическая продуктивность. К новым возможностям относятся:

- переход от принципа соединения «точка-точка» к принципу «каждый с каждым»;
- используется универсальный характер обслуживания разных приложений (мы это видим на примере Интернета, VPN);
- абстрагирование пользователей от технологий реализации услуг связи (принцип черного ящика) и беспрецедентная гибкость получения необходимого набора, объема и качества услуг;

- полная прозрачность взаимоотношений между продавцом и покупателем услуг.

В основу технологии положена концепция перестройки общества на принципах пол несвязности, когда все информационные ресурсы становятся общедоступными в любой среде, они могут быть доставлены независимо от того, где находится человек. Зародыш концепции полносвязности появился в Интернете, что дало толчок огромной популярности сети. Пользователь, входя в Интернет, получает доступ ко всему миру.

NGN с точки зрения потребителя представляется облаком либо «черным ящиком», потому что потребителю не интересно знать стеки, протоколы и т.д. Она позволяет предоставлять такие услуги, как широкополосный доступ к Интернету (100 Мбит/сек пакетную телефонию, VPN, «видео по запросу» и выделенные широкополосные каналы.

Таким образом, NGN - сеть связи следующего поколения (Next step generation) - гетерогенная мультисервисная сеть обеспечивающая передачу всех видов медиатрафика и распределенное предоставление неограниченного спектра телекоммуникационных услуг с возможностью их добавления, редактирования, распределенной тарификации. Сеть поддерживает передачу трафика с различными требованиями к качеству обслуживания и обеспечивает поддержку указанных требований.

Пакетные технологии обработки позволяют предложить пользователю в такой сети прозрачные автоматизированные принципы расчетов за присоединение, расчета за входящий, исходящий трафик, вводить платежи за инициализацию, транзит и терминацию трафика, рассчитывать сигнальный трафик, выделяя составляющую трафика, пропущенного от стороннего оператора.

В новой сети применяется передовая технология маршрутизации «Riverstone». В отличие от традиционных сетей в структуре NGN образован дополнительный слой управления коммутацией транспортной сети. Он организуется с помощью программных коммутаторов - «Softswitch», которые должны поддерживать трансляцию основных протоколов VoIP в протоколы традиционных сетей. Поэтому для сопряжения пакетных и традиционных телефонных сетей «Softswitch» должен отвечать следующим требованиям:

архитектуры ИП и УИП. В частности, во многих отечественных разработках используется операционная система Windows NT Server. База данных (БД) использует архитектуру «клиент-сервер». при этом сама БД в формате SQL-Server 70 расположена на сервере Windows NT Server и содержит собственно таблицы с текущими данными. Администрирование БД осуществляется при помощи одного или нескольких клиентских приложений - интерфейсов администратора, выполняющих частные задачи. С точки зрения БД транспортные модули являются также клиентскими приложениями и взаимодействуют с БД посредством запуска соответствующих хранимых процедур. Интерфейсы администратора могут быть реализованы средствами Microsoft ACCESS 2000, что позволяет использовать тщательно отлаженное взаимодействие родственных продуктов и некоторые вспомогательные таблицы данных в собственном формате ACCESS. Кроме этого, на центральном сервере также имеются средства поддержки БД - резервирование данных, диспетчеризация вносимых изменений и т.д. Бес клиентские приложения могут выполняться как на самом сервере, так и на любых компьютерах под Windows NT-Workstation в локальной или глобальной сети. Рассмотрим более подробно современные требования к отдельным функциям. *Тарификация.* Основным элементом для выполнения функции тарификации являются гибкой модификации тарифы. Таблицы базовых тарифов должны иметь функции гибкой модификации и административного изменения, как по величинам, так и по датам. Поскольку ИП (УИП) функционирует в режиме "горячего биллинга", она должна тарифицировать и фиксировать стоимость предоставленных услуг, как по времени предоставления, так и по факту предоставления (повременная тарификация и тарификация за факт соединения). При повременной тарификации должна иметься возможность административного к алгоритмического изменения задержек и интервалов тарификации, индивидуальных скидок по направлению. Использование ИП (УИП) для организации единого предоплаченного биллинга, предъявляет к системе тарификации дополнительные требования по тарификации, как входящей, так и исходящей связи (например, предоставление предоплаченной междугородной связи абонентам радиотелефонных сетей, когда тарифицируется местная исходящая связь и междугородное соединение). Для УИП дополнительно вводится функция "корпоративной" тарификации.

#### 4.3. Конвергенция сетей и услуг. Сети следующего поколения(NGN)

Современный рынок связи находится на таком этапе, когда операторы имеют благоприятную возможность обойти ее трудности конвергенции, присущие сетям прошлых лет, и перейти напрямую к сетям следующего поколения на баз технологий, которая получила рабочее название NGN – “New Generation Network”. Для того чтобы совершить этот прорыв присоединиться к числу высокотехнологичных операторов, необходимы новые решения в области создания и предоставления высокопроизводительных услуг. NGN - технология

построения сети - предназначена для предоставления услуг передач данных и голосовых сервисов. Она снимает целый ряд ограничений и барьеров, существующих сейчас, и в этом заключается ее экономическая продуктивность. К новым возможностям относятся:

- переход от принципа соединения «точка-точка» к принципу «каждый с каждым»;
- используется универсальный характер обслуживания разных приложений (мы это видим на примере Интернета, VPN);
- абстрагирование пользователей от технологий реализации услуг связи (принцип черного ящика) и беспрецедентная гибкость получения необходимого набора объема и качества услуг;

- полная прозрачность взаимоотношений между продавцом и покупателем услуг.

В основу технологии положена концепция перестройки общества на принципах пол несвязности, когда все информационные ресурсы становятся общедоступными в любой среде. они могут быть доставлены независимо от того, где находится человек. Зародыш концепции полносвязности появился в Интернете, что дало толчок огромной популярности сети. Пользователь, входя Интернет, получает доступ ко всему миру.

NGN с точки зрения потребителя представляется облаком либо «черным ящиком», потому что потребителю не интересно знать стеки, протоколы и т.д. Она позволяет предоставлять такие услуги, как широкополосный доступ к Интернету (100 Мбит/сек пакетную телефонию, VPN, «видео по запросу» и выделенные широкополосные каналы.

Таким образом, NGN - сеть связи следующего поколения (Next step generation) - гетерогенная мультисервисная сеть обеспечивающая передачу всех видов медиатрафика и распределенное предоставление неограниченного спектр телекоммуникационных услуг с возможностью их добавления, редактирования, распределенной тарификации. Сеть поддерживав передачу трафика с различными требованиями к качеству обслуживания и обеспечивает поддержку указанных требований.

Пакетные технологии обработки позволяют предложить пользователю в такой сети прозрачные автоматизированные принципы расчетов за присоединение, расчета за входящий, исходящий трафик, вводить платежи за инициализацию, транзит и терминации трафика, рассчитывать сигнальный трафик, выделяя составляющую трафика, пропущенного от стороннего оператора .

В новой сети применяется передовая технология маршрутизации «Riverstone». В отличие от традиционных сетей в структуре NGN образован дополнительный слой - управления коммутацией транспортной сети. Он организуется с помощью программных коммутаторов - «Softswitch», которые должны поддерживать трансляцию основных протоколов VoIP в протоколы традиционных сетей. Поэтому для сопряжения пакетных и традиционных телефонных сетей «Softswitch» должен отвечать следующим требованиям:

- работать с протоколами сигнализаций различной архитектуры и взаимодействовать с медиашлюзами, обеспечивающим, передачу голосовой, сигнальной информации, данных, IP-телефонии и других видов трафика;

- поддерживать все разнообразие сигнализаций - ОКС-7, DSS1, ВКС и др., поскольку с точки зрения телефонной сети он является транзитным коммутатором и пунктом сигнализации ОКС-7;

- поддерживать все протоколы IP-телефонии (H.323, MGCP, H.248, SIP) и осуществлять их конвертацию из одного протокола другой, так как для пакетных сетей он является устройством управления медиашлюзами и контролером сигнализаций.

Таким образом, оборудование программной коммутации в NGN играет роль универсального программно-аппаратного комплекс; конвертера сигнализации, который преобразует протоколы сигнализации как в сети с коммутацией каналов: ОКС-7, DSS1, V5, CAS так и в сети пакетной коммутации - протоколы IP-телефонии: H 323, SIP, MGCP, MEGACO/ H.248.

Программный коммутатор - это программно-аппаратный комплекс, «мозг» новой сети, предназначенный для управления обработкой телефонных вызовов, происходящих в различных сетях, в том числе в сетях с коммутацией пакетов. Он аккумулирует весь интеллект сети, а остальные элементы, расположенные на периферии, лишены интеллекта и полностью подконтрольны программному коммутатору, что в целом способствует лучшей управляемости и масштабируемости сети.

Поэтому применение программных коммутаторов с точки зрения построения сети является технологической инвестицией будущее, так как ОКС-7 поддерживает сегодня работу в ТфОП, и только островки новых пакетных сетей сигнализируются применением IP-протоколов.

Топология сети. Если представить архитектуру NGN в виде набора плоскостей, то внизу окажется плоскость абонентского доступа базирующаяся на трех средах передачи: металлическом кабеле, оптоволокне и радиоканалах, далее идет плоскость коммутации каналов и/или коммутации пакетов. В указанной плоскости находится и структура мультисервисных узлов доступа. На, ними располагаются программные коммутаторы («Softswitch»), составляющие плоскость программного управления. Выше находятся плоскости интеллектуальных услуг и эксплуатационного управления.

Такая структура более реалистична, и рис-1 соответствует сегодняшним реалиям операторов, которое работают в условиях, когда 5-10 % абонентов желают получить самые современные услуги широкополосного доступа, а некоторая часть абонентов дожидается установки обычного телефона. Транспортная сеть является опорной сетью в многослойной архитектуре телескоммуникационной сети со свободно надстраиваемыми слоями услуг, поэтому она должна очень надежно работать, иначе все наложенные услуги «рухнут». Транспортная сеть должна быть высокопроизводительной и строиться на основе оптико-волоконных линий связи,

что позволяет обеспечить большую скорость обмена (до 100 Мбит/с) и избежать заторов и коллизий при маршрутизации потоков. Существует и другое видение топологии сети: так, "Alcatel" определяет следующие слои архитектуры NGN: доступа, шлюза (поддерживают стыковку с сетями подвижной связи, TFOIP и другими), транспорта, управления, приложений эксплуатационного управления.

#### 4.4. Мультисервисные сети

Мультисервисная сеть — это единая сеть, способная передавать голос, видеоизображения и данные. Основным стимулом появления и развития мультисервисных сетей является стремление уменьшить стоимость владения, поддержать сложные, насыщенные мультимедиа прикладные программы и расширить функциональные возможности сетевого оборудования.

##### Концепция мультисервисных сетей

Концепция мультисервисности содержит несколько аспектов, относящихся к различным сторонам построения сети.

Во-первых, конвергенция загрузки сети, определяющая передачу различных типов трафика в рамках единого формата представления данных. Например, в настоящее время передача аудио- и видеотрафика происходит в основном через сети, ориентированные на коммутацию каналов, а передача данных — по сетям с коммутацией пакетов. Конвергенция загрузки сети определяет тенденцию использования сетей с коммутацией пакетов для передачи и аудио- и видеопотоков, и собственно данных сетей. Однако это не отрицает требования дифференцирования трафика в соответствии с предоставляемым качеством услуг.

Во-вторых, конвергенция протоколов, определяющая переход от множества существующих сетевых протоколов к общему (как правило, IP). В то время как существующие сети предназначены для управления множеством протоколов, таких как IP, IPX, AppleTalk, и одного типа данных, мультисервисные сети ориентируются на единый протокол и различные сервисы, требующиеся для поддержки различных типов трафика.

В-третьих, физическая конвергенция, определяющая передачу различных типов трафика в рамках единой сетевой инфраструктуры. И мультимедийный, и голосовой трафики могут быть переданы с использованием одного и того же оборудования с учетом различных требований к полосе пропускания, задержкам и «дрожанию» частоты. Протоколы резервирования ресурса, формирования приоритетных очередей и качества обслуживания (QoS) позволяют дифференцировать услуги, предоставляемые для различных видов трафика.

В-четвертых, конвергенция устройств, определяющая тенденцию построения архитектуры сетевых устройств, способной в рамках единой системы



поддерживать разнотипный трафик. Так, коммутатор поддерживает коммутацию Ethernet-пакетов, IP-маршрутизацию и соединения АТМ. Устройства сети могут обрабатывать данные, передаваемые в соответствии с общим протоколом сети (например, IP) и имеющие различные сервисные требования (например, гарантии ширины полосы пропускания, задержку и др.). Кроме того, устройства могут поддерживать как Web-ориентированные приложения, так и пакетную телефонию.

В-пятых, конвергенция приложений, определяющая интеграцию различных функций в рамках единого программного средства. Например, Web-браузер позволяет объединить в рамках одной страницы мультимедиа-данные типа звукового, видеосигнала, графики высокого разрешения и др.

В-шестых, конвергенция технологий выражает стремление к созданию единой общей технологической базы для построения сетей связи, способной удовлетворить требованиям и региональных сетей связи, и локальных вычислительных сетей. Такая база уже существует: например, асинхронная система передачи (АТМ) может использоваться для построения как региональных, так и локальных вычислительных сетей.

В-седьмых, организационная конвергенция, предполагающая централизацию служб сетевых, телекоммуникационных, информационных под управлением менеджеров высшего звена, например, в лице вице-президента. Это обеспечивает необходимые организаторские предпосылки для интегрирования голоса, видеосигнала и данных в единой сети.

Все перечисленные аспекты определяют различные стороны проблемы построения мультисервисных сетей, способных передавать трафик различного типа как в периферийной части сети, так и в ее ядре.

## Литература

1. Е.А. Зайончковский, А.П. Пшеничников. В.У. Романов. АМТС "Радио и связь" М. 1984;
2. П. Боккер ISDN. Цифровая сеть с интеграцией служб. "Радио и связь" М. 1991;
3. В.Н. Рогинский. Теория сетей связи. Под ред. "Радио и связь" М. 1998.
4. Д.Б. Юдин. Задачи и методы программирования. "Радио и связь" М. 1961.
5. Г.Б. Давыдов и др. Сети электросвязи. М., Связь 1977.
6. Г.Френк, И.Фриш. Сети, связь и потоки. М., Связь 1978.
7. Лихтциндер Б.Я., Кузякин М.А., Росляков А.В., Фомичев С.М. Интеллектуальные сети связи. - М.: Эко-трендз. 2000.
8. Ершов В.А., Кузнецов Н.А., Мультисервисные сети. МГГУ Н.Е Баумана 2003.

поддерживать разнотипный трафик. Так, коммутатор поддерживает коммутацию Ethernet-пакетов, IP-маршрутизацию и соединения АТМ. Устройства сети могут обрабатывать данные, передаваемые в соответствии с общим протоколом сети (например, IP) и имеющие различные сервисные требования (например, гарантии ширины полосы пропускания, задержку и др.). Кроме того, устройства могут поддерживать как Web-ориентированные приложения, так и пакетную телефонию.

В-пятых, конвергенция приложений, определяющая интеграцию различных функций в рамках единого программного средства. Например, Web-браузер позволяет объединить в рамках одной страницы мультимедиа-данные типа звукового, видеосигнала, графики высокого разрешения и др.

В-шестых, конвергенция технологий выражает стремление к созданию единой общей технологической базы для построения сетей связи, способной удовлетворить требованиям и региональных сетей связи, и локальных вычислительных сетей. Такая база уже существует: например, асинхронная система передачи (АТМ) может использоваться для построения как региональных, так и локальных вычислительных сетей.

В-седьмых, организационная конвергенция, предполагающая централизацию служб сетевых, телекоммуникационных, информационных под управлением менеджеров высшего звена, например, в лице вице-президента. Это обеспечивает необходимые организаторские предпосылки для интегрирования голоса, видеосигнала и данных в единой сети.

Все перечисленные аспекты определяют различные стороны проблемы построения мультисервисных сетей, способных передавать трафик различного типа как в периферийной части сети, так и в ее ядре.

## Литература

1. Е.А. Зайончковский, А.П. Пшеничников. В.У. Романов. АМТС "Радио и связь" М. 1984;
2. П. Боккер ISDN. Цифровая сеть с интеграцией служб. "Радио и связь" М. 1991;
3. В.Н. Рогинский. Теория сетей связи. Под ред. "Радио и связь" М. 1998.
4. Д.Б. Юдин. Задачи и методы программирования. "Радио и связь" М. 1961.
5. Г.Б. Давыдов и др. Сети электросвязи. М., Связь 1977.
6. Г.Френк, И.Фриш. Сети, связь и потоки. М., Связь 1978.
7. Лихтциндер Б.Я., Кузякин М.А., Росляков А.В., Фомичев С.М. Интеллектуальные сети связи. - М.: Эко-трендз. 2000.
8. Ершов В.А., Кузнецов Н.А., Мультисервисные сети. МГГУ Н.Е Баумана 2003.

## **ОГЛАВЛЕНИЕ**

	<b>Предисловие.....</b>	<b>3</b>
1.	<b>ОБЩАЯ СТРУКТУРА СЕТЕЙ СВЯЗИ.....</b>	<b>4</b>
1.1	Объединенная телекоммуникационная сеть Республики Узбекистан.....	4
1.2	Принципы построения сетей связи, первичные транспортные и вторичные сети. Коммутируемые и некоммутируемые сети связи.....	19
2.	<b>АНАЛИЗ И ЗАДАЧА ОПТИМИЗАЦИЯ СЕТЕЙ СВЯЗИ... ..</b>	<b>28</b>
2.1	Представление сетей связи в виде графов. Структурные параметры сетей связи.....	28
2.2	Синтез структуры первичных сетей.....	31
2.3	Синтез структуры вторичных сетей.....	35
2.4	Структурный анализ сетей связи.....	40
2.5	Структурная надежность сетей связи.....	42
3.	<b>УПРАВЛЕНИЕ НА СЕТЯХ СВЯЗИ.....</b>	<b>45</b>
3.1	Управления на сетях связи, классификация методов управления. Статические и динамические методы управления.....	45
3.2	Статические и динамические методы управления.....	49
4.	<b>ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕТЕЙ СВЯЗИ.....</b>	<b>53</b>
4.1	Цифровые сети интегрального обслуживания.....	53
4.2	Интеллектуальные сети связи.....	70
4.3	Конвергенция сетей и услуг. Сети следующего поколения(NGN).....	82
4.4.	Мультисервисные сети связи.....	85
	Литература.....	87

Учебное пособие по дисциплине

“Телекоммуникационные сети”

Для студентов направления образования 5522200 – Телекоммуникация

Рассмотрен и одобрен на заседании кафедры ТС и СК  
Протокол № 9 от 14.01.2008 г.

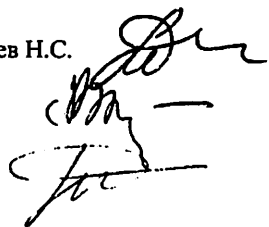
Рекомендован к размножению в типографии ТУИТ

(НМС протокол №11, от 08.07.08 г.)

Составитель: Абдурахмонова М.Ф., Ходжаев Н.С.

Ответственный редактор: Сон В.М.

Корректор: Хамдам-Зада Л.Х.



Формат 60x84 1/16

Заказ № - 600. Тираж - 50

Отпечатано в Издательско полиграфическом  
центре «ALOQASHI» при ТУИТ  
Ташкент ул. Амир Темура, 108