

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

Северо-Кавказский филиал  
ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения высшего образования  
«Московский технический университет связи и информатики»

Методические указания по проведению практических занятий

по дисциплине

## **Проектирование и эксплуатация сетей связи Б1.В.16**

Направление подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
Профиль Сети связи и системы коммутации

Формы обучения очная, заочная

Ростов-на-Дону

2019 г.

Методические указания по проведению практических занятий

по дисциплине

## **Проектирование и эксплуатация сетей связи**

Составитель: А.А. Нерсисянц, Н.В. Болдырихин,

Рассмотрено и одобрено  
на заседании кафедры  
Протокол от «26» августа 2019 г. № 1

## Практическое занятие №1. Настройка операционной системы Cisco

1. Изучение принципов функционирования маршрутизаторов Cisco
2. Первоначальная настройка сетевых параметров Cisco IOS

### Цель занятия

Целью занятия является обучение методам и средствам первоначальной настройки специализированной ОС CiscoIOS, под управлением которой работают маршрутизаторы.

#### 1. Изучение принципов функционирования маршрутизаторов Cisco

Cisco IOS – это специализированная ОС, обеспечивающая функционирование сетевого оборудования компании «Cisco Systems, Inc». Взаимодействие с данной ОС возможно либо через web-браузер, либо через интерфейс командной строки (CLI-интерфейс).

Данная ОС поддерживает удаленный доступ к интерфейсу командной строки по протоколам Telnet или SSH. В Cisco IOS существует несколько режимов.

*Пользовательский режим (user mode)* – стандартный режим первоначального доступа к ОС. В этот же режим ОС переходит автоматически при продолжительном отсутствии ввода в режиме администратора. В режиме пользователя доступны только простые команды, не влияющие на конфигурацию оборудования. Приглашение командной строки имеет следующий вид:

```
router>
```

*Административный режим (privileged mode)*. Открывается командой *enable*, введенной в режиме пользователя:

```
router> enable
```

В административном режиме доступны команды, позволяющие получить полную информацию о конфигурации оборудования и его состоянии, а также команды перехода в режим конфигурирования, команды сохранения и загрузки конфигурации. Приглашение командной строки имеет следующий вид:

```
router#
```

Обратный переход в пользовательский режим производится по команде *disable* или по истечении установленного времени неактивности. Завершение сессии – команда *exit*.

Глобальный режим конфигурирования (конфигурационный режим). Активизируется командой *config terminal*, введенной в административном режиме:

```
router# configure terminal
```

Глобальный режим конфигурирования организован иерархически – он содержит как непосредственно команды конфигурирования оборудования, так и команды перехода в режимы конфигурирования его подсистем (например, интерфейсов, протоколов маршрутизации, механизмов защиты).

Приглашения командной строки в наиболее часто используемых конфигурационных режимах имеют следующий вид:

```
router(config)#
```

```
router(config-if)#
```

```
router(config-router)#
```

```
router(config-ext-nacl)#
```

```
switch(config-line)#
```

```
switch(vlan)#
```

Выход из любого режима конфигурирования в режим верхнего уровня производится командой *exit* или комбинацией клавиш *Ctrl-Z*.

Кроме того, команда *end*, поданная в любом из режимов конфигурирования немедленно завершает процесс конфигурирования и возвращает пользователя в администраторский режим.

Любая команда изменения конфигурации вступает в действие немедленно после ввода. Все команды и параметры могут быть сокращены (например, "*enable*" – "*en*", "*configure terminal*" – "*conf t*", "*show running-config*" – "*sh run*").

В любом месте командной строки для получения помощи может быть использован вопросительный знак, например:

```
router#?
```

```
router#co?
```

```
router#conf ?
```

Имена сетевых интерфейсов также могут быть сокращены, например, вместо "*fast ethernet0/1*" достаточно написать "*fa0/1*".

Отмена любой команды (отключение опции или режима, включаемых командой, снятие или удаление параметров, назначаемых командой) производится подачей этой же команды с префиксом "*no*", например:

```
router(config)#int fa0/1
```

```
router(config-if)#shutdown
```

```
router(config-if)#no shutdown
```

При загрузке сетевого оборудования, работающего под управлением Cisco IOS, происходит считывание команд конфигурации из изменяемого постоянного запоминающего устройства (NVRAM), где они хранятся в виде текстового файла, называемого *рабочей конфигурацией* (running config). Конфигурация, сохраненная в NVRAM, называется *начальной конфигурацией* (startup config). В процессе работы оборудования администратор может вводить дополнительные конфигурационные команды, в результате чего рабочая конфигурация становится отличной от начальной.

Просмотр начальной и рабочей конфигураций маршрутизатора производится в административном режиме:

```
router#show startup-config
```

```
router#show running-config
```

Вывод последней команды позволяет просмотреть текущую конфигурацию. Однако если администратор не менял значения параметров, используемых в ОС по умолчанию, то они при выводе не отобразятся.

При копировании одной конфигурации поверх другой возможны два варианта: перезапись и слияние. При перезаписи старая конфигурация предварительно удаляется. При слиянии команды новой конфигурации добавляются к командам старой, как если бы они вводились вручную.

Ниже приведен список команд копирования конфигурации, первая из которых выполняется в режиме перезаписи, а последняя в режиме слияния:

```
router#copy running-config startup-config
```

```
router#copy startup-config running-config
```

Рассмотрим базовые команды получения информации о работе оборудования и его подсистем.

Просмотр информации об оборудовании (модель, объемы памяти, версия IOS, число и тип интерфейсов) выполняется по следующей команде:

```
router#show version
```

Просмотр содержимого флэш-памяти:

```
router#show flash:
```

Мониторинг загрузки процессора:

```
router#show processes
```

Рассмотрим основные команды первоначальной конфигурации маршрутизатора.

Установить имя маршрутизатора:

```
router(config)#hostname my_router
```

Установить пароль администратора, требуемый при переходе в вводе команды *enable*:

```
router(config)#enable secret my_secret
```

Отключение разрешения DNS-имен:

```
router(config)#no ip domain-lookup
```

Базовая настройка FastEthernet-интерфейса:

```
router#configure terminal
```

```
router(config)#interface fastEthernet 0/1
```

```
router(config-if)#ip address 192.168.0.1
```

```
255.255.255.0
```

```
router(config-if)#speed 100
```

```
router(config-if)#duplex full
```

```
router(config-if)#no shutdown
```

```
router(config-if)#exit
```

Для последовательного интерфейса устройства, выполняющего роль DCE, необходимо указывать тактовую частоту (пропускную способность), при этом данная команда выполняется только на одной стороне линии связи:

```
router(config)#interface serial0
router(config-if)#clock rate 125000
```

Если на последовательном интерфейсе необходимо использовать другой протокол 2-го уровня (например, Frame Relay), то это делается с помощью команды:

```
router(config-if)#encapsulation frame-relay
```

Параметры интерфейсов, протоколов 2-го уровня, а также статистика отправленных и полученных кадров может быть просмотрена следующей командой в режиме администратора:

```
router#show interface
```

Подробная информация о параметрах протокола IP доступна в режиме администратора по команде:

```
router#show ip interface interface
```

Краткая сводная таблица состояний IP-интерфейсов:

```
router#show ip interface brief
```

Рассмотрим настройку статической маршрутизации. Маршруты, ведущие в сети, к которым маршрутизатор подключен непосредственно, автоматически добавляются в маршрутную таблицу после конфигурирования интерфейса при условии, что интерфейс корректно функционирует.

Для назначения дополнительных статических маршрутов в режиме глобальной конфигурации вводится команда:

```
router(config)#ip route prefix mask ip_address
```

Маршрут по умолчанию (стандартный маршрут) назначается следующей командой:

```
router(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0
ip_address
```

Просмотреть таблицу маршрутов можно по команде:

```
router#show ip route
```

## *2. Первоначальная настройка сетевых параметров Cisco IOS*

Постановка задачи: выполнить первоначальную настройку сетевых параметров ОС Cisco IOS маршрутизатора Cisco 2811 с рабочей станции администратора сети, используя данные в следующих данных:

IP-адрес интерфейса: Fa0/0 10.194.7.1/24.

IP-адрес интерфейса: Fa0/1 192.168.100.26/30.

Стандартный шлюз: 192.168.100.25.

Имя маршрутизатора: R7.

Домен: net.bank.

Пароль доступа: enable xkld7Hn434!2&.

Локальный пользователь/пароль: пос/nTefa#51.

Последовательность действий.

Шаг 1. Подключить к маршрутизатору Cisco 2811 рабочую станцию через консольный шнур и интерфейс RS-232.

Шаг 2. Запустить терминальный клиент и проверить правильность параметров его настройки.

Шаг 3. Просмотреть список команд пользовательского режима.

Выполнить команду:

```
router>show version
```

Шаг 4. Перейти в административный режим, выполнив команду:

```
router>enable
```

Шаг 5. Просмотреть уровень доступа в системе и текущую конфигурацию:

```
router#show privilege
```

```
router#show running-config
```

Шаг 6. Просмотреть список доступных команд. Определить и выполнить все возможные информационные команды. Например:

```
router#show flash
```

```
router#show version
```



```
router#show logging
```

Шаг 7. Выполнить настройку маршрутизатора в соответствии с указанными параметрами, выполнив следующие команды:

```
configure terminal
hostname R7
interface fastEthernet 0/1
ip address 192.168.100.26 255.255.255.252
no shutdown
interface fastEthernet 0/0
ip address 10.194.7.1 255.255.255.0
no shutdown
ip domain-name net.bank
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.100.25
```

Шаг 8. Сохранить конфигурацию маршрутизатора, выполнив команду:

```
write memory
```

Шаг 9. Выключить питание маршрутизатора. Установить сетевой модуль NM-ESW161. Включить питание маршрутизатора. Проверить возможность загрузки маршрутизатора с новой конфигурацией.

Шаг 10. Просмотреть список всех портов и их имен:

```
sh ip interface brief
```

Шаг 11. Выполнить следующие команды и посмотреть их результаты:

```
sh processes
```

```
sh file systems
```

Шаг 12. Выключить режим шифрования паролей в конфигурационном файле, создать пользователя и убедиться, что пароль в конфигурационном файле записан в открытом виде, затем включить режим шифрования паролей и убедиться, что теперь пароль представляется в зашифрованном виде:

```
no service password-encryption
```

```
username noc1 secret test
```

```
username noc2 password test
```

```
enable secret test2
show running-config
service password-encryption
show running-config
```

Шаг 13. Удалить всех созданных ранее пользователей, задать стойкие к перебору пароли пользователей и пароли для административного доступа. Проверить, что для подключения к маршрутизатору и перехода в административный режим требуется пароль:

```
line console 0
password n&bbR4d21
login
no username noc1
no username noc2
enable secret xkld7Hn434!2&^
username noc secret nTefa#51
```

Шаг 14. Выполнить настройку механизма ролевого управления доступа к командам маршрутизатора, реализующего следующую политику безопасности.

Существуют следующие роли и соответствующие им уровни безопасности: администратор (15), инженер (5) и оператор (3). Доступ пользователям, авторизованным на роль инженера, может быть предоставлен только через консольную сессию. При этом могут быть выполнены основные команды по диагностике и настройке средств маршрутизации, коммутации и адресации.

Пользователи, авторизованные на роль оператора, могут только просматривать диагностические данные на маршрутизаторе. Роль администратора имеет все привилегии:

```
username admin privilege 15 secret nTefa#51
enable secret 15 secret Rc@sxa&h
username engineer privilege 5 secret LwqndhR5
enable secret 5 secret Jnfbn&gd
username operator privilege 3 secret *mmfjj&D
```

```

enable secret 3 secret Mf88MMh1
privilege exec level 3 show running-config
privilege exec level 3 show startup-config
privilege exec level 3 show
privilege exec level 3 ping
privilege exec level 3 ssh
privilege exec level 3 telnet
privilege exec level 3 exit
privilege exec level 5 configure terminal
privilege exec level 5 configure
privilege configure level 5 ip
privilege configure level 5 no ip
privilege configure level 5 ip route
privilege configure level 5 no ip route
privilege configure level 5 router
privilege configure level 5 no router
privilege configure level 5 interface
line console 0
privilege 3

```

*Контрольные вопросы:*

1. Особенности работы в пользовательском режиме маршрутизатора Cisco.
2. Особенности работы в административном режиме маршрутизатора Cisco.
3. Настройки маршрутизатора Cisco в глобальном режиме конфигурирования.
4. Конфигурационный файл маршрутизатора Cisco.
5. Наименование модулей линейных карт и сетевых интерфейсов на маршрутизаторах Cisco.

## Практическое занятие №2. Расчёт локальной вычислительной сети Ethernet

1. Построение структурной схемы сети
2. Расчет параметров трафика

*Цель занятия.*

Привить обучающимся практические навыки по расчету параметров трафика сети Ethernet.

### 1. Построение структурной схемы сети

Указания по выбору варианта.

Варианты задания определяются по (табл. 1) в соответствии с предпоследней цифрой номера студенческого билета, по (табл. 2) - в соответствии с последней цифрой студенческого билета и по (табл. 3) - в соответствии с последней цифрой текущего года.

В процессе работы необходимо произвести:

- определение среднесуточных и пиковых потоков между всеми элементами ЛВС;
- рассчитать потоки в каждой соединительной линии;
- рассчитать канальные скорости и выбрать соответствующие технологии;
- рассчитать время реакции в системе клиент-сервер для спроектированной ЛВС;
- произвести выбор оборудования;
- рассчитать стоимость выбранного оборудования.

### 3. Исходные данные для расчета.

Рассчитываемая ЛВС представляет собой клиент – серверную систему, объединяющую серверы и рабочие станции производственного подразделения.

Иерархическая структура сети повторяет структуру подразделения.

Исходные данные:

1. Число серверов от 3-х до 6-и в соответствии с табл. 1. Номера серверов -  $m = 1 \div 6$ .
2. Число отделов – 3. Номера отделов –  $i = 1 \div 3$ .
3. Число рабочих групп в каждом отделе от 3-х до 6-и в соответствии с табл. 1. Номера рабочих групп –  $j = 1 \div 6$ .
4. Число ПЭВМ (рабочих станций, персональных компьютеров - РС) в каждой рабочей группе равно 8. Номера РС –  $k = 1 \div 8$ .
5. Интенсивность среднесуточных обменов для любой пары клиент – сервер одинакова и равна:
  - в направлении ПЭВМ – сервер – 0,2 Кбайт/с;
  - в направлении сервер – ПЭВМ – 2 Кбайт/с
  - коэффициент пульсаций трафика (отношение пиковых потоков к среднесуточным) определяется по (табл. 2).

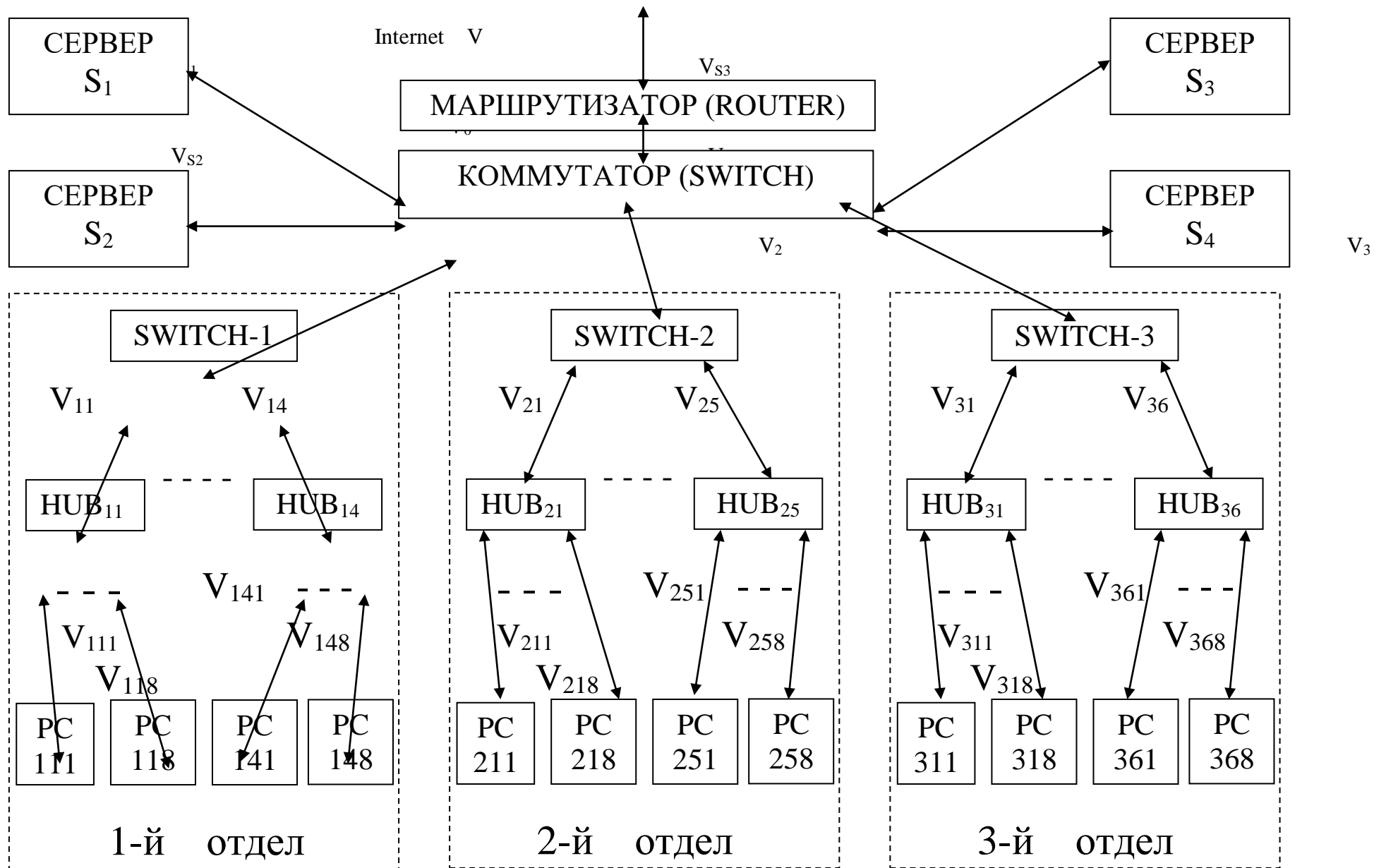


Таблица 2.1 - Число серверов и рабочих групп в отделах

Предпоследняя цифра шифра	Число серверов	Число рабочих групп		
		1 отдел	2 отдел	3 отдел
0	3	3	4	5
1	3	4	5	6
2	4	3	4	6
3	4	4	4	5
4	4	4	5	6
5	5	3	5	5
6	5	4	4	6
7	6	3	4	5
8	6	4	4	6
9	6	4	5	5

6. Интенсивность среднесуточного внешнего обмена для любой ПЭВМ одинакова и равна:

- в направлении ПЭВМ -Internet - 0,05 Кбайт/с;
- в направлении Internet – ПЭВМ – 0,7Кбайт/с;
- коэффициент пульсации трафика определяется по (табл. 3);

7. Интенсивность среднесуточного обмена между ПЭВМ одной рабочей группы – 0,3Кбайт/с. Коэффициент пульсации – 50:1.

8.Интенсивность среднесуточного обмена между любыми ПЭВМ подразделения не входящими в одну рабочую группу – 0,1Кбайт/с. Коэффициент пульсации – 50:1.

Таблица 2.2 -Коэффициент пульсаций трафика “клиент – сервер” и “сервер – клиент”

Последняя цифра шифра										
Коэффициент пульсаций	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5

Таблица 2.3 Коэффициент пульсаций внешнего трафика

Последняя цифра текущего года										
Коэффициент пульсаций	5	0	5	00	10	20	30	40	50	60

#### 4. Порядок выполнения работы.

4.1. Составить структурную схему ЛВС, уточнив для схемы (рис. 1) числа серверов и рабочих групп в отделах для своего варианта.

4.2. Для удобства дальнейших расчетов провести индексацию всех узлов схемы своего варианта подобно тому, как это сделано на схеме (рис.3.1). В рассматриваемой сети под узлом N (Node) понимается любое устройство типа маршрутизатор (Router), коммутатор (Switch) или концентратор (hub).

Линии связи (ветви) между узлами удобно индексировать так же, как узел, расположенный ниже по иерархии. Например, линию, соединяющую узел  $N_1$  (в данном случае SWITCH-1) с узлом  $N_{11}$  (HUB<sub>11</sub>), будем обозначать как  $V_{11}$ , а линию, соединяющую  $N_{36}$  (HUB<sub>36</sub>) с узлом  $N_{368}$  (PC-368), обозначим как  $V_{368}$ . Эти обозначения будут необходимы при расчете потоков в линиях.

Самые нижние ветви (между ПЭВМ и концентратором) имеют трёхиндексное обозначение  $V_{ijk}$ , где:  $i$  – номер отдела,  $j$  – номер рабочей группы и  $k$  – номер ПЭВМ в рабочей группе.

4.3. Произвести расчет пиковых потоков для направлений обменов, указанных в пунктах 5÷8 раздела 4.3. Например, если трафик ПЭВМ – Сервер составляет 2 Кбайта/с при пульсациях 70:1, то пиковый поток составит 140 кбайт/с.

4.4. Определить суммарные пиковые потоки для каждой ветви. Это основная расчетная часть работы, требующая точности и внимательности. Ориентируясь на суммарные пиковые потоки, необходимо будет определять пропускные способности соответствующих ветвей. Фактически это сведется к выбору одного из стандартов; Ethernet (10Мбит/с), Fast Ethernet (100 Мбит/с), Gigabit Ethernet (1000 Мбит/с) или 10Gbit Ethernet (10Гбит/с). Целесообразно составить таблицу со столбцами – ветвями и строками – потоками следующего вида (табл. 4).

Таблица 2.4 - Объёмы потоков в ветвях ЛВС

[illegible]

Структура таблицы отражает следующие особенности исходных данных:

- в каждом отделе потоки между ПЭВМ и концентратором одинаковы. Поэтому в таблице для ветвей нижнего уровня выделено только три столбца –  $V_{1jk}$  (ветви 1-го отдела),  $V_{2jk}$  и  $V_{3jk}$  ;
- в каждом отделе потоки между концентратором и коммутатором для каждой рабочей группы одинаковы. Поэтому в таблице для ветвей среднего уровня тоже выделено только три столбца –  $V_{1j}$  (ветви 1-го отдела),  $V_{2j}$  и  $V_{3j}$  .

Например, пиковый поток от сервера  $S_1$  до  $PC_{118}$ , равный 1,2 Мбайт/с, пройдет по ветвям  $V_{S1}$ ,  $V_1$ ,  $V_{11}$  и  $V_{118}$  и должен быть отмечен в столбцах  $V_{sm}$ ,  $V_1$ ,  $V_{1j}$  и  $V_{1jk}$ . Поток между двумя ПЭВМ 1-го и 2-го отделов, равный 50 Кбайт/с, пройдет по ветвям, например,  $V_{111}$ ,  $V_{11}$ ,  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_{21}$  и  $V_{218}$  и должен быть отмечен в соответствующих столбцах.

Необходимо обязательно просчитывать количество одинаковых потоков, проходящих по той или иной ветви, и указывать их суммарный объем. Например, в 5-й строке столбца  $V_{1jk}$  указывается пиковый поток от одной из ПЭВМ 1-го отдела к семи другим ПЭВМ своей рабочей группы, умноженный на 2. Удвоение потока необходимо для учёта исходящего и входящего потоков, так как по одной и той же ветви  $V_{131}$  проходит, например, поток  $PC_{131} \rightarrow PC_{138}$  и поток  $PC_{138} \rightarrow PC_{131}$ .

После включения в табл. 4 всех потоков можно будет подсчитать суммарный информационный поток в каждой ветви.

Замечание. Такой подсчет суммарной нагрузки является очень упрощенным, так как пики потоков носят стохастический характер и необязательно совпадают во времени. Для точных расчетов применяются методы теории телетрафика, но для сложных сетей, подобных рассматриваемой, они не разработаны. В случае необходимости получения точных значений объемов потоков применяют методы имитационного моделирования, которые выходят за рамки данной контрольной работы. Однако, использование такой явно завышенной оценки суммарного потока в какой-то степени оправдано, так как создает определенный запас пропускной способности каналов. Обычная практика проектирования сетей - загружать каналы изначально не более, чем на 20-30%, поскольку интенсивность информационного обмена в современных сетях непрерывно возрастает (по некоторым оценкам удваивается каждые 9 месяцев).

4.5. Определяются требуемые канальные скорости для каждой ветви (заполняется последняя строка табл. 4). Общепринято информационные потоки измерять в байт/с, а канальные скорости в бит/с. Поэтому переход от предпоследней строки табл. 4 к последней состоит в простом умножении ее значений на 8 (на число бит в байте).

4.6. На заключительных этапах работы студенты должны выбрать оборудование для узлов ЛВС (Раздел 5), определить стоимость выбранного оборудования и рассчитать время реакции в тракте “ПЭВМ – Сервер – ПЭВМ” (Раздел 6).

## 5. Выбор оборудования для узлов ЛВС.

Рассмотрим ряд устройств (концентратор, коммутатор, маршрутизатор), которые использовались при построении данной ЛВС.

5.1. Концентратор – это многопортовый повторитель, который любой бит, появляющийся на любом из его портов, передает на все другие порты, независимо от адреса принятого кадра (адрес даже не анализируется). Появление сигналов одновременно на двух или более входах рассматривается как столкновение и обнаруживается источниками этих сигналов. Передача временно прекращается и возобновляется через некоторый случайный промежуток времени.



Концентратор – устройство физического уровня. Он проще и дешевле коммутатора, но безадресная передача кадров на все выходы сильно перегружает соответствующий сегмент сети.

5.2. Коммутатор – любой поступающий на его порт кадр записывает в память (целиком или только заголовок), анализирует адрес получателя и передает этот кадр только в направлении к адресату. Это даёт возможность коммутатору осуществлять одновременно несколько обменов. Например, передавать кадр с порта 1 на порт 7 и одновременно с 11-го порта – на 9-й. Коммутатор – устройство второго уровня. Он производит передачу кадров в соответствии с физическими адресами портов.

5.3. Маршрутизатор – устройство 3-го уровня. В сетях, входящих в Internet, маршрутизаторы анализируют адреса IP-пакетов, поступающих на любой из его портов, и в соответствии с этими адресами направляют пакеты к другим маршрутизаторам или ПЭВМ (напрямую или через сети 2-го уровня). Другая существенная функция маршрутизатора – согласование протоколов логического уровня. Как правило, порты маршрутизатора многофункциональны (или модульны). К одному маршрутизатору могут подключаться, например, каналы ЛВС Ethernet и каналы сети ATM, Frame Relay или ISDN.

5.4. Выбор оборудования производится по следующим критериям:

- число портов. Очевидно, что приобретаемое устройство должно иметь число портов, не меньшее, чем число подходящих к нему каналов;

- наличие соответствующих физических интерфейсов: коаксиальные кабели, витая пара, оптоволоконный кабель. Для нашей схемы примем, что все каналы организованы на витых парах категории 5, кроме канала выхода в Internet (V), который целесообразно организовать на оптическом кабеле;

- наличие соответствующих логических интерфейсов. Для внутренних линий нашей схемы примем интерфейсы разновидностей Ethernet (Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet или 10Gbit Ethernet), а для внешней линии (V) – интерфейс с сетью ATM по каналу абонентского доступа ADSL;

- пропускные способности портов должны быть не ниже канальных скоростей, рассчитанных для соответствующих линий (последняя строка табл. 4). При этом необходимо обратить внимание на следующее обстоятельство: представленные в табл. 4 потоки получены путём суммирования двухсторонних потоков в каждой ветви. Поэтому выбранные канальные скорости будут достаточны даже для полудуплексных режимов работы портов Ethernet, а в случае выбора аппаратуры с дуплексным режимом будет обеспечен определённый запас по пропускной способности ветви. В лучшем случае, при симметричном трафике, запас будет двукратным. Например, при дуплексной связи порты Ethernet 10 Мбит/с могут передавать данные со скоростью 20 Мбит/с – по 10 Мбит/с в каждом направлении. Отметим также, что современные стандарты Ethernet, кроме коаксиальных версий, используют, как правило, дуплексные режимы;

- суммарная пропускная способность устройства должна быть не ниже суммы рассчитанных канальных скоростей для всех линий, подключаемых к этому устройству.

5.5. Рекомендации по выбору оборудования.

При выборе оборудования из номенклатуры: маршрутизатор, коммутатор, концентратор необходимо пользоваться следующими правилами:

- маршрутизатор по сравнению с коммутатором обладает большим интеллектом (работа с IP-адресами, борьба с широковещательными штормами), а коммутатор дешевле и обладает, как правило, большим быстродействием;

- коммутатор по сравнению с концентратором более интеллектуален (работа с MAC-адресами, что позволяет существенно ограничить зону коллизий, специфичную для технологии

Ethernet). Концентратор дешевле. Однако, в последние годы в связи с массовым выпуском микрочипов для коммутаторов их стоимость значительно снизилась и они считаются более предпочтительными. В данном практическом занятии выбор предоставляется студентам.

5.6. Перечни необходимых устройств и их параметры регулярно печатаются в прайс листах. Например, в таких изданиях как «Что? Где? Почему? Компьютеры и оргтехника» или «Телеком Ростов. Компьютеры > средства связи > оргтехника > электроника» Параметры выбранного устройства можно уточнить, «покопавшись» в Интернете.

#### 6. Расчет времени реакции системы.

В системе клиент - сервер под временем реакции понимается интервал времени между вводом запроса в ПЭВМ клиента и получением ответа на экране монитора. С большими упрощениями этот расчет можно произвести следующим образом.

В общем виде  $T_p = t_{пз} + t_s + t_{по};$

-  $T_p$  - время реакции;

-  $t_{пз}$  - время передачи запроса от ПЭВМ до сервера. Так как запросы, как правило, очень короткие, то можно в  $t_{пз}$  учесть только задержки в узлах. Примерно по 25мкс. на каждом узле (концентраторе или коммутаторе);

-  $t_s$  - время подготовки ответа сервером. Если не учитывать возможное стояние запроса в очереди на обслуживание сервером, то можно принять  $t_s$  равным 0,5мс;

-  $t_{по}$  - время передачи ответа от сервера до ПЭВМ. Здесь, кроме задержки в узлах (25 мкс.), следует учесть и время прохождения длинного ответа через самый низкоскоростной канал.

Рассмотрим цепь каналов между сервером  $S_1$  и  $PC_{111}$  (Рис.2).

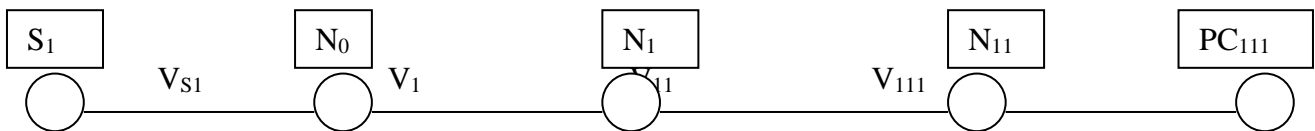


Рис.2.2 Схема тракта сервер – рабочая станция (ПЭВМ).

Пусть в результате расчетов по пункту 5 определены следующие каналные скорости:  $C_{111}=10\text{Мбит/с}$ ,  $C_{11}=10\text{Мбит/с}$ ,  $C_1=100\text{ Мбит/с}$ :

Тогда, для передачи ответного файла, например, длиной в  $L$  Мбайт, по самому низкоскоростному каналу  $V_{111}$  (скорость  $C_{111}=10\text{Мбит/с}$ ) потребуется время

$$t_{111} = \frac{L * 8}{C} = \frac{0,01 * 10^6 * 8}{10 * 10^6} = 8\text{мс}; \quad (\text{для } L=0,01 \text{ Мбайт}).$$

Цифра 8 в числителе соответствует числу бит в байте. Таким образом, общее время реакции составит:

$$T_p = 3 * 25\text{мкс} + 500\text{мкс} + 3 * 25\text{мкс} + 8000\text{мкс} = 8650 \text{ мкс}.$$

Коэффициенты 3 в данной формуле соответствуют 3-м узлам, разделяющим ПЭВМ и сервер. Время - 500мкс – это продолжительность подготовки ответа сервером. Время - 8000мкс – это рассчитанная выше продолжительность передачи ответа (8мс). Длину ответного файла  $L$  студент выбирает произвольно и независимо от других студентов.

Строго говоря, расчёт времени реакции должен был учитывать и время распространения сигнала (электромагнитной волны) от компьютера до сервера и обратно. В общем случае, это время определяется как  $t_p = S/v$ , где:  $S$  – расстояние между двумя узлами (по кабелю);

$v$  – скорость распространения электромагнитной волны в кабеле данного типа (можно принять  $v = 200000$  км/с).

Тогда для  $S = 100$  м получим  $t_p = 0,5$  мкс. А время распространения сигнала в обе стороны определится как  $t_{p2} = 1$  мкс.

В связи с тем, что топология ЛВС (расположение серверов, компьютеров, коммутаторов) в данном практическом задании не определяется, а также в связи с незначительностью времени распространения в пределах небольшой локальной сети, это время при расчёте времени реакции не учитывалось.

#### 7. Заключение.

В заключении работы необходимо привести основные параметры рассчитанной системы:

- число ПЭВМ;
- время реакции;
- скорость канала доступа в Internet;
- стоимость оборудования.

#### *Контрольные вопросы.*

1. Принцип работы сети по технологии Ethernet.
2. Основные стандарты технологии Ethernet.
3. Для каких передающих сред стандартизирована технология Ethernet.
4. Структура кадра Ethernet.
5. Какие отличия физических параметров сигналов существуют в технологиях Ethernet, Fast Ethernet и Gigabit Ethernet.

### Практическое занятие №3. Проектирование коммутируемой сети с использованием технологии VLAN

1. Изучение технологии VLAN
2. Проектирование ЛВС филиала банка с использованием технологии VLAN

*Цель занятия.*

Целью занятия работы является обучение методам и средствам защиты инфраструктуры коммутации при использовании технологии виртуальных ЛВС (VLAN), их настройке и маршрутизации.

#### 1. Изучение технологии VLAN

*Виртуальная ЛВС или VLAN* – широковещательный домен второго уровня.

Порты коммутаторов, принадлежащие одной VLAN, могут обмениваться кадрами между собой, но не могут обмениваться кадрами с портами других VLAN.

Для централизованного управления VLAN на коммутаторах может быть использован протокол VTP.

Для передачи кадров нескольких VLAN между коммутаторами используются *магистральные соединения*, или *транки*.

Порты коммутаторов, образующие магистральный канал, называются *магистральными*, или *транковыми* портами. На магистральных портах (в отличие от портов доступа) производится идентификация и инкапсуляция кадров VLAN с помощью протоколов ISL или IEEE 802.1Q.

Для динамического создания магистрального канала между коммутаторами может использоваться протокол DTP. Порты коммутатора, передающие кадры только одной VLAN, называются *портами доступа* (access port). Как правило, по умолчанию все порты коммутаторов являются портами доступа и находятся в VLAN с номером 1, называемой *собственной* или *стандартной* VLAN (native VLAN). Для собственных VLAN не применяются никакие протоколы инкапсуляции.

Различают статические и динамические VLAN. В *статических* VLAN назначение порта осуществляется администратором на этапе настройки коммутатора. В *динамических* VLAN назначение порта осуществляется по

некоторому протоколу и, как правило, на основе MAC-адреса узла сети. В настоящее время в основном используются статические VLAN.

Компьютеры, находящиеся в разных VLAN могут обмениваться данными только через маршрутизатор (или любое другое устройство уровня L3), имеющий интерфейсы в этих VLAN. Такие VLAN называются маршрутизируемыми, иначе – изолированными.

В настоящее время рекомендуется использовать следующие принципы при создании и настройке защищенных коммутируемых ЛВС:

1. Не использовать для распространения информации об используемых VLAN в ЛВС протокол VTP (включать режим transparent).
  2. В качестве протокола инкапсуляции использовать протокол IEEE 802.1Q.
  3. Запретить передавать кадры собственной VLAN по магистральным каналам. В качестве native VLAN использовать специально для этого выделенную VLAN, не используемую ни для каких других целей.
  4. Не использовать стандартную VLAN 1 в ЛВС ни для каких целей, особенно для управления сетевым оборудованием.
  5. На магистральных портах использовать только необходимые VLAN – VLAN, которым принадлежат порты коммутаторов на другой стороне. Все другие VLAN запрещать.
  6. Не использовать одинаковые VLAN на разных коммутаторах. Наиболее предпочтительный вариант проектирования – один коммутатор, одна VLAN, одна IP-подсеть.
  7. Все неиспользуемые порты коммутатора переводить в режим shutdown и назначать их в специально созданную для этого немаршрутизируемую и изолированную VLAN.
  8. На портах доступа отключать использование протокола DTP.
- Для минимизации времени восстановления функционирования системы при подключении канала на магистральных портах устанавливать протокол DTP в режимах On/On и Nonegotiate (отключать согласование).

## *2. Проектирование ЛВС филиала банка с использованием технологии VLAN*

Постановка задачи: ЛВС филиала банка построена на базе двух коммутаторов уровня доступа филиала Cisco Catalyst 2960 (SW4-2, SW4-3), коммутатора уровня ядра-распределения филиала Cisco Catalyst 3560 (SW4-1) и маршрутизатора доступа Cisco 2811 (R4).

Требуется создать VLAN с номерами для рабочих станций, принтеров и серверов банка в соответствии со схемой, представленной на рис. 1, настроить маршрутизацию между этими VLAN при их подключении к маршрутизатору R4 по магистральному каналу, а также выполнить настройки в соответствии с приведенными выше рекомендациями.

Последовательность действий.

Шаг 1. На коммутаторе уровня доступа филиала SW4-3 отключить протокол VTP, создать необходимые VLAN, настроить магистральный порт и порты доступа коммутатора:

```
vtp mode transparent
vlan 30
name AS_Client_Bank
vlan 40
name Service
vlan 700
name unused ports
vlan 701
name native
```

Шаг 2. Настроить используемые магистральные порты и порты доступа коммутатора SW4-3:

```
interface fastEthernet 0/1
switchport mode trunk
switchport nonegotiate
switchport trunk native vlan 701
interface fastEthernet 0/2
```

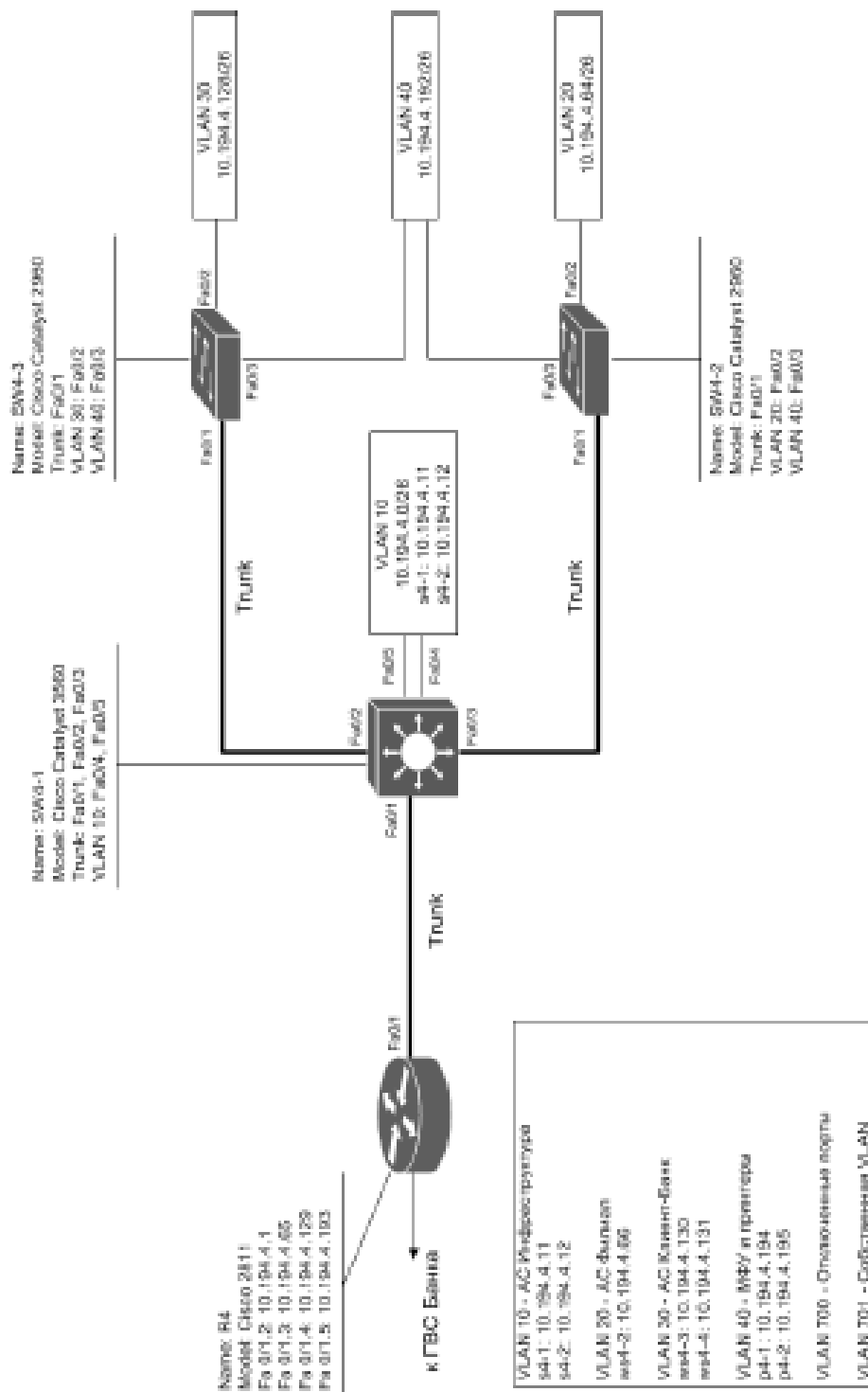


Рисунок 3.1- Схема соединения оборудования ЛВС

switchport mode access

switchport nonegotiate

```
switchport access vlan 30
```

Шаг 3. Настроить неиспользуемые порты коммутатора SW4-3, используя возможность указания диапазона портов:

```
interface range fastEthernet 0/4-24
```

```
switchport mode access
```

```
switchport nonegotiate
```

```
switchport access vlan 700
```

```
shutdown
```

Шаг 4. Выполнить аналогичные настройки с учетом требуемых VLAN, на коммутаторе SW4-2.

Шаг 5. На коммутаторе уровня ядра-распределения филиала SW4-1 настроить магистральные порты для соединения с маршрутизатором и коммутаторами доступа по схеме магистрального подключения. Выполнить настройки безопасности согласно приведенным выше рекомендациям:

```
ip routing
```

```
interface fa0/1
```

```
switchport trunk encapsulation dot1q
```

```
switchport mode trunk
```

```
switchport nonegotiate
```

```
switchport trunk native vlan 701
```

```
switchport trunk allowed vlan 10,20,30,40
```

Шаг 6. На маршрутизаторе филиала R4 создать необходимые VLAN, настроить sub-интерфейсы на порту Fa0/1 и включить инкапсуляцию по протоколу IEEE 802.1Q:

```
interface fa0/1
```

```
no shutdown
```

```
no ip address
```

```
interface fa0/1.2
```

```
encapsulation dot1q 10
```

```
ip address 10.194.4.1 255.255.255.192
```



```
interface fa0/1.3
encapsulation dot1q 20
ip address 10.194.4.65 255.255.255.192
interface fa0/1.4
encapsulation dot1q 30
ip address 10.194.4.129 255.255.255.192
interface fa0/1.5
encapsulation dot1q 40
ip address 10.194.4.193 255.255.255.192
```

Шаг 7. Проверить доступность серверов АС с рабочих станций, исследовать формат кадров, передающихся по магистральному каналу между коммутатором ядра-распределения и маршрутизатором.

Убедиться в невозможности взаимодействия с серверами АС из VLAN 700.

Шаг 8. Убедиться, что кадры native VLAN не инкапсулируются протоколом IEEE 802.1q при их передаче по магистральному каналу.

*Контрольные вопросы.*

1. Определение виртуальной ЛВС.
2. Дайте рекомендации по настройке механизмов защиты виртуальных ЛВС.
3. Определение статической и динамической VLAN.
4. Поясните назначение и общие принципы функционирования протокола DTP.
5. Назначение портов типа trunk и access.

## **Практическое занятие №4. Построение городской мультисервисной сети на принципах NGN**

- 1. Изучение общих принципов NGN*
- 2. Реализация стратегии "Наложенная сеть"*

*Цель занятия.*

Изучить принципы модернизации ГТС для перевода её в городскую мультисервисную сеть с технологиями NGN. Освоить методику поэтапной модернизации ГТС.

### *1. Изучение общих принципов NGN*

В развитии электросвязи можно выделить несколько характерных периодов времени, в течение которых начиналась модернизация телекоммуникационных сетей. Степень изменений всегда была различной. Например, переход от декадно-шаговых коммутационных станций к координатным был, несомненно, важным этапом развития телефонии. Замена координатных коммутационных станций на цифровые - качественная (более существенная) реконструкция телефонных сетей.

Переход к NGN можно считать радикальной модернизацией телекоммуникационной системы. Меняются не только технологические принципы передачи и коммутации. Весьма существенные изменения произойдут на рынке инфокоммуникационных услуг, в системе технической эксплуатации и не только.

Общие принципы NGN.

Концепция NGN разрабатывается в течение нескольких лет, но до сих пор не сформулировано внятное определение для "сети следующего поколения". В 2003 г. на одном из семинаров Международного союза электросвязи (МСЭ) с символичным названием "Next Generation Networks: What, When and How?" было предложено определение для этого направления в развитии инфокоммуникационной системы. В одной из публикаций [1] оно переведено так: "Сети следующего поколения - это всеохватывающее понятие для инфраструктуры, реализующей перспективные услуги, которые должны быть в будущем предложены Операторам мобильных и фиксированных сетей одновременно с продолжением поддержки всех существующих на сегодняшний день услуг. Сети следующего поколения используют технологии передачи и коммутации, базируются на физическом слое оптических каналов, обеспечивают полноценное взаимодействие с существующими сетями".

Автор другой статьи [2], основываясь на рекомендации МСЭ Y.2001, дает несколько иное толкование термина NGN: "Это сеть на базе пакетов, которая способна предоставлять услуги электросвязи и предоставлять возможность использовать несколько широкополосных, обеспечивающих качество обслуживания, транспортных технологий и в которой функции, относящиеся к услугам, независимы от нижележащих технологий, относящихся к транспортировке".

Можно предложить более простую трактовку термина NGN, если воспользоваться определением сети, которая поддерживает обслуживание "Triple-play services" [3]. Ее можно рассматривать как мультисервисную сеть, в которой предоставляются основные и дополнительные услуги для обмена тремя видами информации (речь, данные и видео). Такая мультисервисная сеть будет экономично удовлетворять требования всех пользователей в

обозримой перспективе. Теперь определение для NGN формулируется в более простой форме: NGN - это сеть, способная обеспечить обслуживание вида "Triple-play services" за счет использования оборудования передачи и коммутации, основанного на пакетных технологиях.

Функционально обобщённая структура NGN представляется четырьмя плоскостями (уровнями):

- плоскость услуг (приложений): её задача – обеспечение всего спектра услуг доступного на сетях следующего поколения. В большинстве случаев для реализации уровня приложений выделяются отдельные серверы и базы данных;

- плоскость управления (сеть сигнализации), обеспечивающая реализацию пользовательских запросов путём коммутации пакетов в транспортной сети. Всё то многообразие устройств, которые транслируют и коммутируют трафик данных, преобразуют информацию, заложенную в пакеты, в стандартную телефонную сигнализацию и соединения, сопрягают цифровые сети различной природы, терминируют на себе различные виды трафика, управляется из одного мощного ядра. Это ядро связывается с понятием Softswitch. Основная функция Softswitch – управление соединением абонента А с абонентом Б с обеспечением параметров качества обслуживания;

- базовая плоскость – транспортная сеть пакетной передачи. От технологий, используемых на этом уровне, во многом зависит уровень работы всей сети следующего поколения и количество предоставляемых сервисов. В качестве транспорта могут быть использованы сети ATM, Ethernet и как наиболее перспективная - технология MPLS;

- плоскость абонентского доступа, реализующая все необходимые виды интерфейсов в каждой конкретной сети. Под термином «доступ» предполагается очень широкое понятие от цифровых абонентских линий до пограничных шлюзов и конвертеров сигнализации. Доступ в общем случае – это всё то оборудование, которое связывает сеть NGN с традиционными TDM-сетями и даже небольшими локальными сетями передачи данных. Природа подключения может быть разной: DSL-системы с медной кабельной парой, системы цифрового кабельного телевидения, беспроводные системы Wi-Fi и WiMAX, оптические технологии доступа (например PON). Объединяет их всех одно – в качестве конечного интерфейса абоненту предоставляется IP-подключение, что даёт возможность использовать интеллектуальный терминал с доступом к большому числу дополнительных сервисов.

Модернизация ГТС, изложенная в данной работе, в основном, описывает изменения, проводимые в базовой плоскости и плоскости управления.

Модель NGN, отражающая принципы построения сети, может быть представлена структурой, приведенной на рис. 1. Одна из существенных особенностей NGN - разделение функций передачи IP-пакетов и управления этим процессом. Передача информации, в которой заинтересованы пользователи, осуществляется коммутаторами пакетов (КП). Вторая функция возложена на устройства управления (УУ), в качестве которых используются различные аппаратно-программные средства.

Модель, представленная на рис. 1, включает в себя три компонента: междугородную сеть и две местные сети. Количество КП в каждом компоненте сети было выбрано произвольно. Это справедливо также в отношении числа УУ, которые необходимы для определения основных атрибутов соединения. Предполагается, что оба пользователя располагают терминалами двух типов. Телефонный аппарат (ТА), необходимый для передачи речи. Персональный компьютер (ПК), обеспечивающий обмен данными и получение видеoinформации.

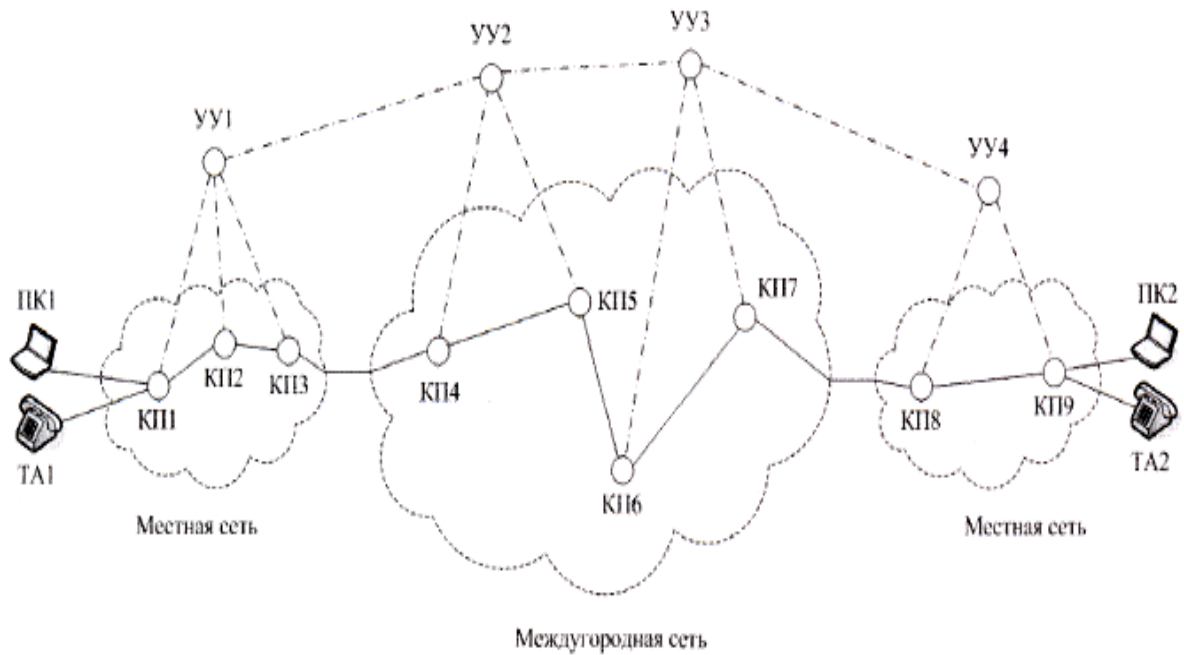


Рисунок 4.1 - Модель сети следующего поколения

#### Три стратегии формирования NGN

У компании, решившей создать сеть следующего поколения, есть разные способы реализации поставленной задачи. Можно выделить три основных направления дальнейших действий (рис. 2):

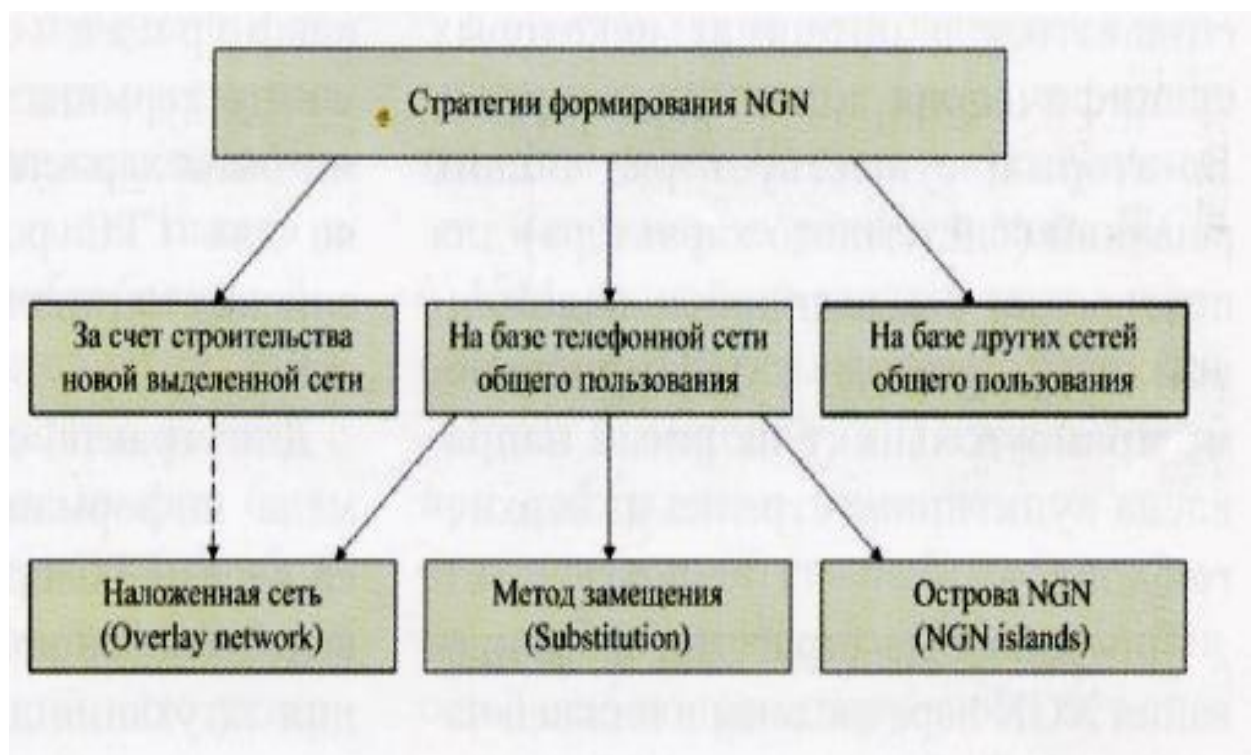


Рисунок 4.2 -Классификация стратегий формирования NGN.

начать строительство новой выделенной сети, руководствуясь принципами, апробированными в начале девяностых годов прошлого века Операторами, которых стали называть альтернативными;

модернизировать телефонную сеть общего пользования (ТФОП) в полном соответствии со стандартами NGN;

создать NGN в результате реконструкции другой сети общего пользования (например, кабельного телевидения).

ТФОП по ряду причин представляется наиболее вероятной базой для построения NGN. Тем не менее организацию выделенной сети также следует рассматривать как одно из практически значимых решений. Тому есть две причины. Во-первых, выделенные сети NGN неизбежно будут создаваться в интересах некоторых специфических клиентских групп. Во-вторых, существует ряд общих решений (системного характера) для построения выделенной и наложенной сетей. Поэтому к левому нижнему прямоугольнику на рис. 2 направлена пунктирная стрелка из верхнего блока.

Три основные стратегии формирования NGN перечислены в нижней части рис. 2. Выбор оптимальной стратегии может быть сделан путем анализа всех трех альтернатив.

Реализация стратегии "Наложенная сеть"

Сценарии реализации стратегии "Наложенная сеть" можно рассмотреть на примере ГТС, построенной по принципу связи коммутационных станций "каждая с каждой". Сети с такой структурой (рис. 3) созданы во многих российских городах. Это районированные ГТС без узлообразования. Предполагается, что на местной станции (МС) под номером четыре в этой сети расположена транзитная станция (ТС), через которую осуществляется доступ к сети междугородной и международной телефонной связи. В данной работе аббревиатура МС распространяется только на районные АТС рассматриваемой ГТС, т.е. на РАТС.

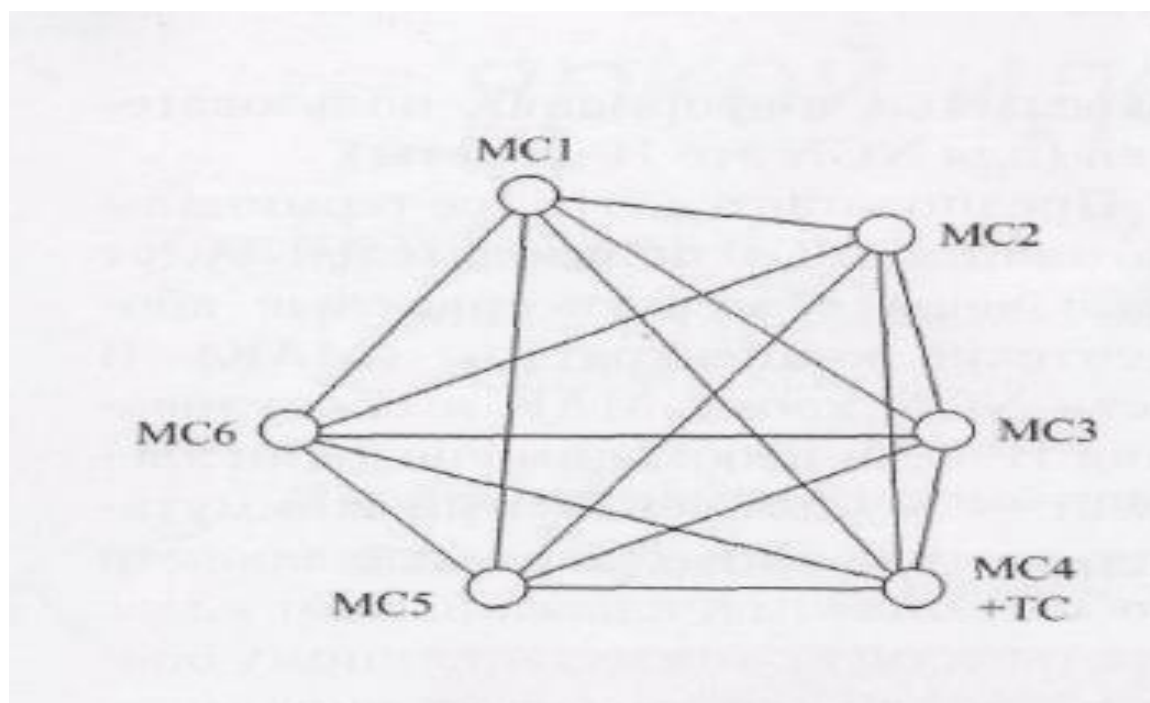


Рисунок 4.3 -Структура ГТС без узлов.

Допустим, что заранее была определена оптимальная структура NGN (рис. 4). Предположим также, что NGN начинает формироваться с уровня сетей международной и междугородной связи. Поэтому к моменту модернизации нашей ГТС вместо автоматической

междугородной телефонной станции (АМТС) уже установлен магистральный коммутатор (МК). Он обеспечивает транзит IP-пакетов, содержащих информацию любого вида (речь, данные, видео и их комбинация), в сетях междугородной и международной связи.

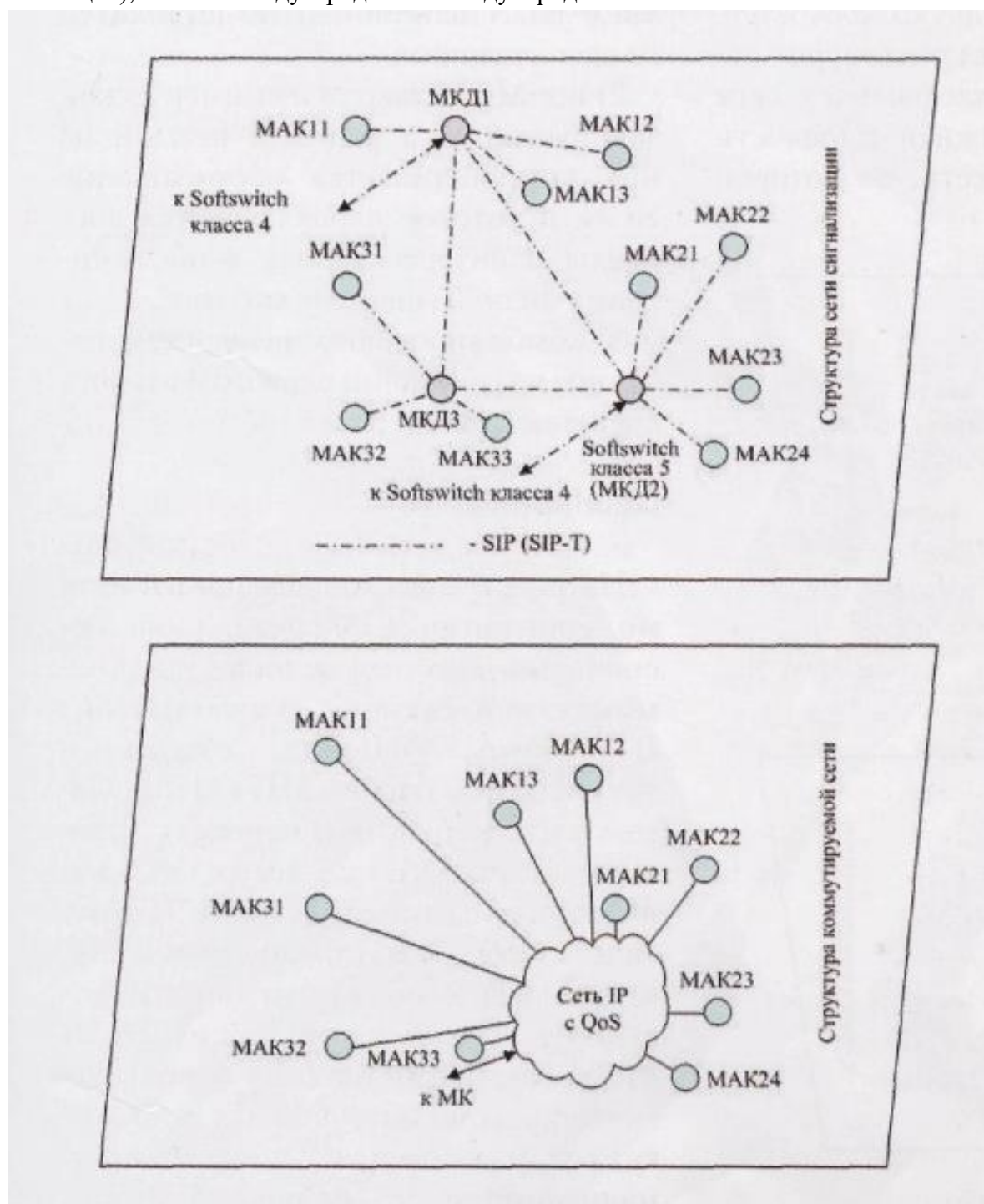


Рисунок 4.4 -Оптимальная структура NGN.

Этот рисунок (как и несколько следующих) состоит из двух плоскостей. Верхняя плоскость иллюстрирует основные изменения, касающиеся сети сигнализации. В нижней плоскости показана структура сети, по которой передается информация пользователей (для NGN это IP-пакеты).

Предполагается, что все терминалы потенциальных пользователей будут включены в мультисервисные абонентские концентраторы (МАК). В сети NGN кроме МАК и оборудования IP-сети необходим еще один элемент - мультисервисный коммутатор доступа

(МКД), представляющий собой Softswitch класса 5. Этот класс соответствует коммутационному оборудованию, которое функционирует на уровне местных станций. Для сигнализации на участках МАК - МКД, между МКД, а также между МКД и Softswitch класса 4 (который устанавливается на МК) предполагается использование протоколов SIP или SIP-T, но возможны и другие решения, если они соответствуют международным стандартам.

Создание NGN, структура которой показана на рис. 4, может быть выполнено различными способами. С практической точки зрения следует выделить три сценария формирования NGN:

- 1) каждая МС после решения о необходимости ее замены оборудованием NGN одномоментно выводится из эксплуатации;
- 2) все МС остаются в коммерческой эксплуатации, а рядом с каждой из них устанавливается оборудование NGN, в которое переключаются абоненты, заинтересованные в обслуживании вида "Triple-play services";
- 3) комбинированное решение, основанное на сочетании первого и второго сценариев.

#### Сценарий 1

##### Первый этап

На рис. 5 показан начальный этап модернизации ГТС без узлов для сценария, который основан на одномоментной замене каждой МС. В данном примере замене подлежат РАТС МС3 и МС4. В границах IP-сети изображен транспортный шлюз MG (Media Gateway), который обеспечивает взаимодействие МАК со всеми МС, использующими технологию "коммутация каналов". Для анализа функций МКД необходимо обратиться к верхней плоскости рис. 5. Шесть МС, независимо от типа используемого оборудования коммутации, могут рассматриваться как пункты сигнализации - SP (Signaling Point). Такая трактовка предложена МСЭ при разработке спецификаций для обмена информацией по общему каналу сигнализации (ОКС). Номера SP и МС совпадают. Для нумерации пункта сигнализации, расположенного на ТС, выделена цифра "0".

В городе начинает формироваться сеть IP, поддерживающая показатели качества обслуживания (Quality of Service, QoS), которые определены для NGN. Перечень таких показателей устанавливает Администрация связи. Основанием для нормирования этих показателей может служить, например, рекомендация МСЭ Y.1541. На начальном этапе создания NGN в сети IP может использоваться всего один коммутатор. В рассматриваемом примере четыре концентратора МАК обеспечивают обслуживание всех абонентов, ранее включенных в МС3 и МС4.

Следует подчеркнуть, что для взаимодействия с аналоговыми МС необходим шлюз сигнализации SG (Signalling Gateway). Дело в том, что коммутаторы Softswitch не поддерживают процессы обмена сигналами управления и взаимодействия, которые используются в отечественных аналоговых коммутационных станциях. Предполагается, что только МС1 построена на аналоговом коммутационном оборудовании. Система сигнализации, принятая для российских аналоговых МС, названа здесь R2-R (или R1,5). Такое обозначение расшифровывается как российская версия системы сигнализации R2, принятой МСЭ.



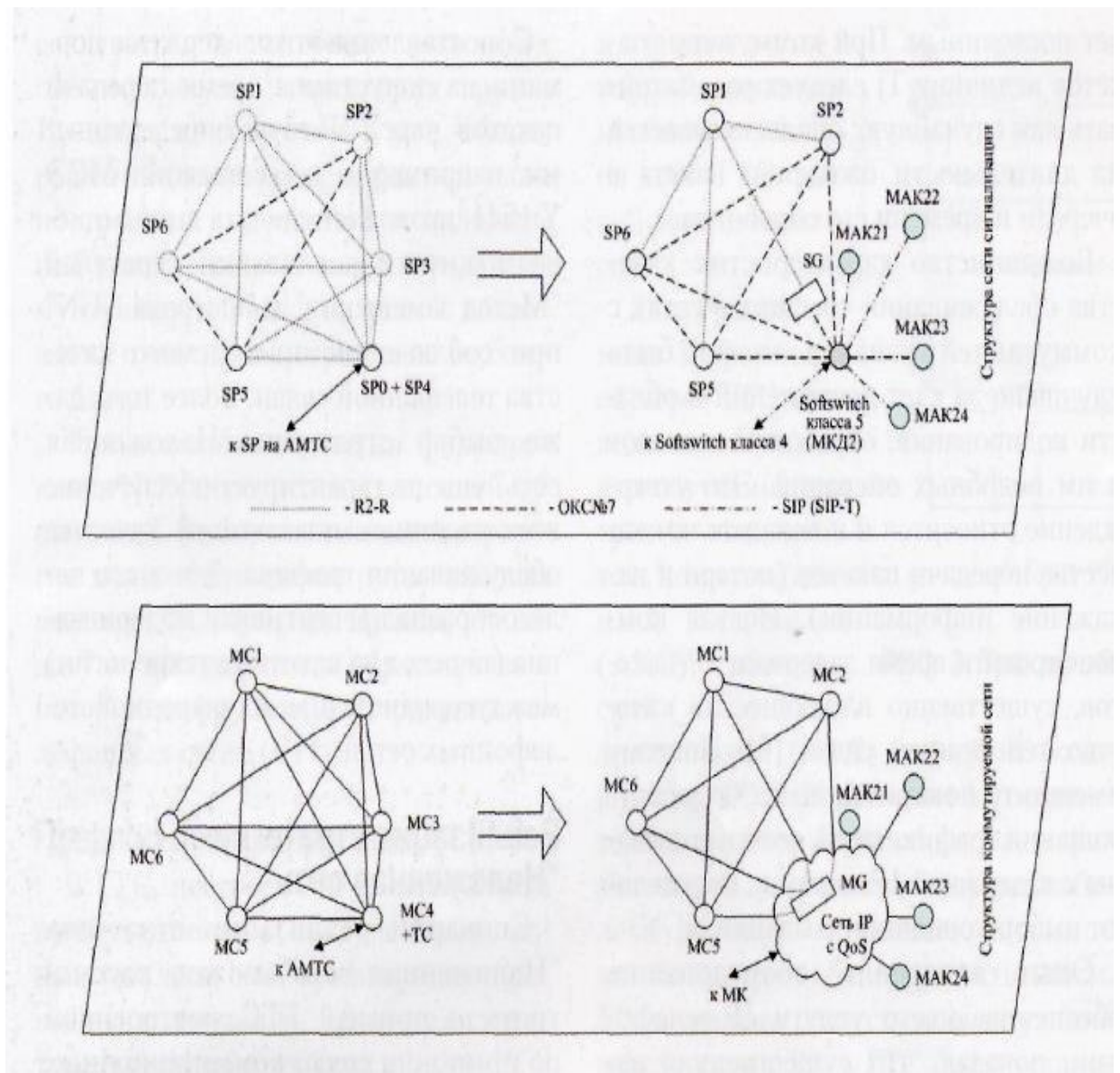


Рисунок 4.5 -Первый этап модернизации ГТС без узлов. Сценарий I.

#### Второй этап

На рис. 6 показан один из возможных вариантов дальнейшего построения NGN. Он рассматривается как второй этап модернизации ГТС и основан на замене двух коммутационных станций: MC1 и MC2. Одновременная замена двух MC - один из возможных вариантов развития городской инфокоммуникационной системы в соответствии с выбранным сценарием. Решения такого рода интересны с точки зрения минимизации затрат на сеть доступа. Отправной точкой для выбора рационального решения служит вариант, предусмотренный программой модернизации ГТС.

Установка МКД1 подразумевает реконструкцию сети доступа, в которой появляются еще три МАК. Между абонентами семи эксплуатируемых МАК информация всех типов передается в виде IP-пакетов. Управляют всеми соединениями два МКД. Переход к технологии "коммутация каналов" необходим только для соединений, которые устанавливаются с терминалами, включенными в MC5 или в MC6.

Радикальные изменения свойственны сети сигнализации. Только для MC5 и MC6 используются системы сигнализации, реализованные для телефонной связи. Все остальные эле-



менты городской сети (МАК и МКД) уже взаимодействуют между собой по единой системе сигнализации, принятой для NGN.

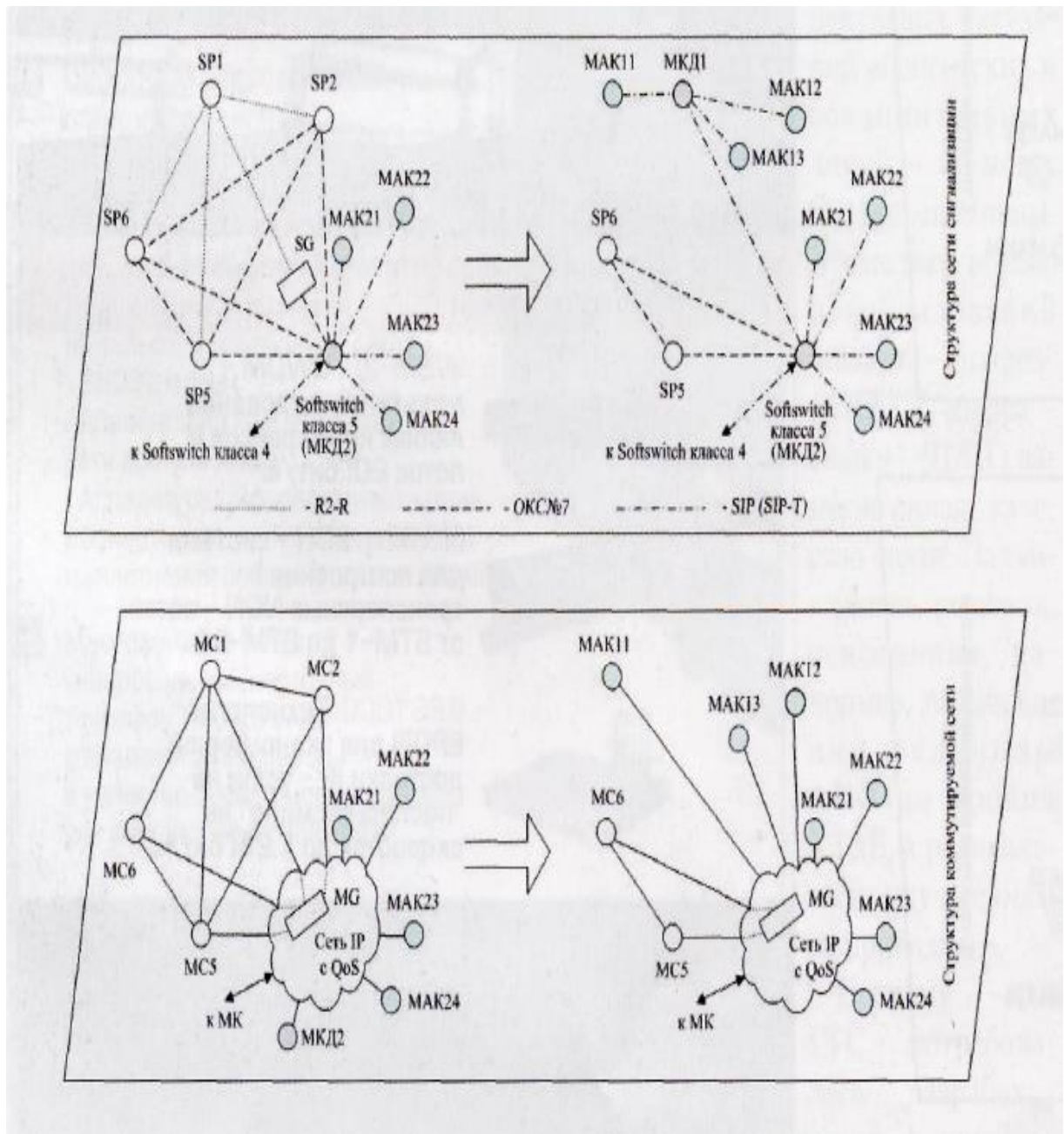


Рисунок 4.6 -Второй этап модернизации ГТС без узлов. Сценарий I.

### Третий этап

Структура сети становится все более похожей на структуру NGN, формирование которой завершается на третьем - заключительном - этапе. Этот этап (рис. 7) приводит к созданию сети со структурой, которая была выбрана в качестве оптимального решения (см. рис. 4). Варианты модернизации ГТС в соответствии с рассматриваемым сценарием могут различаться темпами замены эксплуатируемого оборудования коммутации, численностью МКД и МАК в IP-сети, а также другими атрибутами, не влияющими на принципы поэтапного создания NGN.

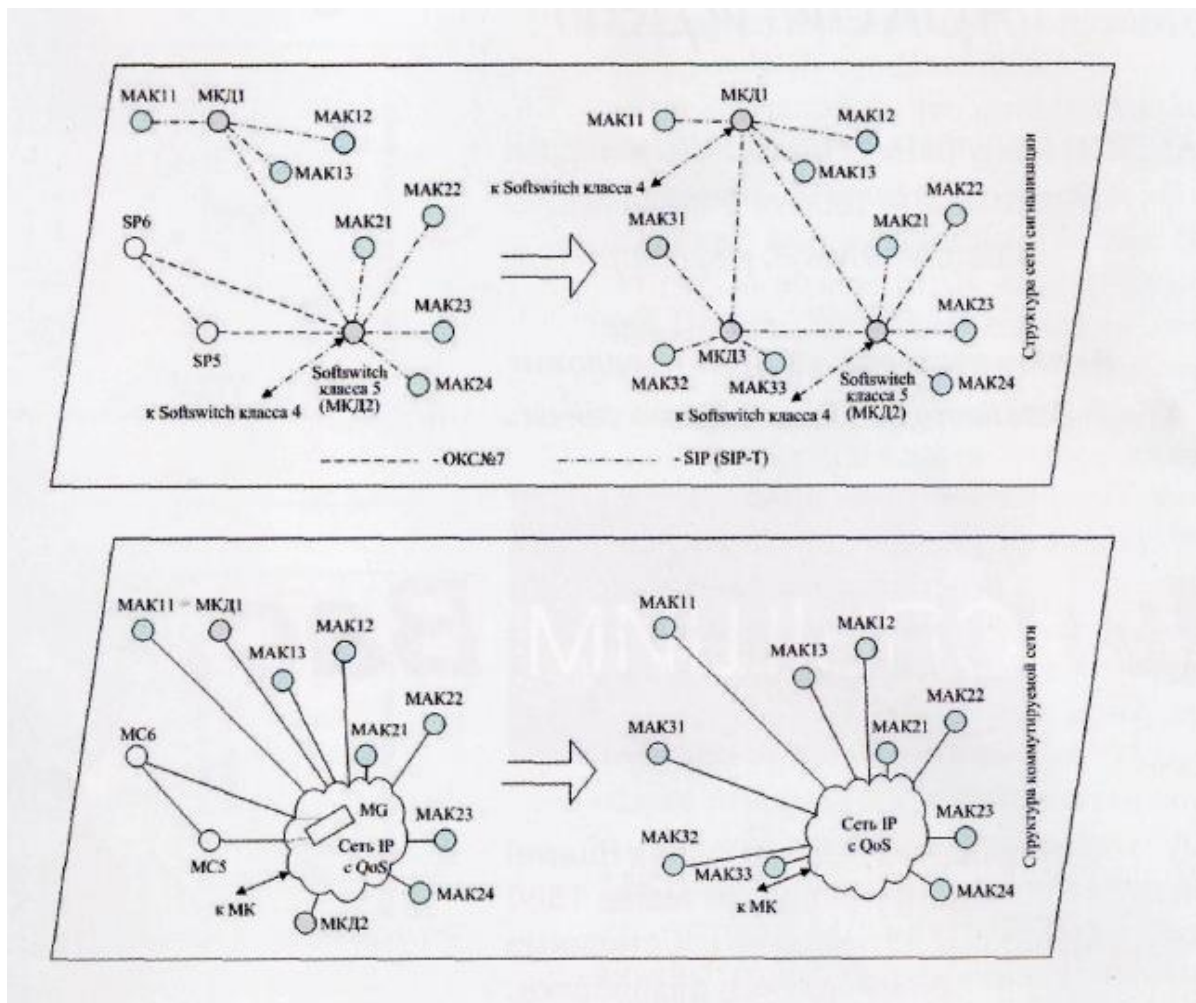


Рисунок 4.7 -Третий этап модернизации ГТС без узлов. Сценарий I.

Следует упомянуть еще одну проблему - выбор технологий, необходимых для поддержки показателей QoS. Эта задача требует дополнительного исследования. Следует, правда, отметить, что затраты Оператора на создание сети IP с поддержкой QoS существенно меньше тех инвестиций, которые потребуются для замены всех МС и реализации современной сети доступа.

#### Сценарий 2

Второй сценарий может быть представлен с помощью модели, показанной на рис. 8. Он не содержит верхнюю плоскость, так как принципы построения системы сигнализации не изменяются. Результат реализации этого сценария можно рассматривать как оперативное создание "наложенной сети", пользователям которой доступны все виды обслуживания, входящие в набор "Triple-play services". Численность таких пользователей ограничена: она определяется уровнем платежеспособного спроса на обслуживание вида "Triple-play services".

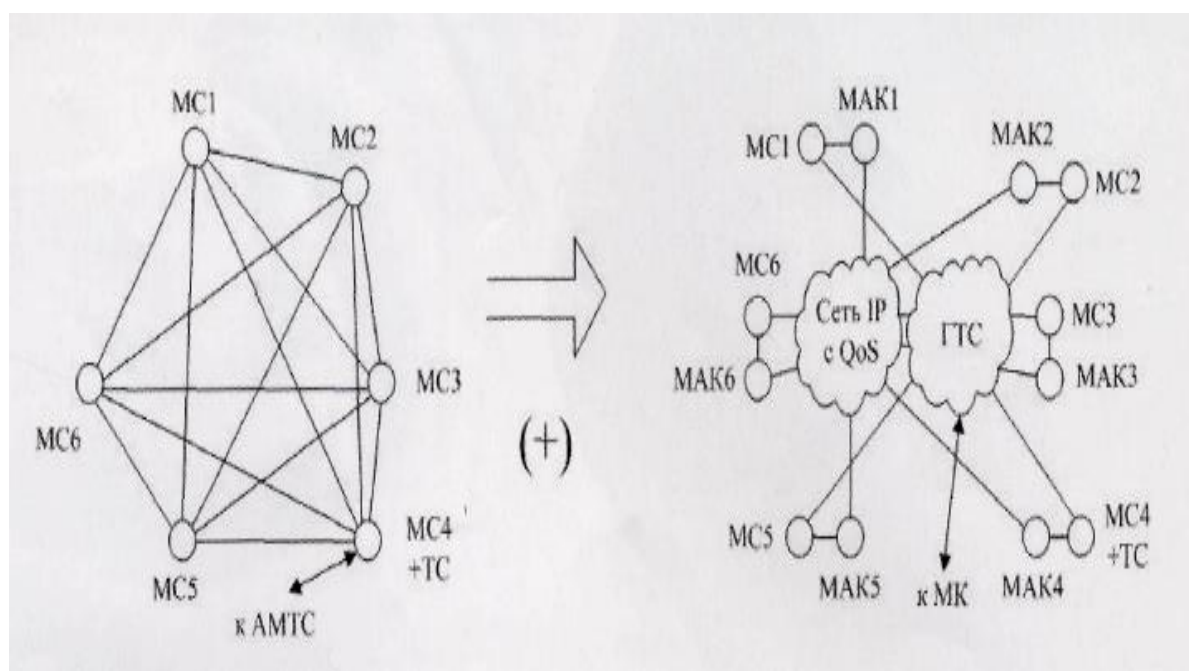


Рисунок 4.8 -Второй сценарий модернизации ГТС без узлов.

Существенное отличие от первого сценария создания NGN состоит в том, что параллельно формируется "вторая" сеть. Это обстоятельство подчеркивает знак "+" на рис. 8, расположенный под стрелкой, которая разделяет этапы развития ГТС. Очевидно, что сеть сигнализации должна быть создана сразу и почти в полном объеме. Между каждой МС и тем МАК, который установлен рядом с ней, должны быть организованы тракты Е1. Фактически каждый МАК становится выносным модулем одной из МС, которая обеспечивает ему выход в ГТС.

### Сценарий 3

Третий сценарий реализации стратегии "Наложенная сеть" представляет собой сочетание двух решений, которые были рассмотрены выше. Любой из трех сценариев обеспечивает формирование NGN, которая должна соответствовать всем показателям качества обслуживания мультисервисного трафика.

### Общие замечания

Выбор результирующей структуры сети – предмет отдельного решения, не влияющий на изложенную методику. Предполагается, что все МКД, именуемые в NGN как softswitch класса 5, должны быть связаны между собой для обеспечения высокой надёжности системы сигнализации в сети NGN. Кроме того, предусматривается организация двух независимых направлений для обмена информацией с оборудованием междугородной станции (АМТС), именуемой в NGN как softswitch класса 4, которая скорее всего будет располагаться в центре субъекта федерации. Выход к этому softswitch должен осуществляться через разные МКД. Также в интересах надёжности рекомендуется каждый МАК подключать к сети IP по 2-м независимым путям.

### 3. Реализация стратегии "Наложенная сеть"

Выше описана процедура модернизации шестиузловой ГТС, проведённой в три этапа: МС3 и МС4 (1-й этап), МС1 и МС2 (2-й этап) и МС5 и МС6 (3-й этап).

При выполнении практического задания необходимо провести модернизацию той же самой ГТС, но в последовательности, указанной для каждого варианта в таблице. Рекомендуется изменить расположение МС в соответствии с их группировкой по этапам. Схему связей такая перестановка не меняет, так как все МС соединены между собой по схеме «каждый с каждым».

Результаты модернизации представить в схемах, состоящих из двух плоскостей: плоскость сигнализации и плоскость передачи информации, по аналогии с приведённым выше примером. Мультисервисные абонентские концентраторы (МАК) расположить по сети произвольно с общим их числом не менее 12. Число МКД должно быть не менее 3.

Таблица 5.1 - Варианты модернизации

Номер варианта	Номера заменяемых станций		
	1-й этап	2-й этап	3-й этап
1	1	2,3	4,5,6
2	1,2	3,4,5	6
3	2,3	1	4,5,6
4	4,5,6	2,3	1
5	1	4,5,6	2,3
6	6	1,2	3,4,5
7	3,4	6	1,2,5
8	2,5	6	1,3,4
9	2	1,3	4,5,6
10	4,5	2	1,3,6
11	1,3,5	2	4,6
12	3,6	1,4,5	2
13	3	2,4	1,5,6
14	2,5	3	1,4,6
15	1,6	2,4,5	3
16	4,5	1,2,6	3
17	4	2,5	1,3,6
18	1,3,5	2,6	4
19	3,5,6	4	1,2
20	5,6	1,2,3	4
21	5	1,3	2,4,6
22	4,6	5	1,2,3
23	2,3,4	1,6	5
24	1,4	2,3,6	5

*Контрольные вопросы.*

1. Суть концепции NGN.
2. Стратегии формирования сети NGN.
3. Этапы построения сети NGN при использовании стратегии "Наложенная сеть".
4. Определить понятия Softswitch и Triple-play services. Где устанавливаются коммутаторы Softswitch класса 4 и Softswitch класса 5.
5. Назначение мультисервисного абонентского концентратора (МАК) и мультисервисного коммутатора доступа (МКД) в структуре NGN.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

## Модернизация ГТС с узлами входящего сообщения

В данном приложении рассматриваются вопросы создания сети следующего поколения (NGN) в городах, где ГТС построена с узлами входящего сообщения (УВС). Конечной целью модернизации городской системы электросвязи считается переход к современной сети класса "Triple Play Services", которая обеспечивает передачу трех видов информации — речи, данных и видео.

Многие телефонные сети (в частности, в большинстве административных центров субъектов Федерации) построены с использованием УВС. Ранее считалось, что такой принцип связи районных автоматических телефонных станций (РАТС) эффективен для ГТС, емкость которых не превышает 800 тыс. номеров. Для ГТС такой емкости использовался шестизначный план нумерации. Модель сети, использующей УВС, показана на рис. 1. Каждый УВС образует узловой район. В предложенном варианте их два и в каждом установлены три РАТС.

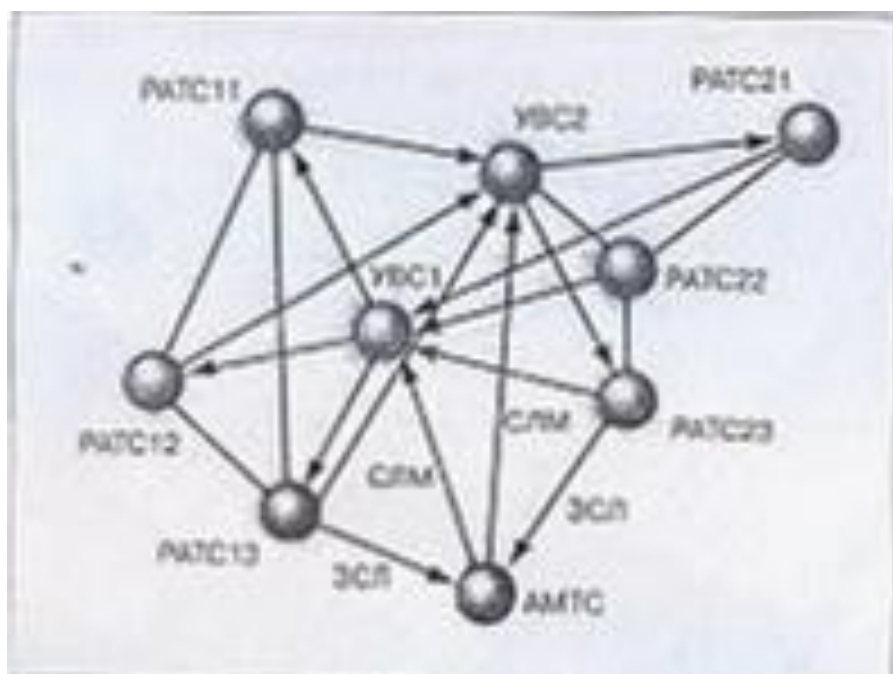


Рисунок П.1 -Модель ГТС с узлами входящего сообщения

Обычно каждая РАТС связана с автоматической междугородной телефонной станцией (АМТС) пучками заказно-соединительных линий (ЗСЛ). На рис. 1 они показаны только для РАТС13 и РАТС23.

Входящие соединения от АМТС устанавливаются по соединительным линиям для междугородной связи (СЛМ). Пучки СЛМ включаются в узлы входящего сообщения для междугородной связи (УВСМ). Будем считать, что функции этих узлов выполняют УВС1 и УВС2.

Предположим, что первый узловой район построен за счет установки цифрового коммутационного оборудования. УВС2 и все РАТС второго узлового района относятся к поколению аналоговых систем распределения информации.

На первом этапе модернизации телефонной сети АМТС заменяется магистральным коммутатором (МК) или используется вместе с ним. Трафик речи, данных и видео в форме IP-пакетов передается через МК, а АМТС обслуживает телефонную нагрузку в режиме коммутации каналов. Сеть IP,



поддерживающая нормированные показатели качества обслуживания (QoS), при внутризонавой, междугородной или международной связи передает пакеты через МК.

На первом этапе характер модернизации сети с УВС будет определяться числом заменяемых РАТС. Целесообразно выделить два варианта модернизации рассматриваемой структуры ГТС, которые радикально отличаются друг от друга.

Вариант I подразумевает одновременную замену всех РАТС одного узлового района. Очевидно, что такое решение требует существенных разовых инвестиций, но обеспечивает эффективный путь перехода к NGN.

Для варианта II замена одной РАТС узлового района рассматривается как отдельный этап модернизации ГТС. Начальные затраты оператора в этом случае минимальны, но процесс формирования NGN — сложнее.

По всей видимости, варианты I и II будут заметно различаться по суммарным затратам, необходимым для построения NGN. С этой точки зрения вариант I выглядит предпочтительнее.

На рис. 2 представлен вариант I для первого этапа модернизации сети с УВС. Нижняя плоскость иллюстрирует структуру городской сети, предназначенную для обмена информацией между терминалами пользователей. Изменения в сети сигнализации показаны в верхней плоскости. Эта сеть образована пунктами сигнализации (SP — Signalling Point), соединенными между собой звеньями сигнализации. Коммутационное оборудование первого узлового района относится к современным системам распределения информации. Поэтому замене подлежит УВС2 и обслуживаемые им аналоговые РАТС.

Вместо трех аналоговых РАТС устанавливаются шесть мультисервисных абонентских концентраторов (МАК). Их число выбрано условно. Методика определения оптимального количества концентраторов — самостоятельная задача.

Сеть IP изображена в виде облака без уточнения числа установленных на ней маршрутизаторов. В ее границах находится также транспортный шлюз MG (Media Gateway), который обеспечивает ее взаимодействие со всеми РАТС, использующими технологию "коммутация каналов".

Между IP-сетью и УВС1 должна быть создана линия передачи, обеспечивающая обслуживание входящего трафика ко всем РАТС первого узлового района. Никаких других изменений в составе той части ГТС, которая использует технологию "коммутация пакетов", не требуется. Обслуживание абонентов второго узлового района осуществляется шестью концентраторами МАК, управляемыми мультисервисным коммутатором доступа (МКД).

Для обеспечения взаимодействия между МАК и МКД используется протокол SIP (SIP-T). Он также применяется для связи МКД и Softswitch класса 4, который устанавливается вместе с МК. Обмен сигналами управления и взаимодействие между сетью IP и коммутационным оборудованием первого узлового района может осуществляться через Softswitch класса 4. Именно такая структура сети сигнализации показана в верхней части рис. 2. Если ресурсы используемого Softswitch класса 4 не обеспечивают такую возможность, между пунктом сигнализации SP1 и IP-сетью следует установить звенья сигнализации.

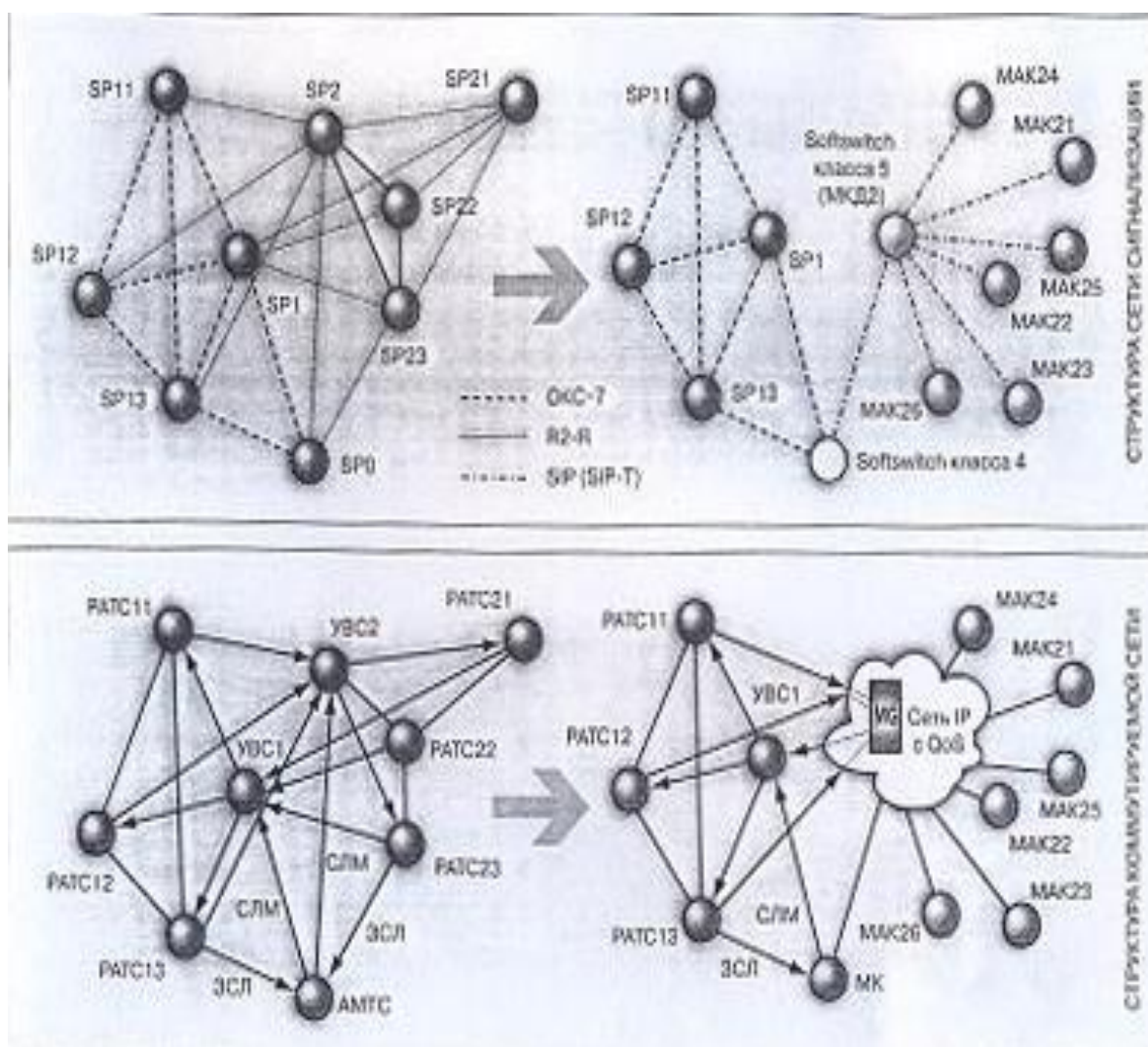


Рисунок П.2 -Первый этап модернизации ГТС с УВС. Вариант I

Вариант II, представленный на рис. 3. подразумевает замену только одной РАТС (в данном случае это РАТС23). Абоненты, которых она обслуживала, переключаются в два концентратора — МАК21 и МАК22. Необходимо установить МКД2, который будет выполнять функции Softswitch класса 5 и шлюза сигнализации GS. При реализации варианта I этого не требуется.

Шлюз MG должен иметь высокую пропускную способность, так как он обслуживает значительный трафик. Кроме того, если проанализировать реальные характеристики эксплуатируемых ГТС с УВС, он должен обеспечивать подключение большого числа пучков СЛ.

Второй этап для варианта II заключается в замене еще одной РАТС. Независимо от ее номера необходимо определить судьбу УВС2. Он может остаться как транзитный узел для последней электромеханической РАТС, эксплуатируемой в ГТС.

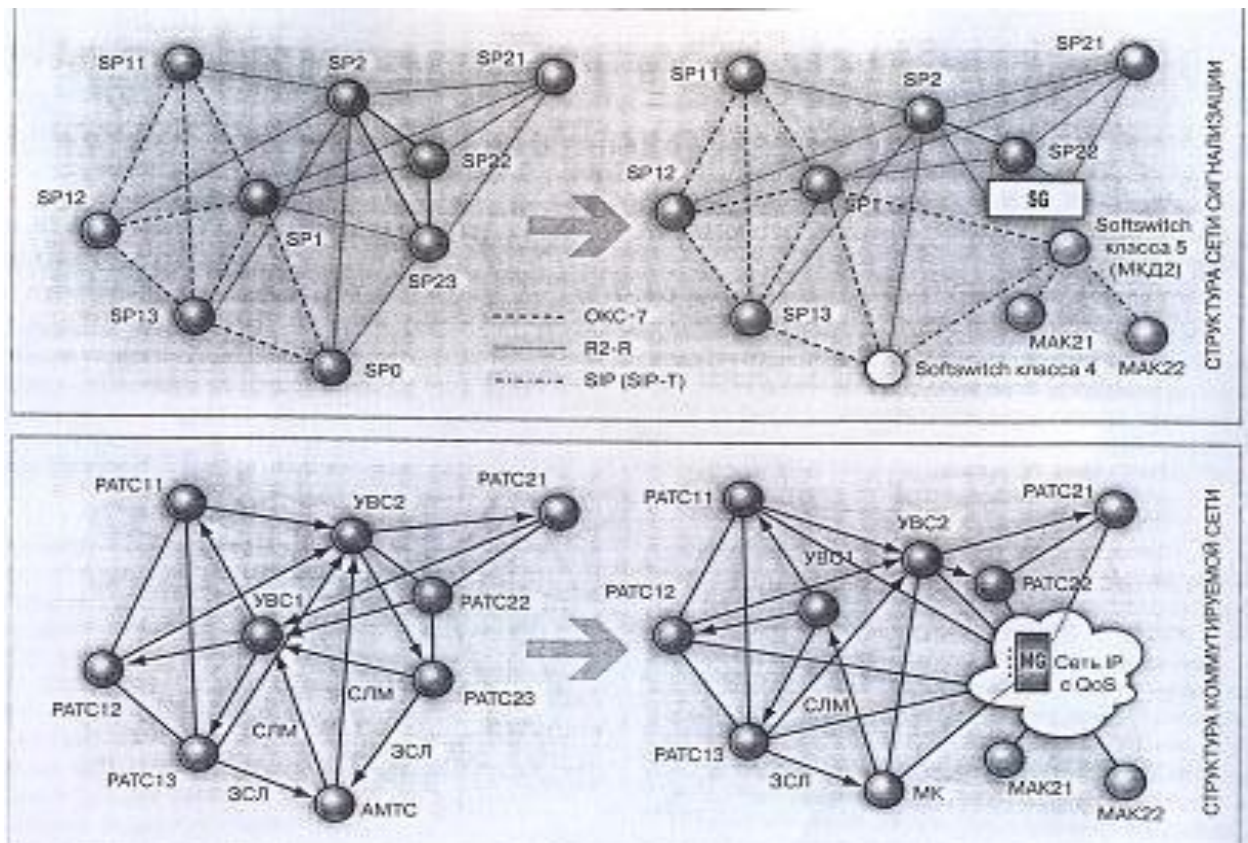


Рисунок П.3 -Первый этап модернизации ГТС с УВС. Вариант II

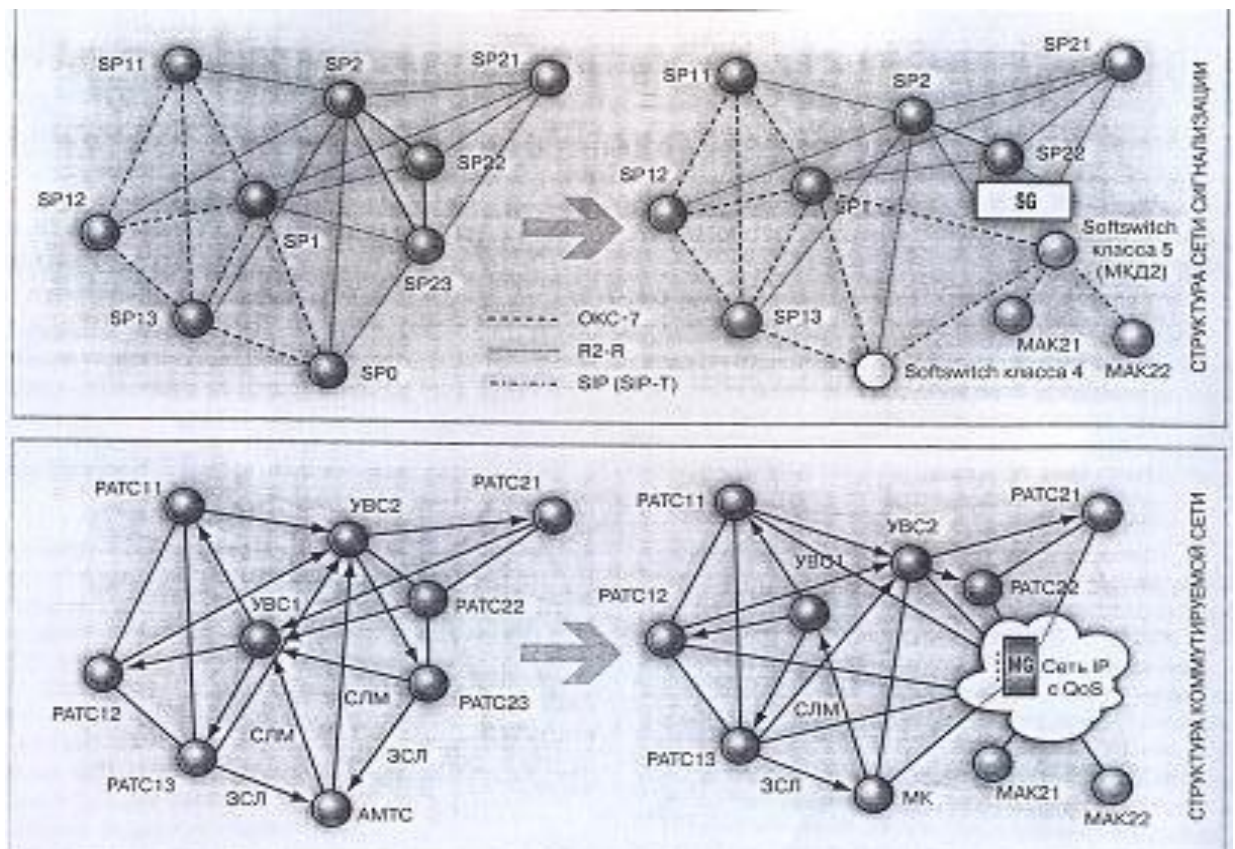


Рисунок П.4 -Второй этап модернизации ГТС с УВС. Вариант II



Альтернативное решение заключается в демонтаже УВС2, что потребует переключения межстанционных связей последней аналоговой РАТС. Выбор решения для конкретной ситуации не представляет собой сложную задачу. В данном случае предполагается, что УВС2 сохранен для остающейся в коммерческой эксплуатации РАТС22.

Демонтируемое оборудование РАТС23 может использоваться для расширения двух других аналоговых станций и узла, если это необходимо, или для их ремонта. Процесс замены РАТС21 и РАТС22 может растянуться на неопределенное время, поэтому часть демонтируемого оборудования может оказаться востребованной.

На рис. 4 показана структура сети, образующаяся после замены РАТС21 двумя концентраторами (МАК23 и МАК24). Они включаются в сеть IP и поддерживают процессы обмена информацией любого рода в форме пакетов.

Функции управления этими концентраторами возложены на МКД — Softswitch класса 5, — который был установлен на первом этапе модернизации сети с УВС. Поэтому в плоскости, выделенной для сети сигнализации, не происходят столь же существенные изменения, которые характерны для нижнего фрагмента рассматриваемой модели.

Следующий этап — замена РАТС22. В результате сформируется сеть, топология которой будет очень похожа на структуру, показанную на рис. 2. Различия могут заключаться в количестве и местах расположения концентраторов МАК. Возможно, что не совпадут и места размещения МКД2.

Не исключено, что процесс демонтажа аналоговых РАТС еще не закончится, а уже возникнет необходимость замены цифровых коммутационных станций. В этом случае подход к формированию NGN останется неизменным.

Вернемся к рис. 2, который фиксирует состояние процесса построения NGN, практически идентичное для вариантов I и II. Далее будут заменяться цифровые РАТС первого узлового района. Эта операция может быть одномоментной — вариант I. Другие решения подразумевают постепенную замену цифровых РАТС. Если на каждом этапе модернизации ГТС будет заменяться только одна цифровая РАТС, то процесс становится похожим на вариант II. Его анализ был приведен выше, а структуры сетей показаны на рис. 3 и 4. Поэтому далее рассматривается вариант I, когда все три цифровые коммутационные станции заменяются одновременно, а УВС1 ликвидируется.

В структуре NGN, образующейся после замены всех тех РАТС, которые использовали технологию "коммутация каналов", численность МАК и МКД выбирается, в основном, по экономическим соображениям.

Все одиннадцать концентраторов связаны с сетью IP двумя независимыми трактами. Такая возможность обеспечивается применением кольцевых топологий при построении транспортной сети. При этом не существенно, какая технология выбрана для транспортной сети — SDH (синхронная цифровая иерархия) или RPR (устойчивое пакетное кольцо). Связь коммутаторов Softswitch обоих классов (пятого и четвертого) по принципу "каждый с каждым" гарантирует надежность сети сигнализации.

Идеология NGN позволяет унифицировать структуру ГТС вне зависимости от ее емкости. Различия, правда, не очень существенные свойственны облаку под названием "Сеть IP с QoS". Следует отметить, что аппаратно-программным средствам, которые предназначены для построения NGN, присуща высокая степень унификации.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

## Модернизация ГТС с узлами исходящего и входящего сообщения

Объектом анализа служит ГТС большой емкости, которая построена с узлами исходящего (УИС) и входящего (УВС) сообщения. Конечной целью модернизации городской системы электросвязи считается переход к современной сети класса "Triple Play Services", которая обеспечивает обмен информацией трех видов: речь, данные и видео.

Телефонные сети в мегаполисах и других крупных российских городах построены с УИС и УВС. В некоторых случаях устанавливаются узлы исходящего и входящего сообщения (УИВС). Во всех российских ГТС с УИС и УВС или с УИВС местный номер абонента состоит из семи знаков. В эпоху господства электромеханических АТС переход к сетям с УИС и УВС был необходим при емкости ГТС свыше 800 тыс. номеров. На самом деле он осуществлялся при меньшей емкости ГТС.

Модель сети, построенной с УИС и УВС, показана на рис. 1. Она состоит из двух узловых районов. В каждом из них изображены три районные автоматические телефонные станции (РАТС). В первом узловом районе все три РАТС связаны между собой через свои узлы. Все РАТС во втором узловом районе связаны между собой по принципу "каждая с каждой". Для иллюстрации принципов организации междугородной телефонной связи вводятся два предположения, упрощающие дальнейшие рассуждения, но не искажающие принятые системные решения:

пучки заказно-соединительных линий (ЗСЛ) организованы от УИС к автоматической междугородной телефонной станции (АМТС);

пучки соединительных линий для входящей междугородной связи (СЛМ) созданы на участке от АМТС до УВС, который выполняет также функции узла входящего сообщения для междугородной связи (УВСМ).

Формирование сети сигнализации при модернизации ГТС с УИС и УВС происходит в соответствии с алгоритмом, рассмотренным в настоящем пособии. Поэтому плоскость "структура сети сигнализации" в составе всех иллюстраций в этом приложении отсутствует. Основное внимание уделяется методологическому подходу к модернизации ГТС большой емкости. Вводится ряд предположений о формировании IP-сети, поддерживающей показатели QoS (качества обслуживания).

Информация об основных характеристиках эксплуатируемой системы электросвязи и прогностические оценки спроса на современные инфокоммуникационные услуги позволяют определить оптимальную структуру NGN сети на момент завершения процесса модернизации ГТС. Пример такой структуры представлен на рис. 2. Количество мультисервисных абонентских концентраторов (МАК) и транзитных коммутаторов (ТК) в IP-сети выбрано произвольно.

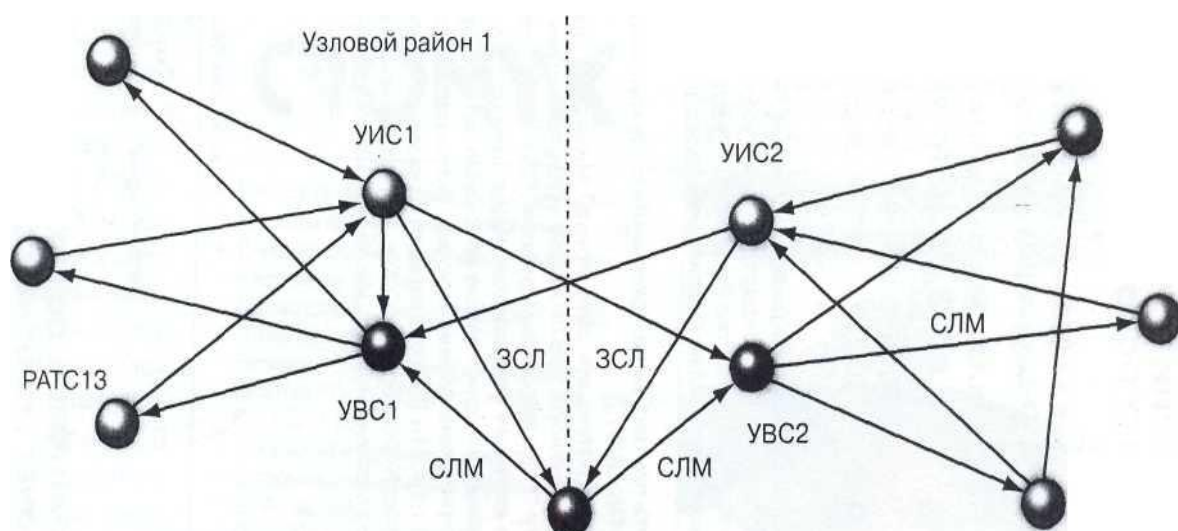


Рисунок П.1 - Модель ГТС с узлами исходящего и входящего сообщения

Каждый концентратор включается в опорный коммутатор двумя трактами, проходящими по независимым (в терминах теории надежности) путям. Для некоторых МАК может оказаться необходимым включение в два (и даже более) опорных коммутатора. На рис. 2 такая возможность иллюстрируется для МАК11, МАК 12 и МАК 13. Для этих концентраторов в скобках указаны те ТК (первая цифра в номере МАК), в которые они включаются для повышения надежности связи.

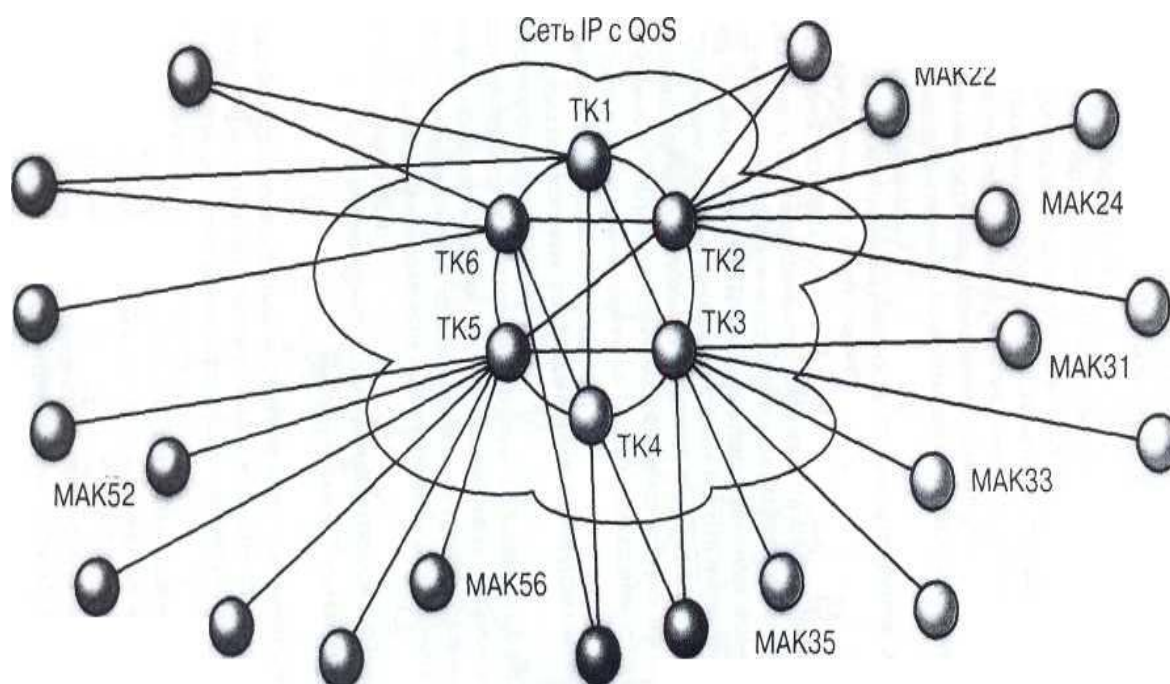


Рисунок П.2 - Модель оптимальной структуры NGN для крупного города

Сеть IP в используемой модели состоит из шести ТК. Каждый ТК можно считать маршрутизатором. Задача ТК заключается в надежной передаче IP-пакетов в соответствии с заранее выбранным маршрутом. На рис. 2 показана структура связи ТК между собой, близкая к полностью связному графу. Выбор оптимальной структуры связи между ТК — один из характерных

примеров той группы проблем, которые требуют отдельного обсуждения. В качестве другого примера можно назвать выбор структуры связи между ТК и МК (магистральный коммутатор).

Для крупных городов будут устанавливаться два или более МК. Их связь с шестью ТК иллюстрирует очевидное требование: к каждому МК должны подходить тракты не менее чем из двух узлов IP-сети. При этом каждый тракт между МК и ТК должен быть организован по двум независимым трассам.

Задача проектировщика заключается в поиске рациональных путей перехода от ГТС с узлами к сети NGN, оптимальная структура которой известна. На рис. 3 приведена структура сети NGN, формируемой на первом этапе модернизации ГТС с УИС и УВС. Предполагается, что уже введен один МК и началось формирование IP-сети. В обоих узловых районах заменяется по одной РАТС.

На рис. 3 показано также включение трех УАТС (учрежденческая автоматическая телефонная станция), использующих технологию IP (Internet Protocol). Для их обозначения используется аббревиатура IP-УАТС. Слова "Вариант I" в названии иллюстрации подчеркивают одну особенность рассматриваемой модели: УИС и УВС обоих узловых районов остаются в эксплуатации.

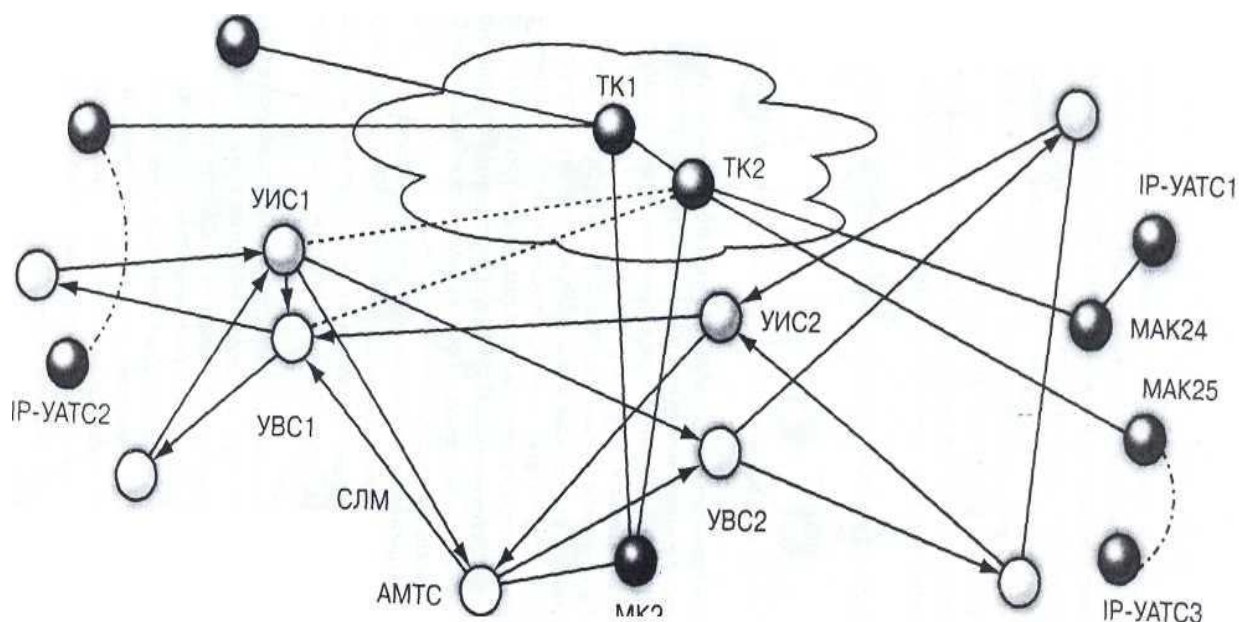


Рисунок П.3 - Первый этап модернизации сети с УИС и УВС. Вариант I

В некоторых случаях процесс формирования NGN целесообразно начинать с замены УИС и УВС. Подобный вариант эволюции ГТС (ему присвоен номер II) будет рассмотрен позднее.

Абонентские терминалы, обслуживаемые ранее РАТС12 и РАТС21, переключаются в четыре концентратора. Для их подключения необходимы два ТК. Их установкой начинается процесс Формирования IP-сети с поддержкой показателей QoS. Оба транзитных коммутатора связаны с МК2, который, в свою очередь, обеспечивает транзит трафика в форме IP-пакетов в ГТС и в сети дальней связи через АМТС, осуществляющую переход на технологию "коммутация каналов". Магистральный коммутатор решает и "обратную" задачу. Он преобразует информацию, поступающую из АМТС по трактам Е1, в IP-пакеты для их последующей маршрутизации до соответствующего МАК.

Изменение технологии коммутации может осуществляться не только на участке АМТС - МК2. Пунктирными линиями на рис.3 показаны связи ТК2 с УИС1 и УВС2. Это означает что для транзита местного трафика могут использоваться другие тракты. Выбор способа взаимодействия коммутационного оборудования с разными технологиями коммутации может быть сделан после сравнения затрат, которые необходимы для каждого возможного решения данной задачи.

Первая IP-УАТС находится в зоне обслуживания МАК24. Задача проектировщика - выбрать трассу для связи этих двух элементов сети абонентского доступа и рассчитать пропускную способность тракта, обеспечивающего обмен IP-пакетами. Сложнее обстоит дело с двумя другими IP-УАТС. Они расположены вне зон обслуживания всех четырех МАК. Понятно, что включение IP-УАТС в РАТС нельзя считать разумным решением, так как ухудшаются показатели качества телефонной связи и возникает ряд сложных проблем с поддержкой многих современных услуг. Целесообразно воспользоваться возможностью полупостоянной коммутации в узлах транспортной сети. Полупостоянные тракты на участках IP-УАТС2 — МАК12 и IP-УАТС3 — МАК25 изображены на рис. 3 пунктирными линиями. По мере появления МАК вблизи этих IP-УАТС от полупостоянных соединений целесообразно отказаться. При этом IP-УАТС переключается в ближайший к ней МАК.

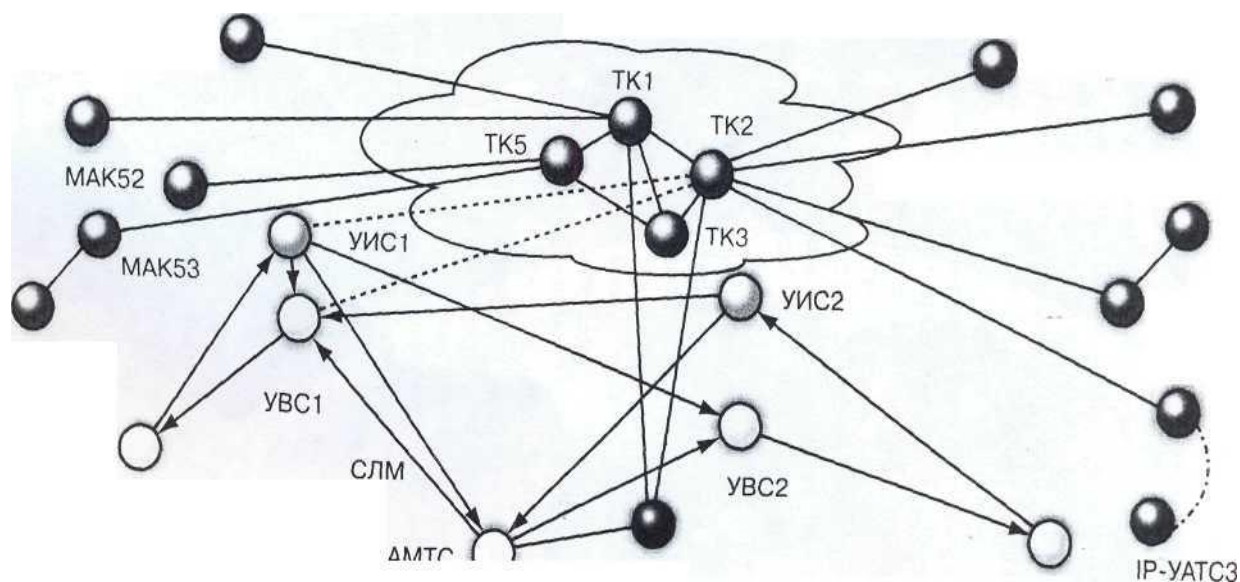


Рисунок П.4 -Второй этап модернизации сети с УИС и УВС. Вариант I

На втором этапе модернизации ГТС с узлами двух типов происходит расширение IP-сети и одновременное сокращение численности коммутационных станций, использующих технологию "коммутация каналов". Этот процесс иллюстрирует рис. 4. Осуществляются демонтаж РАТС12, РАТС21 и установка нескольких концентраторов. В один из них переключается IP-УАТС2.

В каждом узловом районе остаются УИС и УВС, обслуживающие одну РАТС. На третьем этапе, который будем считать завершающим, выполняются следующие операции:

заменяются все УИС и УВС, а также РАТС13 и РАТС23, т. е. технология "коммутация каналов" в сети оператора городской инфокоммуникационной системы более не используется;

АМТС заменяется магистральным коммутатором;

окончательно формируется сеть IP, в которой устанавливаются еще два ТК и организуются все предусмотренные ранее транспортные ресурсы;

вводятся все предусмотренные в процессе планирования сети концентраторы, в один из которых переключается IP-УАТС3.



На рис. 5 изображена структура сформированной NGN. Она полностью повторяет топологию, выбранную в качестве оптимальной — рис. 2. Различие иллюстраций состоит в том, что ранее не были показаны три IP-УАТС, которые подключены к различным концентраторам.

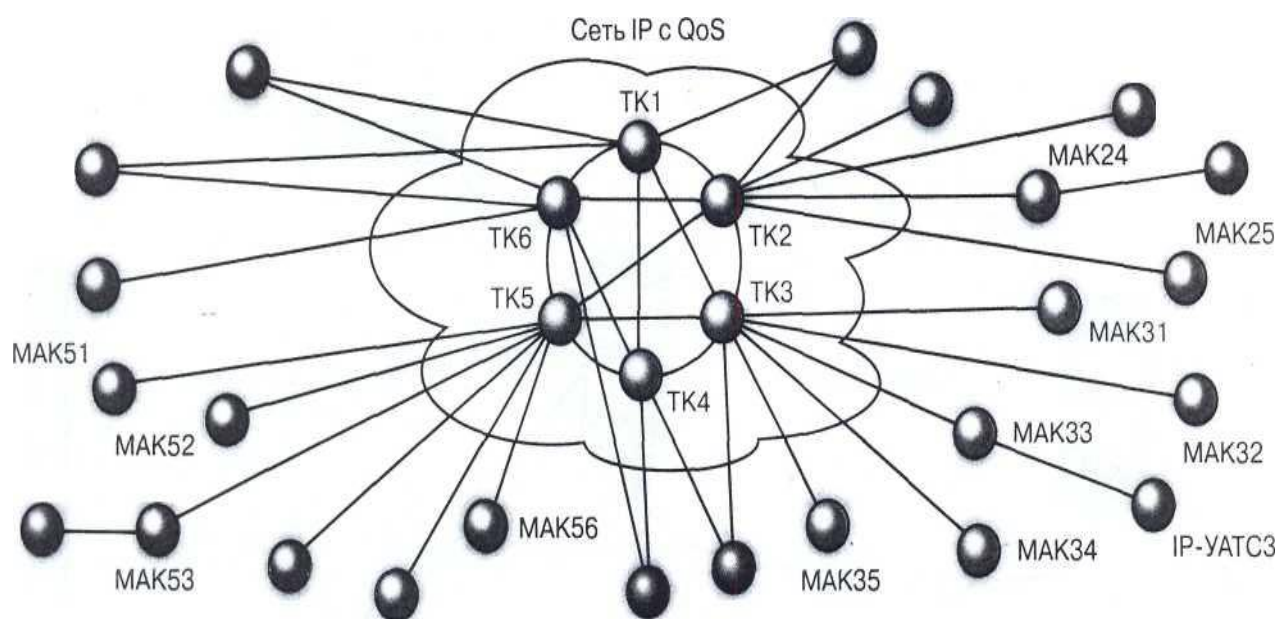


Рисунок П.5 -Структура NGN, созданная в результате модернизации ГТС

Второй вариант модернизации ГТС с узлами основан на превентивной замене УИС и УВС. Основные принципы такого пути формирования NGN иллюстрирует рис. 6. На нем показан радикальный способ перехода к NGN — одновременная замена всех видов узлового оборудования, что подразумевает и установку МК вместо АМТС. Некоторые детали, идентичные для обоих вариантов, на рис. 6 не показаны.

На первый взгляд, вариант II выглядит предпочтительнее. К сожалению, подобные решения не всегда можно подкрепить экономическим обоснованием. Следует упомянуть три причины, существенно повышающие затраты оператора, которые необходимы на первом этапе модернизации ГТС:

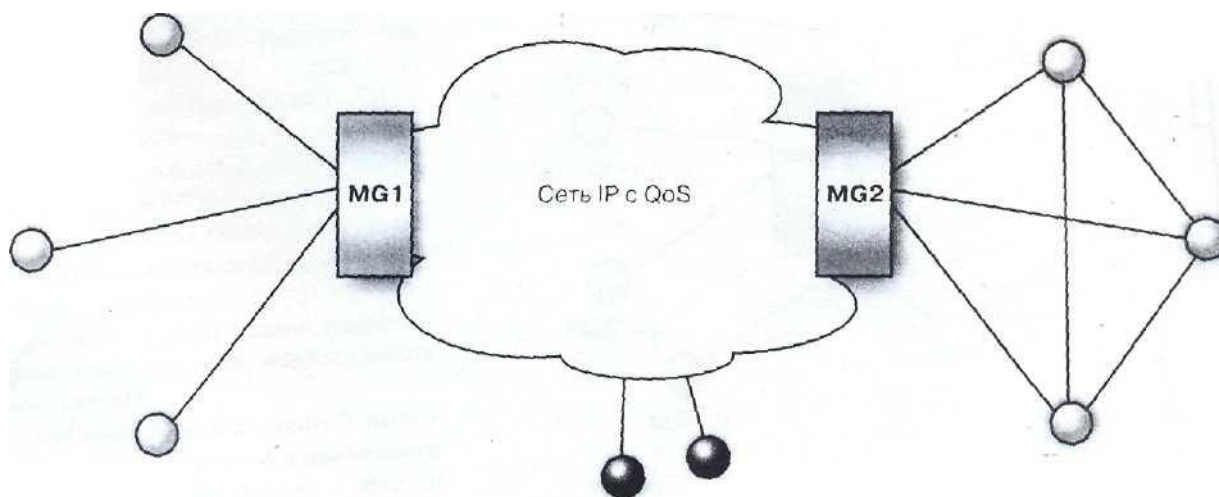


Рисунок П.6 -Первый этап модернизации сети с УИС и УВС

Вариант II шлюзы MG, надобность в которых в перспективе отпадает, должны иметь высокую пропускную способность для обслуживания трафика, создаваемого всеми РАТС узлового района;

IP-сеть с поддержкой показателей QoS должна создаваться практически сразу из-за демонтажа узлов, использующих технологию "коммутация каналов";

трафик, направляемый в сеть дальней связи, представлен в форме IP-пакетов, что определяет необходимость установки одновременно двух МК.

Важная положительная особенность варианта II заключается в возможности замены РАТС в течение длительного периода и с минимальными затратами. На рис. 7 показан второй этап модернизации ГТС. Предполагается, что заменяются РАТС11 и РАТС23.

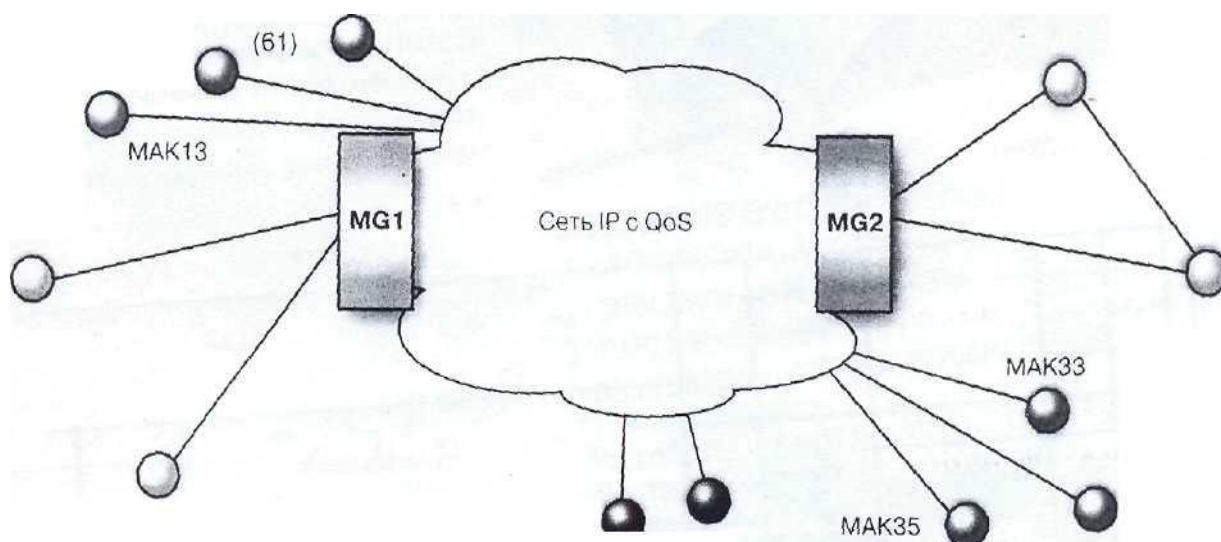


Рисунок П.7 -Второй этап модернизации сети с УИС и УВС. Вариант II

Постепенная замена всех остающихся РАТС концентраторами приведет к созданию NGN, структура которой была выбрана ранее в качестве оптимальной. Оператор получает возможность проведения более гибкой политики в отношении эксплуатируемых РАТС.

В качестве доказательства этого утверждения можно привести еще один вариант создания NGN, похожий на идею построения выделенной сети. Безусловно, рассматриваемый ниже вариант (под третьим номером) возможен при условии, что создана сеть IP с поддержкой показателей QoS.

Основная идея варианта III показана на рис. 8. Изображены две РАТС, для которых обслуживание определенной группы пользователей целесообразно перевести на технологию "коммутация пакетов".

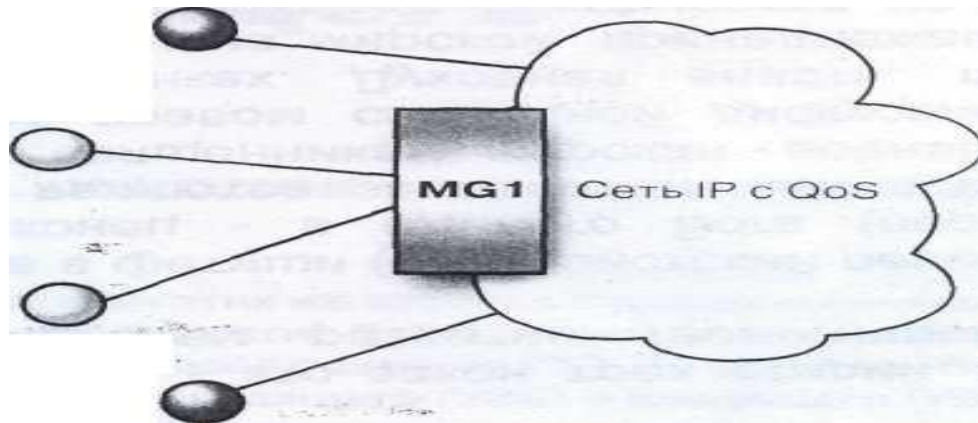


Рисунок П.9 -Модернизация сети с УИС и УВС. Вариант III

В помещении каждой РАТС (чаще всего — в кроссе) устанавливается концентратор, назначение которого состоит в подключении терминального оборудования пользователей, заинтересованных в иной технологии коммутации. Решение похоже на апробированную практику установки мультиплексоров DSLAM для организации высокоскоростного доступа с помощью оборудования ADSL [6]. Не исключено, что при реализации варианта III замена значительной части РАТС (в частности, цифровых коммутационных станций) может стать задачей на далёкую перспективу. Это утверждение объясняется тем, что терминалы всех абонентов, заинтересованных в новых видах инфокоммуникационных услуг, могут быть переключены в концентраторы, которые предназначены для поддержки обслуживания класса “Triple Play Services”.