

МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ  
И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Северо-Кавказский филиал  
ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения высшего образования  
«Московский технический университет связи и информатики»

Кафедра  
«Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Методические указания  
по выполнению практических занятий по дисциплинам  
«Сети связи», «Мультисервисные сети связи»

Направление подготовки 11.03.02  
«Инфокоммуникационные технологии и системы связи»,  
профиль Инфокоммуникационные системы и сети

Ростов-на-Дону  
2022

Составитель: доцент кафедры «ИТСС», к.т.н., доцент Решетникова И.В.

Данное методическое пособие предназначено для обеспечения проведения лабораторных работ со студентами направления подготовки 11.03.02 Информационные технологии и системы связи, профиль Информационные системы и сети, квалификации «бакалавр».

Пособие обеспечивает получение навыков по основополагающим вопросам изучаемой дисциплины.

Рецензент: Зав. кафедрой ИТСС, к.т.н., доцент Юхнов В.И.

Методическое пособие рассмотрено и утверждено на заседании кафедры ИТСС 19.12. 2022 г. Протокол №5

# **Задача 1. Система телефонной нумерации и структуры междугородных и местных телефонных сетей.**

**Цель работы: Изучить основные принципы построения зональных телефонных сетей и систем телефонной нумерации.**

## **Структура Телефонной Сети Общего Пользования РФ**

В настоящее время на территории Российской Федерации осуществляется поэтапный переход на новую систему телефонной нумерации в соответствии с приказом [1]. В связи с тем, что этот переход запланирован на срок по 2009 год, в настоящем задании используется терминология и отдельные положения как новой, так и старой систем нумерации. Во избежание путаницы ниже по тексту всегда при наличии новых и старых понятий в основном тексте будут приводиться новые значения в соответствии с приказом [1], а рядом в скобках после слова “прежде” будет приводиться его старый эквивалент.

В настоящее время территория страны поделена на 83 зоны семизначной нумерации (прежде 89), каждой из которых присвоен трехзначный код АВС. В качестве знака А могут быть использованы любые цифры, кроме 0 и 1 (прежде - 1 и 2), а в качестве В и С - любые цифры. В пределах зоны каждый абонент имеет семизначный зональный номер  $abxxxxx$ . Внутризональный код  $ab$  присваивается каждой стотысячной группе номеров. В качестве первой цифры “а” могут быть использованы любые цифры, кроме 0 и 1 (прежде 0 и 8). Внутри стотысячной группы абонентский номер пятизначный -  $xxxxx$

Так как число стотысячных групп в зоне нумерации не может превышать 80, то предельная емкость зональной сети - 8 млн. номеров. Отметим, что эти 80 стотысячных групп распределены по всем местным сетям зоны, т.е. по всем ГТС и СТС, а в крупных ГТС может быть и несколько стотысячных групп, каждая из которых образует отдельный узловой район.

В зависимости от емкости сети нумерация на ГТС может быть 5-, 6- или 7-значной. Если емкость сети не превышает 10 тыс. номеров (нерайонированная) или 80 тыс. номеров (районированная), то используется 5-значная нумерация. В случае районированной сети с УВС (емкость до 800 тыс. номеров) используется шестизначная нумерация  $bxxxxx$ , где  $b$  определяет код стотысячного района.

Если рассматривается районированная сеть с УВС и УИС (емкость до 8 млн. номеров), то используется семизначная нумерация  $abxxxxx$ , где  $ab$  - код стотысячного района. Такая ГТС является одновременно и зоной семизначной нумерации.

Современные структуры ГТС не содержат явно выраженных УВС и УИС. Функционально они включены в состав опорно-транзитных телефонных станций (ОПТС), как показано на рис 1.1. ОПТС являются главным коммуникационным узлом в своем узловом районе и, одновременно выполняют функции АТС для своего телефонного района.

На ГТС первая цифра номера не должна начинаться с 0 и 1 (прежде -0 и 8). Цифра 0 (прежде 8) является префиксом выхода на ТЗУС - транзитный зональный узел связи (прежде - АМТС - автоматическая междугородная телефонная станция), а цифра 1 (прежде 0) используется в качестве первой цифры номеров экстренных и справочных служб. В перспективной системе нумерации в качестве префиксов выхода на междугородную и международную сети будут использоваться 0 или 00 соответственно (прежде 8 или 8-10), а выход на все экстренные службы будет производиться по единому номеру 112.

Для выхода на зональную сеть (при связи с другой местной сетью данной зоны нумерации, имеющей код аВ, отличный от кода исходящей сети) набирается префикс 0 выхода на ТЗУС (прежде 8 выход на АМТС), а затем номер абонента АВСаbxxxxx входящей местной сети (прежде внутризональный индекс 2, а затем номер абонента аbxxxxx входящей местной сети).

Для выхода на междугородную сеть (при связи с абонентом местной сети другой зоны нумерации, имеющей код АВС), набирается префикс выхода на ТЗУС (прежде АМТС), затем десятизначный междугородный номер абонента АВСаbxxxxx. Выход из зональной сети в междугородную сеть осуществляется через Транзитный междугородный узел связи (ТМГУС), прежде Узел автоматической коммутации (УАК). Выход в международную сеть осуществляется через Транзитный международный узел связи (ТМНУС), прежде Международная телефонная станция (МНТС).

Открытая безиндексная система нумерации предполагает набор разного числа цифр при связи на различных уровнях иерархии сети. Применяется на СТС.

Кроме безиндексной системы для СТС могут применяться открытые системы с индексами выхода на узловое (УС) или на центральные станции (ЦС). Внутривыделенная связь при этом осуществляется набором трехзначного номера. Такие системы менее удобны и приводят к потерям номерной емкости СТС. Поэтому закрытая пятизначная система нумерации считается перспективной для СТС.

### **Идентификация абонентов в ТфОП РФ**

Для идентификации конечных элементов телефонных сетей связи используются комбинации цифровых обозначений:

- код страны (Кс) – от 1 до 3 десятичных знаков (Российская Федерация, Кс=7);
- код зоны нумерации (АВС – для географически определяемой зоны нумерации, DEF – для географически не определяемой зоны нумерации) – 3 десятичных знака для РФ;
- зональный телефонный номер ( $x_1 x_2 x_3 x_4 x_5 x_6 x_7$ ) – 7 десятичных знаков.

Местный телефонный номер может включать от 3 до 7 десятичных знаков и совпадать по значности с зональным телефонным номером или быть более коротким.

Последовательное обозначение кода страны, кода зоны нумерации и зонального телефонного номера образует международный телефонный номер (Нмн). Максимальное число десятичных знаков в международном номере равно 15 без учёта международного префикса Пмн.

Последовательное обозначение кода зоны нумерации, зонового номера образует национальный (значащий) телефонный номер  $N_{\text{нац}}$ . Максимальное число десятичных знаков в национальном (значащем) номере РФ равно 10.

Международный телефонный номер однозначно определяет окончательный элемент сети связи в пределах мировых сетей связи.

Национальный телефонный номер однозначно определяет окончательный элемент сети местной телефонной связи или сети подвижной связи в пределах территории РФ.

Зоновый телефонный номер однозначно определяет окончательный элемент сети местной телефонной связи в пределах территории субъекта РФ.

Местный телефонный номер однозначно определяет окончательный элемент сети местной телефонной связи в пределах муниципального образования субъекта РФ и города федерального значения.

Для установления международного телефонного соединения используется международный префикс  $P_{\text{мн}} = 00$ .

Для установления междугородного и внутризонового телефонного соединения используется национальный префикс  $P_{\text{н}} = 0$ .

В сетях фиксированной телефонной связи в РФ используются два плана нумерации – открытый и закрытый.

При закрытом плане нумерации телефонное соединение любого вида (местное, внутризоновое, междугородное) устанавливается набором национального номера. В РФ при установлении внутризонового соединения используется закрытый план нумерации, при котором количество десятичных знаков в национальном номере равно 10.

При открытом плане нумерации местное телефонное соединение устанавливается набором местного номера, а внутризоновое и междугородное телефонные соединения – набором национального номера с префиксом  $P_{\text{н}}$ .

При установлении телефонного соединения в сети подвижной связи используется закрытый план нумерации с префиксом  $P_{\text{н}}$ .

Зоновый телефонный номер, однозначно определяющий окончательный элемент местной сети, в которой используются 6-и, 5-и, 4-х и 3-х значные местные номера, дополняются до 7-и значного номера путём добавления знаков, равных значению  $x_1$ ,  $x_1x_2$ ,  $x_1x_2x_3$ ,  $x_1x_2x_3x_4$  зонового номера соответственно. При этом  $x_1$  не должен быть равен 0 или 1.

Пример структурной схемы двух зон семизначной нумерации, в которых расположено по две местных сети (СТС и ГТС), показан на рис. 1.1. Там же указаны типы и емкости местных сетей и станций. Для ГТС с шестизначной нумерацией в каждом узловом районе следует показать не больше двух-трёх станций. На рисунке приведены примеры образования национальных (10-и значных) телефонных номеров.

Обозначения, которые использованы в чертеже:

ГТС - городская телефонная сеть;

СТС - сельская телефонная сеть;

ТМГУС - транзитный междугородный узел связи;

УАК – узел автоматической коммутации;

ТЗУС – транзитный зональный узел связи;

АМТС - автоматическая междугородная телефонная станция;

УВС - узел входящей связи ГТС;

ЦС, УС, ОС - центральная, узловая и оконечная станции СТС;

ОПТС – опорно-транзитная телефонная станция.

АТС - автоматические телефонные станции ГТС. Показаны треугольниками с цифрами внутри. При этом одной цифрой обозначены АТС в районированных ГТС без узлообразования, а двумя цифрами – АТС в узловых районах. В первом случае в ГТС используется 5-и значная нумерация, а во-втором – 6-и значная.

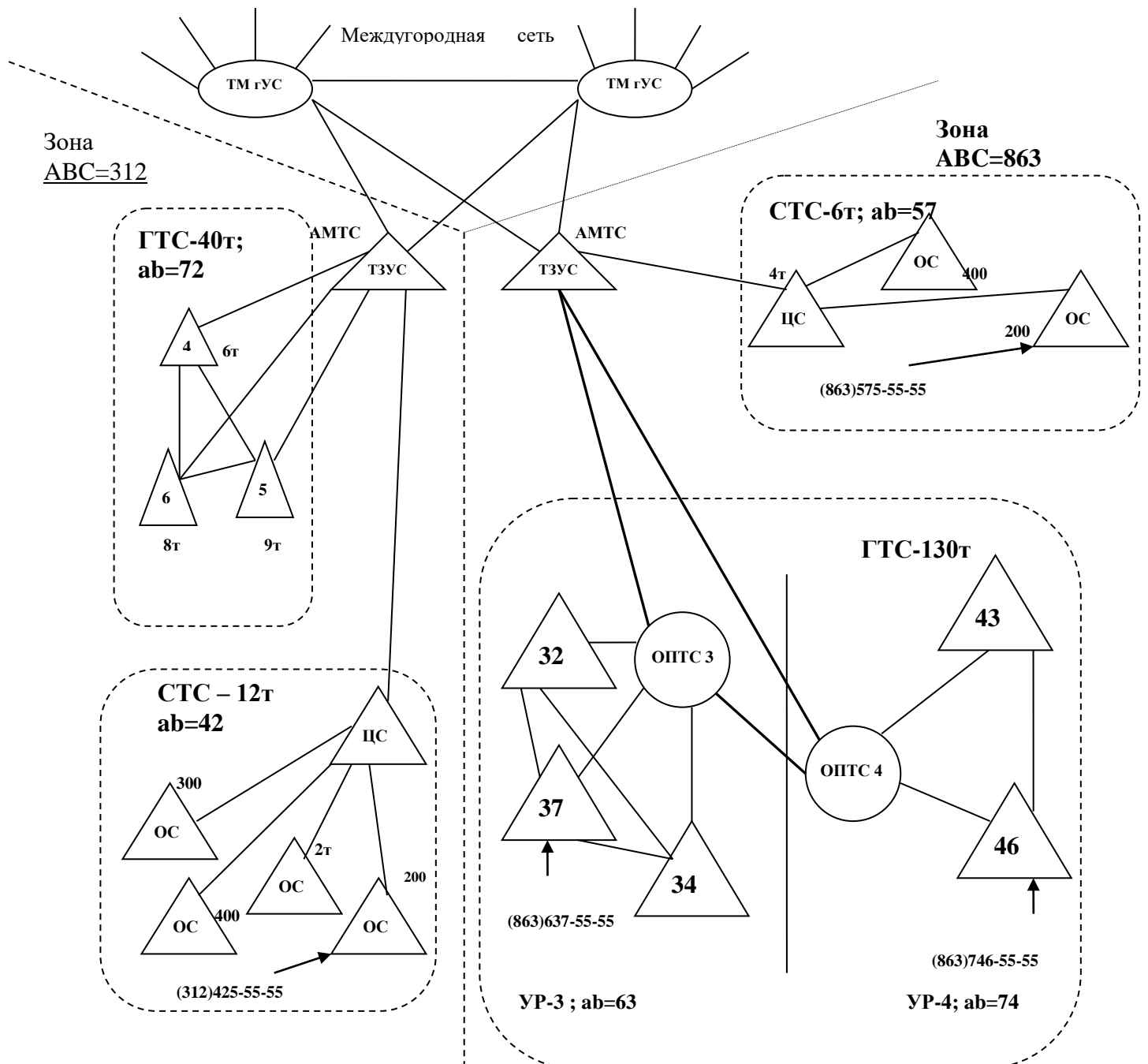


Рис. 1.1. Пример структурной схемы двух зон семизначной нумерации.

## Контрольное задание

1. Привести структуру сети в двух зонах семизначной нумерации, в каждой из которых располагается по две местных сети. Емкости и типы местных сетей приведены в табл. 1.1. Номер варианта для зоны 1 определяется по предпоследней цифре шифра, а для зоны 2 – по последней.

2. Количество и емкость станций местных сетей выбираются так, чтобы показать структуру сети и нумерацию абонентов. При этом показывается такое количество станций, которое дало бы представление об особенностях построения сети.

3. Дать нумерацию абонентам местных сетей, приняв закрытую систему нумерации. Выбрать коды местных сетей и коды зон семизначной нумерации.

4. В соответствии с выбранной в п.2 нумерацией написать последовательность цифр, которые набирает абонент при осуществлении:

- а) местной связи,
- б) внутризональной связи,
- в) междугородной связи.

Таблица 1.1. Емкости и типы местных сетей

№ варианта	Типы и емкости местных сетей в зоне семизначной нумерации 1	Типы и емкости местных сетей в зоне семизначной нумерации 2
1	СТС 8 тыс. ГТС 20 тыс.	ГТС 120 тыс. ГТС 45 тыс.
2	ГТС 100 тыс. СТС 9 тыс.	СТС 7 тыс. ГТС 25 тыс.
3	ГТС 30 тыс. ГТС 45 тыс.	СТС 11 тыс. ГТС 85 тыс.
4	СТС 14 тыс. ГТС 35 тыс.	ГТС 8 тыс.; СТС 16,5 тыс.
5	СТС 17,5 тыс. ГТС 110 тыс.	ГТС 50 тыс. СТС 10,5 тыс.
6	СТС 12,5 тыс. ГТС 100 тыс.	ГТС 25 тыс. СТС 17,5 тыс.
7	СТС 8,5 тыс. СТС 10 тыс.	ГТС 95 тыс. ГТС 35 тыс.
8	СТС 7 тыс. ГТС 80 тыс.	СТС 20 тыс. ГТС 45 тыс.
9	ГТС 25 тыс. СТС 17 тыс.	ГТС 90 тыс. СТС 9,5 тыс.
10	ГТС 75 тыс. ГТС 30 тыс.	СТС 10 тыс. СТС 16,5 тыс.

## Литература.

1. Требования к порядку пропуска трафика в телефонной сети общего пользования (Приказ Министерства ИТ и Связи РФ от 08.08.2005г. № 98)

## Задача 2. Алгоритм поиска кратчайшего пути на графе.

**Цель работы:** изучить процедуры поиска кратчайшего пути на графе по алгоритму Дийкстры.

Поиск кратчайшего пути на графе является одной из наиболее используемых задач во всех случаях, когда реальные системы отображаются каким-либо графом (транспортные перевозки, проектирование коммуникаций и т.д.). Особенно часто задача поиска кратчайшего пути возникает в телекоммуникационных системах как на этапе их проектирования, так и в процессе эксплуатации при выборе наилучшего пути передачи информации в сетях с произвольной структурой.

В общем виде задача формулируется следующим образом. Пусть задан произвольный граф  $G(N, V)$ , имеющий множество  $N$  вершин (узлов) и множество  $V$  ветвей. Структура графа задана матрицей длин ветвей  $A = \|a_{ij}\|$  размерности  $N$ . Длина отсутствующей ветви условно принимается равной бесконечности. На графе  $G$  выделяются две вершины:  $s$  – исток и  $t$  – сток. Необходимо определить путь от вершины  $s$  к вершине  $t$  в виде упорядоченной последовательности ветвей такой, чтобы сумма длин этих ветвей была наименьшей из всех возможных.

Очень важно отметить, что в практических задачах для телекоммуникационных сетей под длиной ветви (линии связи, физической цепи) не обязательно понимать расстояние между физическими объектами (например, в километрах). Такие расстояния отображаются на графе, в основном, при проектировании кабельных трасс. А в задачах, например, маршрутизации пакетов пользователей больше интересует наилучший путь в смысле времени доведения пакетов, или путь, обеспечивающий наибольшую пропускную способность тракта или, наконец, некоторая обобщённая характеристика, учитывающая оба этих, а, возможно, и других параметров (надёжность, стоимость, джиттер).

Обобщённые характеристики являются наиболее актуальными в задачах маршрутизации, поскольку современные сетевые технологии должны гарантировать пользователям требуемое качество обслуживания (QoS), а пользователь имеет воз-



возможность при установлении соединения заказывать параметры, нужные для передачи данной конкретной информации.

### АЛГОРИТМ КРАТЧАЙШЕГО ПУТИ

В самом общем виде алгоритм кратчайшего пути, описанный в [1], содержит два этапа:

(1) начнём с того, что всем узлам припишем пометки вида  $(-, c(x))$ , где  $c(s) = 0$  и  $c(x) = \infty$  при  $x \neq s$  (напомним, что символом  $s$  мы помечаем узел-исток;

(2) попытаемся отыскать дугу  $(y, x)$ , для которой

$$c(y) + a(y, x) < c(x) \quad (1)$$

(причём здесь  $\infty + a = \infty$ ). Если такая дуга будет найдена, изменим пометку в узле  $x$  на  $(y, c(y) + a(y, x))$ , т.е. произошло улучшение характеристики  $c(x)$  в сторону уменьшения. Новая пометка для узла  $x$  стала  $(y, c(x))$ , которая означает, что если из узла  $s$  двигаться к узлу  $x$  через узел  $y$  и по ветви  $yx$ , то расстояние от  $s$  до  $x$  будет равно  $c(x)$ .

Этап (2) повторяется до тех пор, пока будут находиться дуги  $(y, x)$ , улучшающие характеристики  $c(x)$  какого-либо узла  $x$ . Если такую дугу больше найти нельзя, то процесс закончен, а совокупность пометок  $(y, c(x))$  опишет дерево кратчайших путей из узла  $s$  в каждый узел  $x$  множества  $N$ .

Описанную процедуру проиллюстрируем на примере выбора кратчайшей автодороги из Ростова до Казани.

Пусть в некоторый момент времени сложилась ситуация, представленная на рис. 2.1. Здесь сплошными линиями показаны дороги, указанные в матрице длин ветвей  $A$ . Числами отмечены длины этих дорог в км. Пунктирными линиями показаны уже найденные длины путей от Ростова до 3-х городов. Эти пути могут содержать одну или более ветвей.

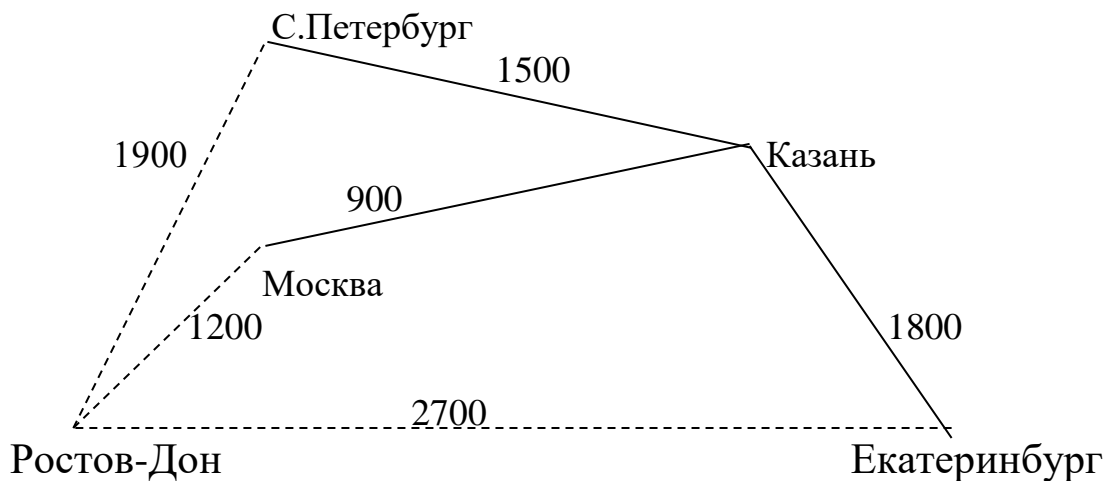


Рис. 2.1. Пример выбора кратчайшего пути на автодорогах

Предположим, что циклический процесс просмотра всех городов впервые подошёл к Казани. Значит пометка Казани равна  $(-, \infty)$ . Применим формулу (1) для нашего случая и для ветви С.Пб-Казань. Получим:

$$1900 + 1500 < \infty.$$

Т.е. пометка Казани улучшилась и стала (С.Пб, 3400). Это означает, что если ехать из Ростова в Казань через С.Пб, то длина пути составит 3400км.

Применим формулу (1) для ветви Екатеринбург-Казань. Получим:

$$2700 + 1800 > 3400.$$

Т.е. пометка Казани не улучшается, остаётся прежней (С.Пб, 3400) и ездить в Казань через Екатеринбург мы не будем.

Применим формулу (1) для ветви Москва-Казань. Получим:

$$1200 + 900 < 3400.$$

Т.е. пометка Казани улучшилась и стала (Москва, 2100). Это означает, что если ехать из Ростова в Казань через Москву, то длина пути составит 2100км.

Как видим, алгоритм очень прост. Нужно только организовать циклический просмотр всех городов (от Абакана до Ярославля), а для каждого города - вложенный цикл с применением формулы (1) для всех входящих в него дорог (по конечным значениям соответствующего столбца матрицы  $A$ ).

Но у этого алгоритма есть существенный недостаток. Он очень длинен, особенно для сетей с большим числом узлов и ветвей. Если для схемы рис. 2.1 представить, что в какой-то момент улучшилась пометка Москвы и стала, например, (Воронеж, 1100), то начнут улучшаться все уже имеющиеся пометки, которые использовали пометку Москвы (Орёл, 1200). Улучшение пометки Казани может привести к возможности улучшить пометки Омска, Томска, Иркутска и многих других. Получается многократное прохождение одних и тех же узлов.

В современных сетях передачи данных маршрутизаторы пакетов должны успевать пропускать через себя десятки и даже сотни миллионов пакетов в секунду. При этом таблицы маршрутизации, определяющие какой пакет в какое направление нужно выдавать, могут постоянно корректироваться в зависимости от изменения ситуации в сети. Например, увеличение длины очереди пакетов между какими-либо двумя маршрутизаторами может изменить распределение кратчайших путей по всей сети и каждый маршрутизатор должен будет запускать свою программу поиска кратчайшего пути.

Поэтому неоднократно предпринимались попытки разработать более эффективные алгоритмы, исключающие необходимость многократного прохождения одних и тех же узлов. Одним из таких алгоритмов является алгоритм Дейкстры, который используется почти во всех современных маршрутизаторах.

### АЛГОРИТМ ДИЙКСТРЫ

Основная идея алгоритма Дейкстры (Dijkstra) состоит в том, что вводится понятие “окрашивания” фрагментов графа [2]. В начальный момент окрашена только вершина  $s$  (исток). Затем циклически при каждой процедуре шага 2 из нескольких смежных неокрашенных вершин выбирается вершина с минимальной величиной  $s(x)$  и производится окрашивание этой вершины и ветви, соединяющей эту вершину с ранее окрашенным фрагментом графа. Процесс окрашивания заканчивается, как только будет окрашена вершина  $t$  (сток). Алгоритм Дейкстры гарантирует, что для

любой окрашенной вершины величина  $c(x)$  не может быть улучшена, т.е. уменьшена. Таким образом, исключается необходимость многократного анализа одних и тех же вершин графа.

Формализованное описание алгоритма.

**Шаг 1.** Присвоить истоку  $s$  вес  $c(s) = 0$ , а всем остальным вершинам  $c(x) = \infty$ . Присвоить переменной  $y$  значение  $s$ , т.е. принять  $y = s$ . Окрасить вершину  $s$ .

**Шаг 2.** Для каждой неокрашенной вершины  $x$  пересчитать величину  $c(x)$  следующим образом:

$$c(x) = \min_x \{ c(x), c(y) + a(y, x) \}, \quad (2)$$

где  $x$  – множество неокрашенных вершин в графе.

Окрасить дугу к выбранной вершине  $x$  и вершину  $x$  и указать для  $x$  направление к  $y$ . Присвоить  $y$  значение  $x$ , т.е.  $y = x$ .

**Шаг 3.** Если сток  $t$  оказался окрашенным, закончить процедуру, если нет - перейти к шагу 2.

Фактически на шаге 2 мы имеем одну вершину  $y$  (это последняя из окрашенных вершин) и постепенно убывающее множество вершин  $x$  (оно убывает от  $N-1$  до 1) и можно показать, что максимально возможное число циклов не превышает  $M = N(N-1)/2$ .

Отметим, что проверке (2) должны подвергаться не только вершины  $x$ , связанные с последней окрашенной вершиной  $y$ , а все неокрашенные вершины  $x$ .

**Пример.** Пусть задан 7-и узловой граф  $G(N, V)$ , на котором выбраны исток  $s = 3$  и сток  $t = 5$  (рис. 2.2).

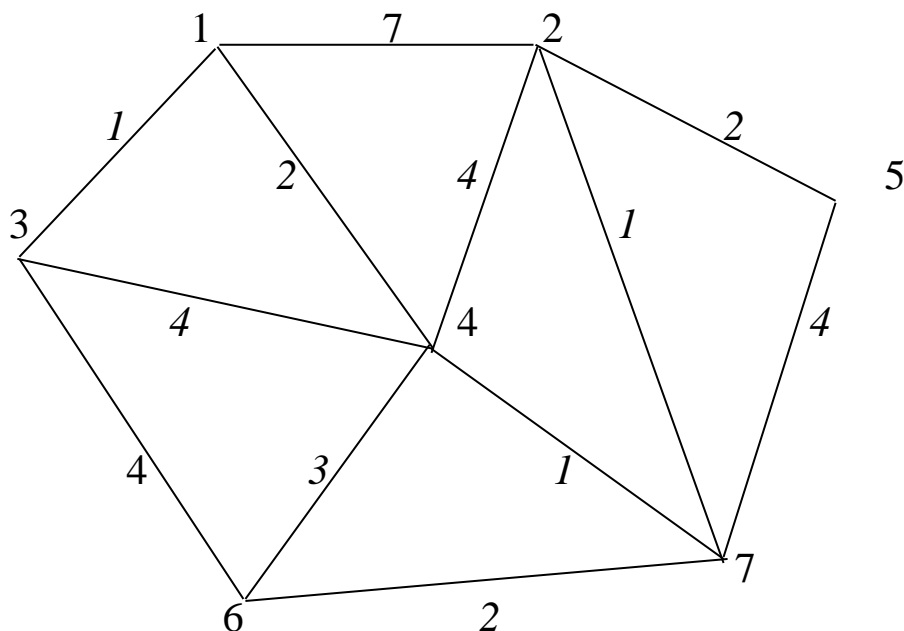


Рис. 2.2. Исходный граф. 1-й этап. Исток  $s = 3$ , сток  $t = 5$ .

Длины ветвей данного графа представлены в матрице  $A = \|a_{ij}\|$ . При отсутствии ветви расстояние между соответствующими вершинами принято равным бесконечности.

$$A = \begin{vmatrix} - & 7 & 1 & 2 & \infty & \infty & \infty \\ 7 & - & \infty & 4 & 2 & \infty & 1 \\ 1 & \infty & - & 4 & \infty & 4 & \infty \\ 2 & 4 & 4 & - & \infty & 3 & 1 \\ \infty & 2 & \infty & \infty & - & \infty & 4 \\ \infty & \infty & 4 & 3 & \infty & - & 2 \\ \infty & 1 & \infty & 1 & 4 & 2 & - \end{vmatrix}$$

Процесс окрашивания представлен в табл. 2.1 по этапам. В таблице представлены пометки для каждой из семи вершин. Пометка, полученная при окрашивании вершины, выделена жирным курсивом.

На первом этапе окрашивается вершина  $y = s = 3$ .

На 2-м этапе по формуле (2) производится 6 проверок (вершины 1, 2, 4, 5, 6 и 7). При этом изменятся веса вершин 1, 4 и 6 и будет выбрана и окрашена вершина 1, как наиболее близкая к окрашенной вершине  $y$ , и ветвь  $a_{31}$  (рис. 2.3). Пометка вершины 1 изменится с значения  $(-, \infty)$  на значение  $(3, 1)$ , как показано в таблице 1, а величина  $y$  примет значение вновь окрашенной вершины, т.е.  $y = 1$ .

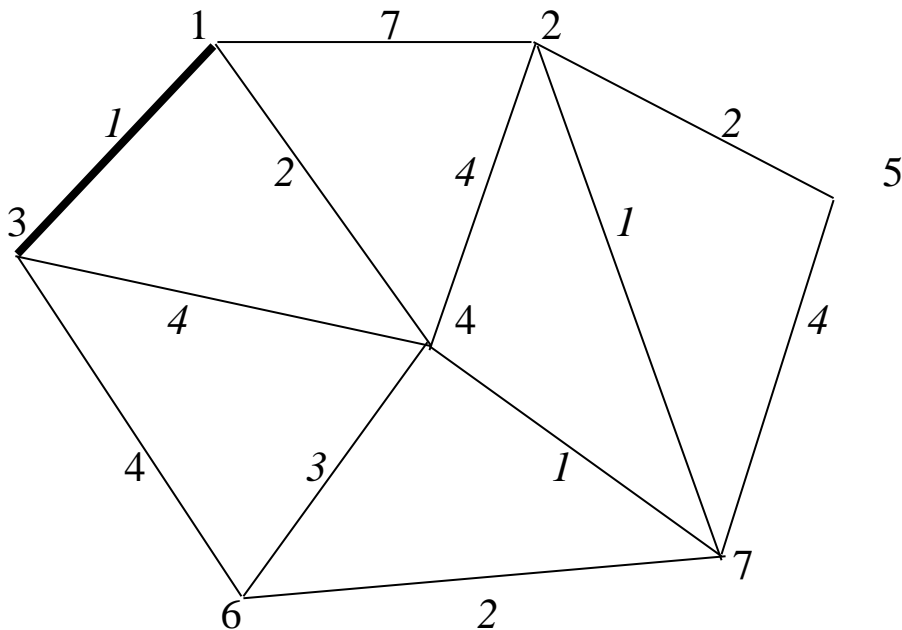


Рис. 2.3. Окрашенный фрагмент после 2-го этапа.

На 3-м этапе проверяются вершины 2, 4, 5, 6 и 7. По формуле (2) будет выбрана и окрашена вершина 4 и ветвь  $a_{14}$  (рис. 2.4). Принимается  $y = 4$ .

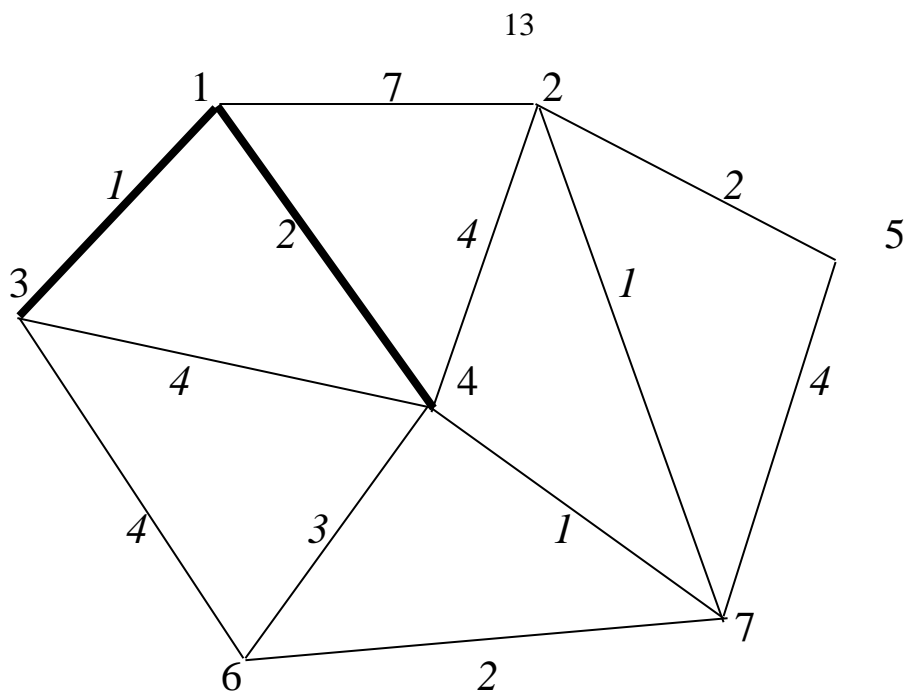


Рис. 2.4. Окрашенный фрагмент после 3-го этапа.

На 4-м этапе проверяются вершины 2, 5, 6 и 7. По формуле (2) выбирается и окрашивается вершина 7 и ветвь 47 (рис. 2.5). Принимается  $y = 7$ .

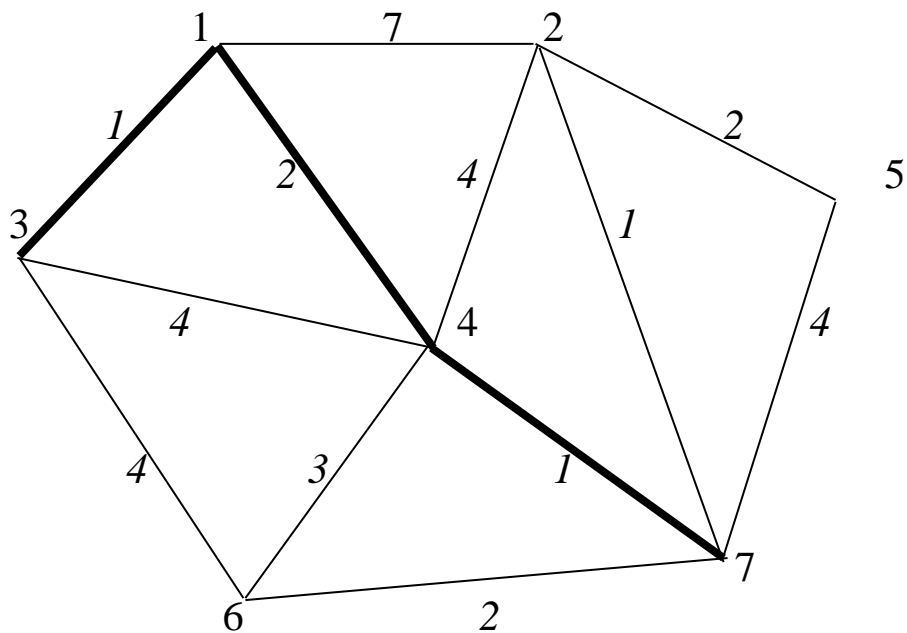


Рис. 2.5. Окрашенный фрагмент после 4-го этапа.

На 5-м этапе проверяются вершины 2, 5 и 6. По формуле (2) выбирается и окрашивается вершина 2 и ветвь 72 (рис. 2.6). Принимается  $y = 2$ .

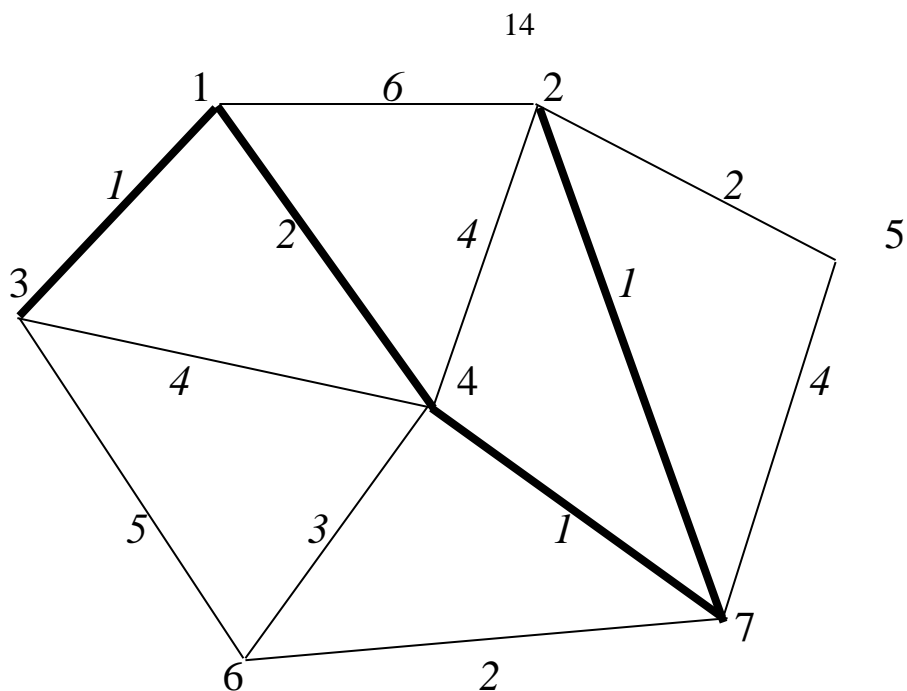


Рис. 2.6. Окрашенный фрагмент после 5-го этапа.

На 6-м этапе проверяется единственная неокрашенная вершина 5, с которой связана вершина 2. Производится окрашивание вершины 5 и ветви 25. Поскольку окрашенным оказался сток  $t = 5$ , процесс поиска кратчайшего пути завершён (рис. 2.7).

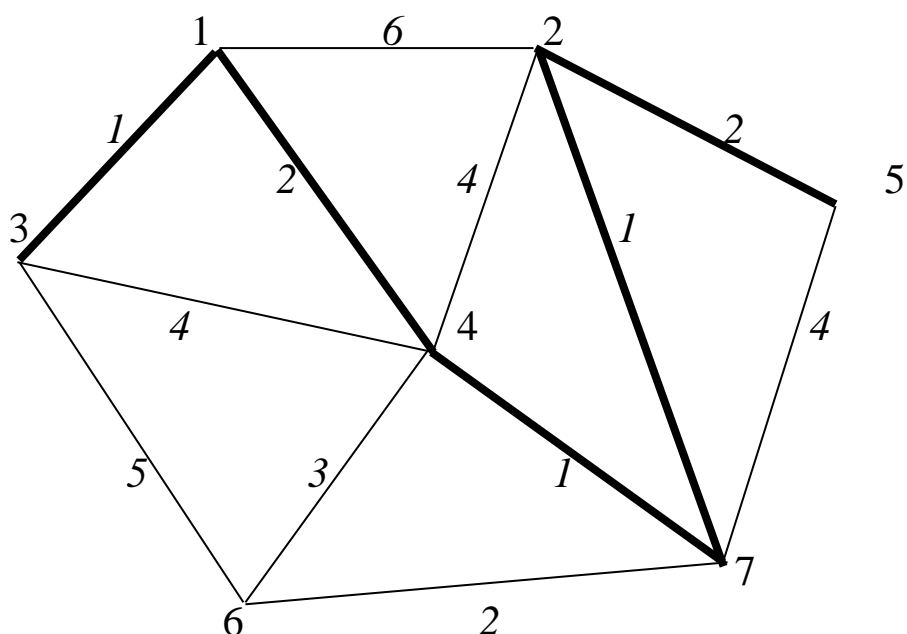


Рис. 2.7. Окрашенный фрагмент после завершающего 6-го этапа.

Таблица 2.1. Этапы окрашивания фрагментов графа

Номер этапа	Значение для $y$	Н о м е р а в е р ш и н						
		1	2	3	4	5	6	7
1	3	$(-, \infty)$	$(-, \infty)$	<b><math>(-, 0)</math></b>	$(-, \infty)$	$(-, \infty)$	$(-, \infty)$	$(-, \infty)$
2	1	<b><math>(3, 1)</math></b>	$(-, \infty)$		$(3, 4)$	$(-, \infty)$	$(3, 5)$	$(-, \infty)$
3	4		$(1, 7)$		<b><math>(1, 3)</math></b>	$(-, \infty)$	$(3, 5)$	$(-, \infty)$
4	7		$(1, 7)$			$(-, \infty)$	$(3, 5)$	<b><math>(4, 4)</math></b>
5	2		<b><math>(7, 5)</math></b>			$(7, 8)$	$(3, 5)$	
6	5					<b><math>(2, 7)</math></b>		

На графе рис. 2.7 кратчайший путь просматривается визуально. Однако, для машинной процедуры выбора пути необходимо пользоваться полученными в процессе поиска пометками.

Чтение таблицы производится следующим образом:

- в вершине 5 (сток  $t$ ) пометка  $(2, 7)$  означает, что путь от вершины 3 к вершине 5, проходящий через вершину 2, равен 7-и единицам;
- пометка  $(7, 5)$  в вершине 2 означает, что путь от вершины 3 к вершине 2, проходящий через вершину 7, равен 5-и единицам;
- пометка  $(4, 4)$  в вершине 7 означает, что путь от вершины 3 к вершине 7, проходящий через вершину 4, равен 4-и единицам;
- пометка  $(1, 3)$  в вершине 4 означает, что путь от вершины 3 к вершине 4, проходящий через вершину 1, равен 3-и единицам;
- пометка  $(3, 1)$  в вершине 1 означает, что путь от вершины 3 к вершине 1, с которой вершина 3 связана непосредственно, равен 1-й единице.

Необходимо помнить, что в реальных ситуациях матрица длин ветвей, в отличие от рассмотренной в данном примере матрицы  $A$ , чаще всего бывает не симметрична. Это является следствием того, что не симметричными бывают информационные потоки, а, следовательно, и такие важные параметры, определяющие длины ветвей, как время ожидания пакетами в очереди или величина свободной пропускной способности канала. Поэтому найденный в нашем примере путь 3-1-4-7-2-5 длиной в 7 единиц это именно путь от вершины 3 к вершине 5.

## Контрольное задание

Определить кратчайший путь по алгоритму Дийкстры для графа (рис. 2.8) и матрицы весов ветвей  $A$ , представленной на рис. 2.9.

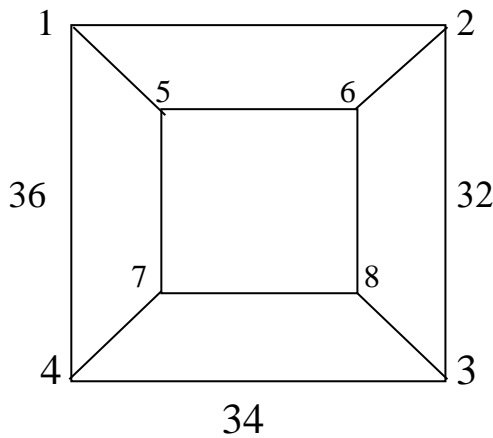


Рис. 2.8.

$$A = \begin{pmatrix} - & 30 & \infty & 36 & 1 & \infty & \infty & \infty \\ 30 & - & 32 & \infty & \infty & 2 & \infty & \infty \\ \infty & 32 & - & 34 & \infty & \infty & 3 & \infty \\ 36 & \infty & 34 & - & \infty & \infty & \infty & 4 \\ 1 & \infty & \infty & \infty & - & f & \infty & d \\ \infty & 2 & \infty & \infty & f & - & b & \infty \\ \infty & \infty & 3 & \infty & \infty & b & - & h \\ \infty & \infty & \infty & 4 & d & \infty & h & - \end{pmatrix}$$

Рис. 2.9.

Номера исходящего и входящего узлов по вариантам задания представлены в табл. 2.2. Значения весов ветвей  $b$ ,  $d$  и  $f$  -- в табл. 2.3. Вес ветви  $h$  определяется по формуле:

$$c(h) = [ 2 + g/2 ],$$

где  $g$  – последняя цифра текущего года, а знаки  $[ ]$  означают целую часть числа. Например, для 2007 года  $c(h) = 5$ .

Таблица 2.2. Номера узлов истоков и стоков по вариантам.

Предпоследняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номер узла истока, (s)	1	1	2	2	3	3	4	4	7	8
Номер узла стока, (t)	3	7	4	8	1	5	2	6	1	2

Таблица 2.3. Веса ветвей  $b, d$  и  $f$  в матрице  $A$  по вариантам.

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вес ветви $b - c(b)$	5	7	6	8	6	5	8	7	6	5
Вес ветви $d - c(d)$	6	5	7	5	8	6	6	6	5	7
Вес ветви $f - c(f)$	7	6	5	6	5	8	5	5	7	6

### Литература.

1. Форд С., Фалкерсон Д. Потoki в сетях. Мир, М, 1966.
2. Майника Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах. Мир, М, 1981.



## **Задача №3. Построение городской мультисервисной сети на принципах NGN**

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

### **Введение**

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 символическим 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 пе-

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. 3.1, 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 и персональный компьютер (ПК), обеспечивающий обмен данными и получение видеоинформации.

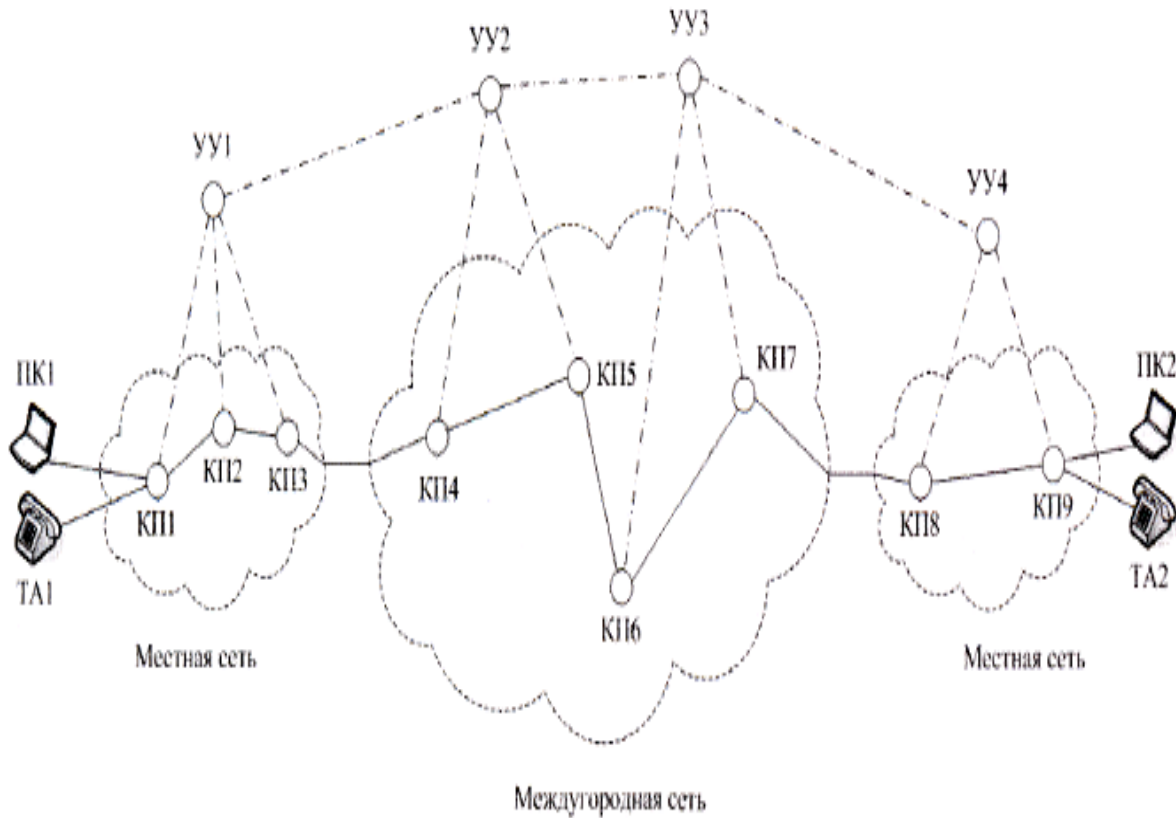


Рис. 3.1. Модель сети следующего поколения.

### 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. 3.2):

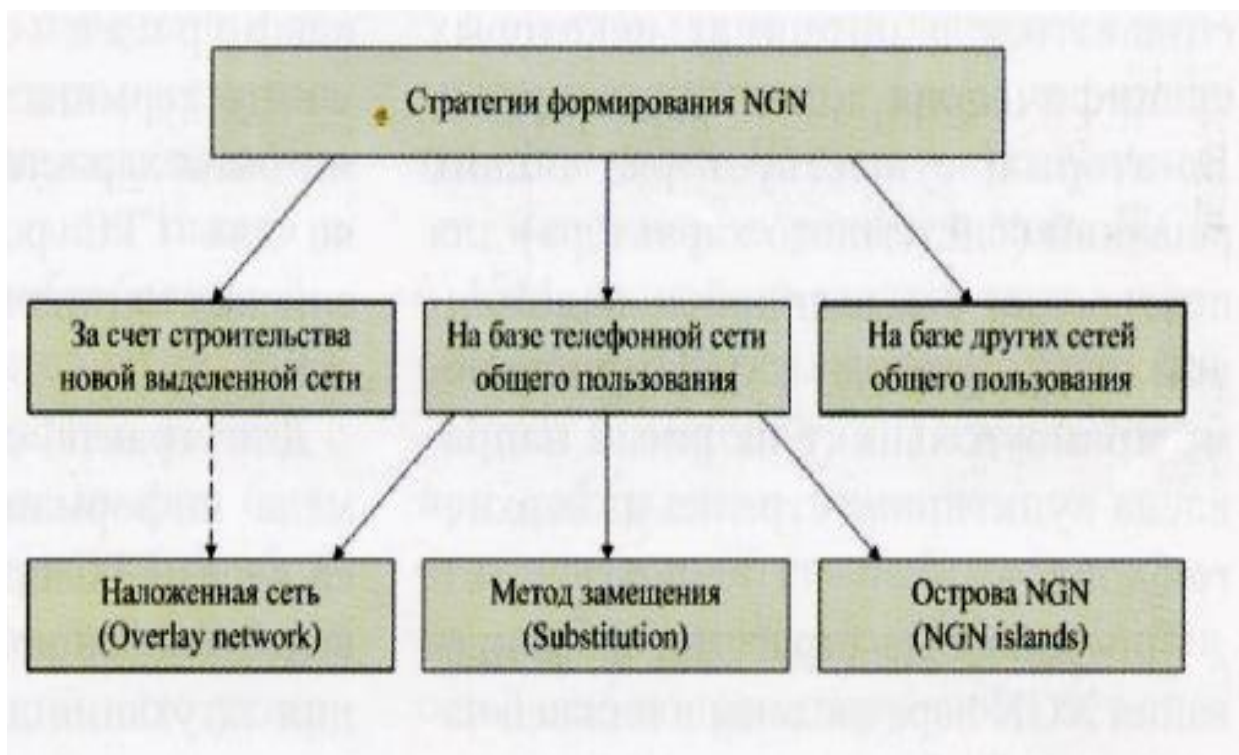


Рис. 3.2. Классификация стратегий формирования NGN.

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. 3.2 направлена пунктирная стрелка из верхнего блока.

Три основные стратегии формирования NGN перечислены в нижней части рис. 3.2. 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. 3.3) 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.

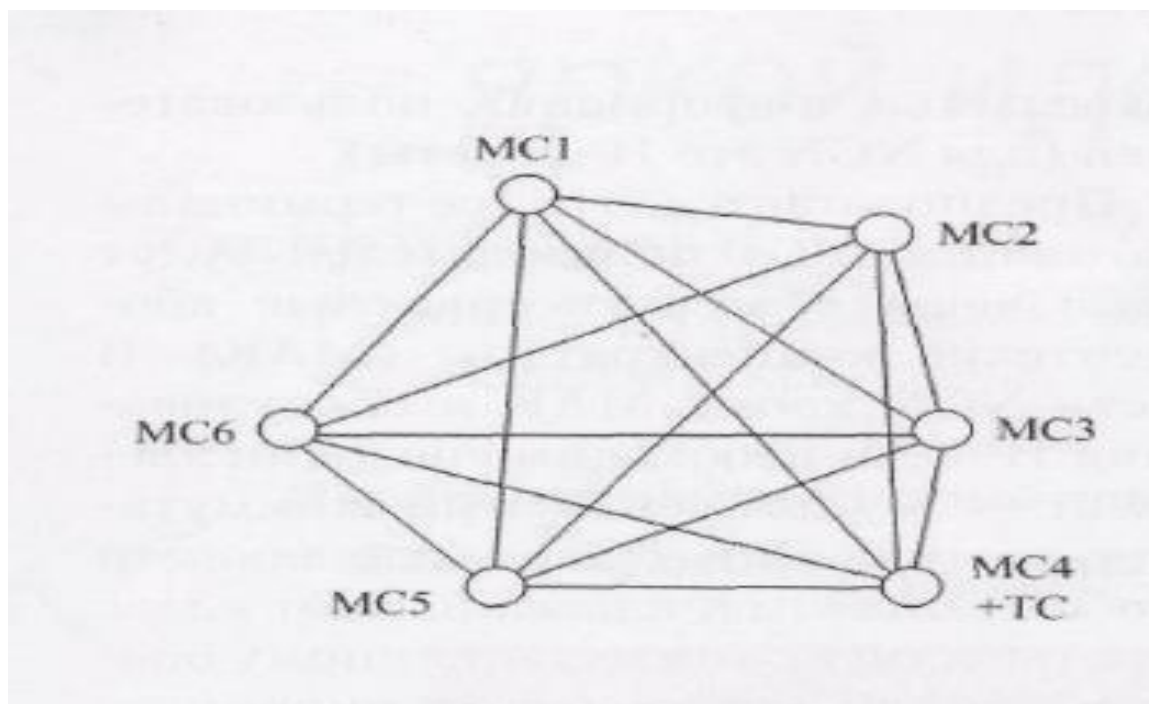


Рис. 3.3. Структура ГТС без узлов.

Допустим, что заранее была определена оптимальная структура NGN (рис. 3.4). 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.

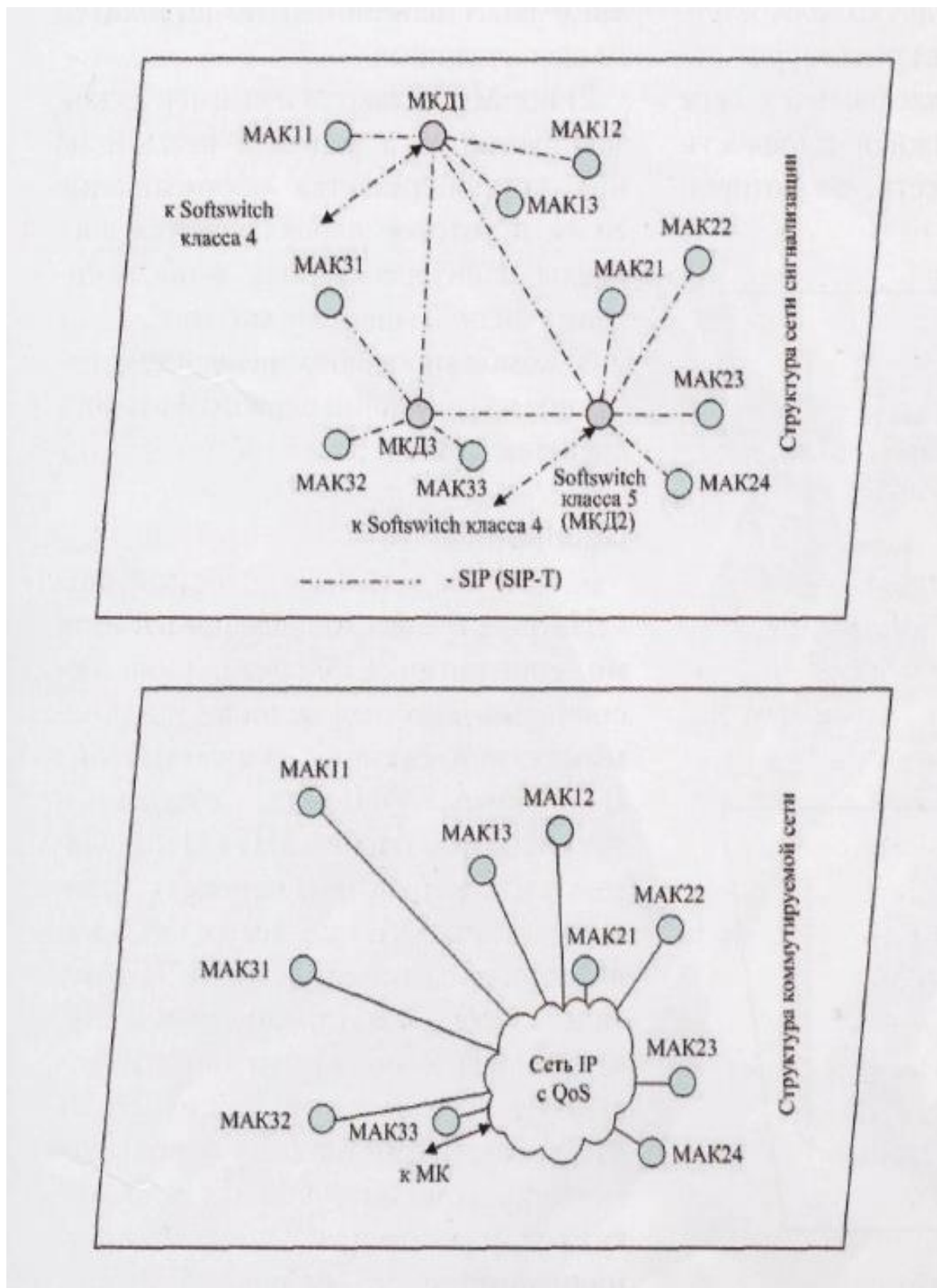


Рис. 3.4. Оптимальная структура NGN.

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. 3.4, 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. 3.5 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. 3.5. 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".

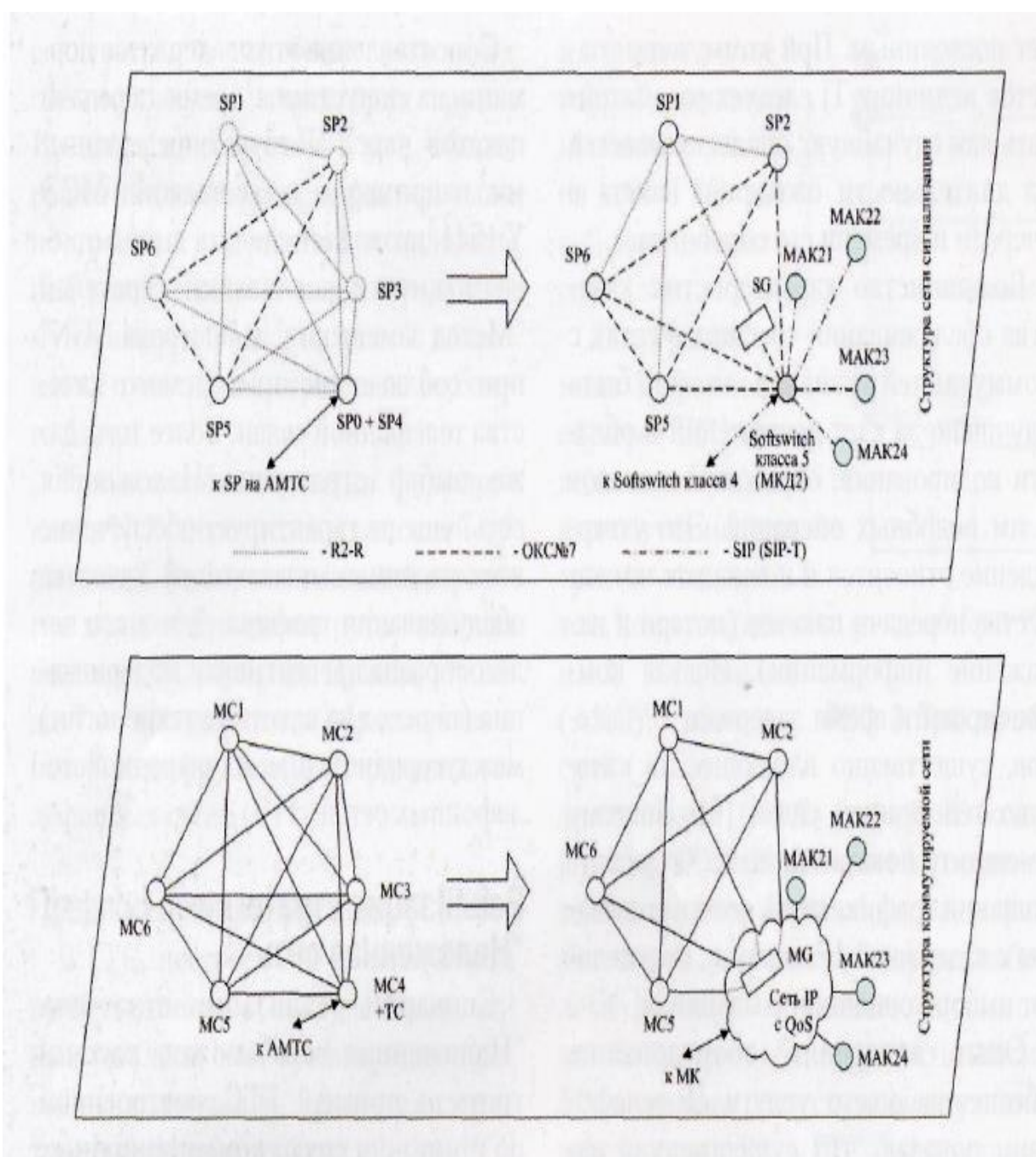


Рис. 3.5. Первый этап модернизации ГТС без узлов. Сценарий I.

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 МСЗ 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.

## **Второй этап**

На рис. 3.6 показан один из возможных вариантов дальнейшего построения NGN. Он рассматривается как второй этап модернизации ГТС и основан на замене двух коммутационных станций: МС1 и МС2. Одновременная замена двух МС - 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 МС5 или в МС6.

Радикальные изменения свойственны сети сигнализации. Только для MC5 и MC6 используются системы сигнализации, реализованные для телефонной связи. Все остальные элементы городской сети (МАК и МКД) уже взаимодействуют между собой по единой системе сигнализации, принятой для NGN.

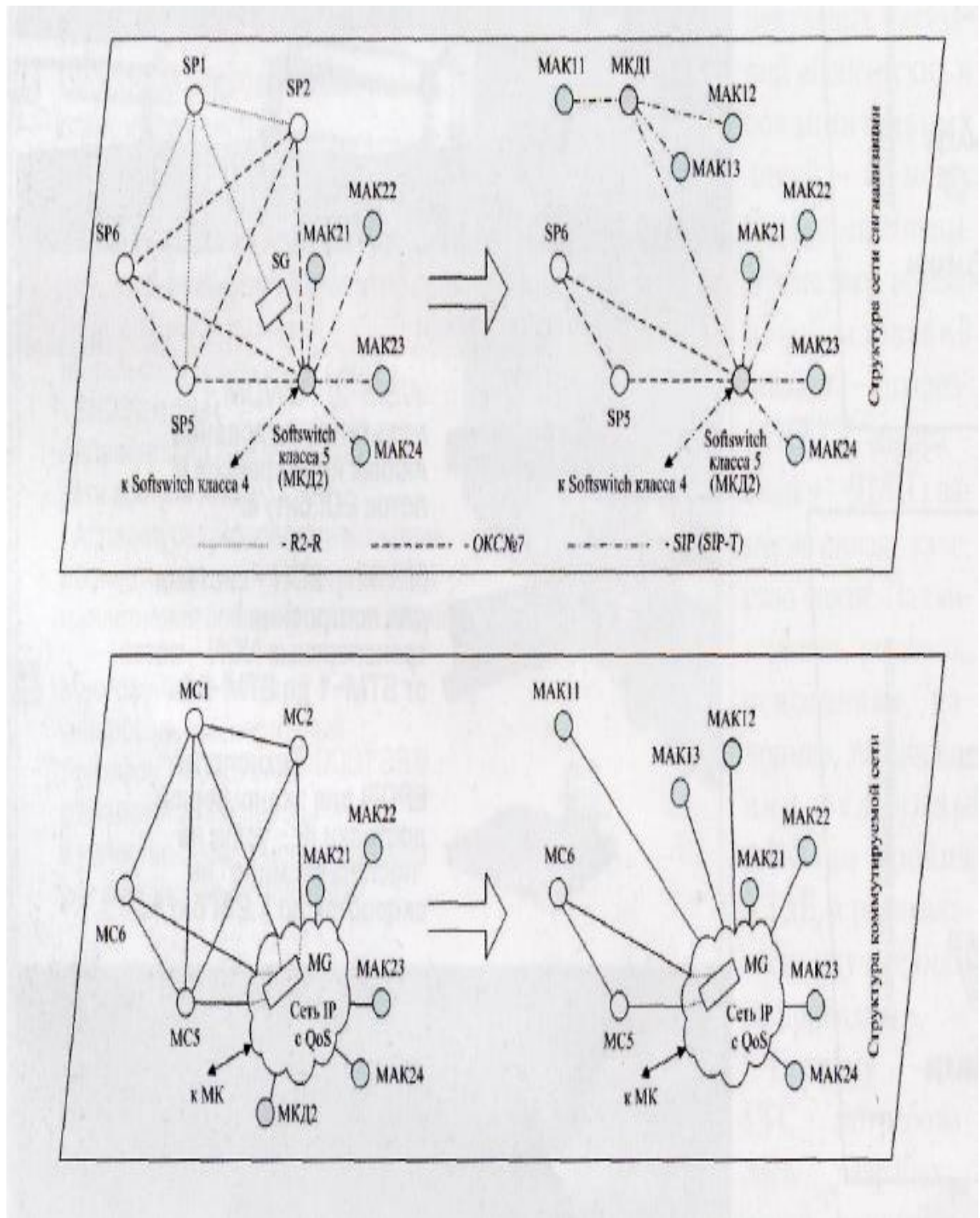


Рис. 3.6. Второй этап модернизации ГТС без узлов. Сценарий I.

### Третий этап

Структура сети становится все более похожей на структуру NGN, формирование которой завершается на третьем - заключительном - этапе. Этот этап (рис. 3.7) приводит к созданию сети со структурой, которая была выбрана в качестве оптимального решения (рис. 3.4). 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.

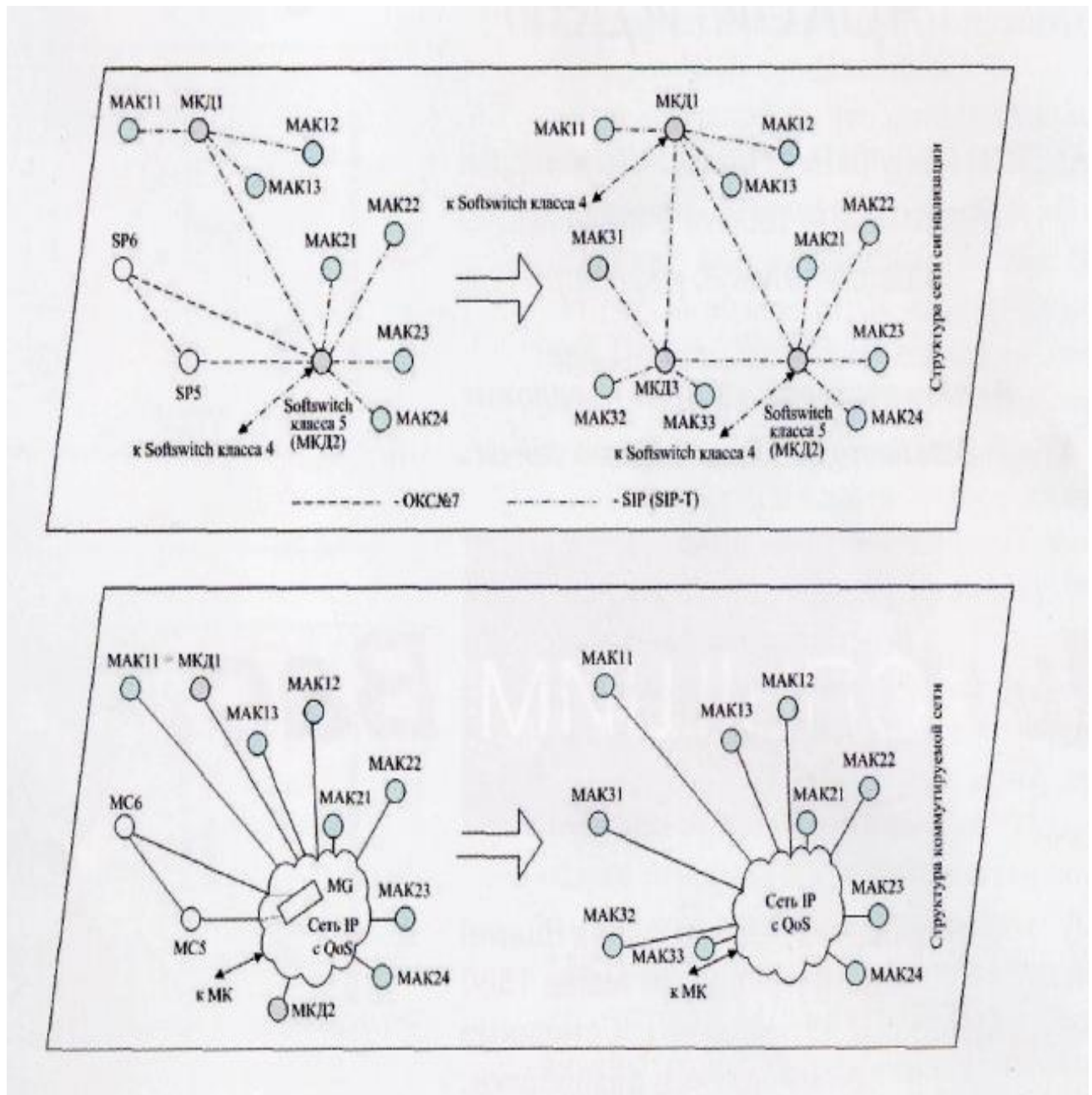


Рис. 3.7. Третий этап модернизации ГТС без узлов. Сценарий I.



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. 3.8. 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".

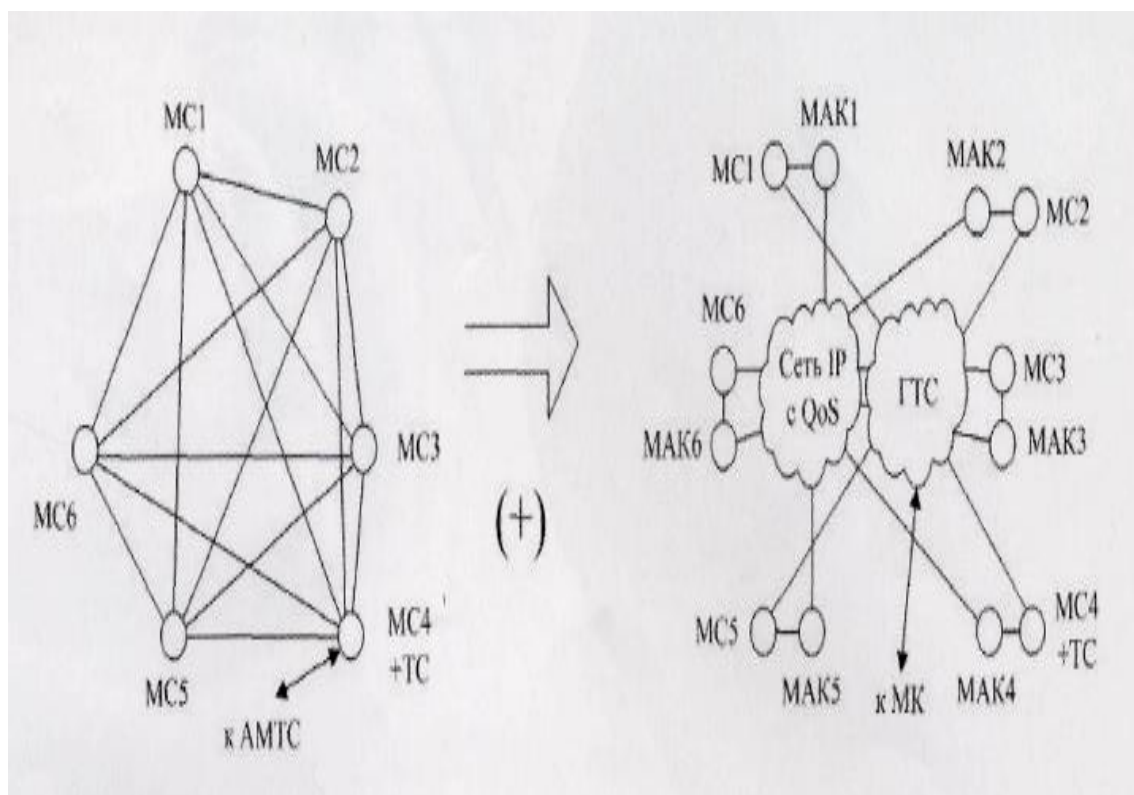


Рис. 3.8. Второй сценарий модернизации ГТС без узлов.

Существенное отличие от первого сценария создания NGN состоит в том, что параллельно формируется "вторая" сеть. Это обстоятельство подчеркивает знак "+" на рис. 3.8, 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.

### **Контрольное задание**

Выше описана процедура модернизации шести-узловой 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 контрольного задания необходимо провести модернизацию восьми-узловой ГТС в четыре этапа в последовательности, указанной для каждого

варианта в табл. 3.1. Например, для шифра, оканчивающегося цифрами 18, последовательность замены АТС будет следующая: 1-й этап - 1-я и 4-я АТС, 2-й этап - 2-я и 3-я АТС, 3-й этап – 5-я, 6-я, и 8-я АТС и 4-й этап – 7-я АТС. Рекомендуется менять расположение МС в соответствии с их группировкой по этапам. Схему связей такая перестановка не меняет, так как все МС соединены между собой по схеме «каждая с каждой».

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 3.1. Варианты распределения заменяемых станций по этапам.

Номера вариантов	Номера этапов	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
№ АТС по пред- посл. цифре шифра	1-й этап	1,2	1,4	1,3	3,4	3	2,3	2,4	1,3,4	4	1
	2-й этап	3,4	2,3	2,4	1,2	1,2,4	1,4	1,3	2	1,2,3	2,3,4
№ АТС по посл. цифре шифра	3-й этап	7,8	6,8	5,8	6,7	5,7,8	5,7	5,6	8	5,6,8	5
	4-й этап	5,6	5,7	6,7	5,8	6	6,8	7,8	5,6,7	7	6,7,8

### Контрольные вопросы

1. Назначение мультисервисных сетей.
2. Сформулировать назначение 4-х плоскостей в структуре NGN и описать принципы их взаимодействия.
3. Определить понятия Softswitch и Triple-play services. Где устанавливаются коммутаторы Softswitch класса 4 и Softswitch класса 5?
4. Назначение мультисервисного абонентского концентратора (МАК) и мультисервисного коммутатора доступа (МКД) в структуре NGN.
5. Определить назначение транспортного шлюза (MG) и шлюза сигнализа-

ции (SG).

6. Пояснить различие в трёх описанных выше сценариях модернизации ГТС.
7. Определить цели, достигаемые в результате описанной в работе модернизации ГТС.

## **Литература**

1. Меккель А.М. Перспективы развития магистральных транспортных сетей // ИнформКурьерСвязь. 2005. № 6.
2. Етрухин Н.Н. Первые рекомендации МСЭ-Т о сетях следующего поколения // ИнформКурьерСвязь. 2005. № 6.
3. Пинчук А.В., Соколов НА Мультисервисные абонентские концентраторы для функциональных возможностей "Triple-Play Services" // Вестник связи. 2005. № 4.
4. Гольдштейн А.Б., Соколов Н.А. Подводная часть айсберга по имени NGN // Технологии и средства связи. 2006. № 2.
5. Власов И.И. Тестирование сетей NGN: коммутаторы, шлюзы, трафики// Технологии и средства связи. Специальный выпуск. АТС. 2006



## Задача 4. Метод распределения потоков нагрузки на ГТС при проектировании новой станции.

**Цель работы:** Изучить и применить на конкретном примере метод Раппа по формированию межстанционных потоков в ГТС при включении в её состав новой АТС.

В соответствии с методом Раппа предполагается, что включение на сети новой АТС не окажет влияния на общий исходящий поток нагрузки в существующих АТС. Т.е. для существующих АТС произойдёт только перераспределение исходящей нагрузки без изменения её величины, а нагрузка на новую станцию будет создаваться за счет пропорционального снижения нагрузки с существующих направлений и передачи ее на направление к новой АТС. Пусть матрица потоков нагрузки до включения новой АТС размерности  $n \times n$  имеет вид:

$$y_{ij} = \begin{array}{c|c} \begin{array}{c} 1 \quad 2 \quad \dots \quad n \\ \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{n1} & y_{n2} & \dots & y_{nn} \end{bmatrix} \end{array} & \begin{array}{l} y_{\text{исх } i} \\ \sum_{j=1}^n y_{ij} = y_i \\ \\ \sum_{j=1}^n y_{nj} = y_n \end{array} \\ \hline \begin{array}{c} y_{\text{вх } j} \\ \sum_{i=1}^n y_{i1} = y'_1 \quad \dots \quad \sum_{i=1}^n y_{in} = y'_n \end{array} & M \end{array}$$

Исходящие и входящие потоки нагрузки на АТС определяются суммированием соответствующих строк и столбцов матрицы. Общая нагрузка на сети равна сумме элементов матрицы:

$$M = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n y_{ij}.$$

Допустим, что новая  $(n+1)$ -я АТС имеет исходящую нагрузку  $Y_{n+1}$  равную входящей, и внутристанционную -  $Y_{n+1,n+1}$ .

Для организации в матрице  $Y_{ij}$  столбца  $(n+1)$  входящей нагрузки на АТС $_{n+1}$ , необходимо снять с исходящей нагрузки существующих АТС нагрузку, равную входящей нагрузке новой АТС, т.е.

$$Y_{n+1,\text{вх}} = Y_{n+1} - Y_{n+1,n+1}$$

Доля снятой нагрузки зависит от веса вводимой станции в телефонной сети, т.е. от отношения её исходящей нагрузки к суммарной нагрузке в существующей ГТС.

Рассчитаем коэффициент снятия нагрузки

$$x = \frac{y_{n+1} - y_{n+1, n+1}}{M},$$

который показывает, какую часть нагрузки необходимо снять с каждого из существующих направлений и передать на новую АТС. Тогда столбец (n+1) для новой АТС запишется следующим образом:

$$y_{i, n+1} = \begin{bmatrix} y_1 x \\ y_2 x \\ \vdots \\ y_n x \\ y_{n+1, n+1} \end{bmatrix}$$

а строка (n+1) для этой АТС представится как:

$$y_{n+1, j} = [y'_1 x, y'_2 x, \dots, y'_n x, y_{n+1, n+1}]. \quad (27)$$

Новая матрица распределения нагрузки будет иметь вид :

$$y_{ij} = \begin{array}{c|c|c} \begin{matrix} y_{11}(1-x) & y_{12}(1-x) & \dots & y_{1n}(1-x) & y_1 x \\ y_{21}(1-x) & y_{22}(1-x) & \dots & y_{2n}(1-x) & y_2 x \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ y_{n1}(1-x) & y_{n2}(1-x) & \dots & y_{nn}(1-x) & y_n x \\ y'_1 x & y'_2 x & \dots & y'_n x & y_{n+1, n+1} \end{matrix} & \begin{matrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \\ y_{n+1} \end{matrix} & \\ \hline \begin{matrix} y'_1 & y'_2 & \dots & y'_n & y_{n+1} \end{matrix} & & M + y_{n+1} \end{array} \quad (28)$$

Общий поток нагрузки на сети увеличился на величину  $Y_{n+1}$ , а общие исходящие и входящие потоки нагрузки существующих АТС остались неизменными.

## Контрольное задание

На ГТС полносвязной структуры с шестью АТС проектируется АТС №7. Задана матрица потоков нагрузки между существующими АТС/ размерностью 6х6 Эрл:

	1	2	3	4	5	6
1	15	7	10	5	6	11
2	4	20	12	8	5	7
3	6	11	25	8	6	9
4	5	7	12	19	3	8
5	9	11	8	13	21	7
6	9	8	11	12	10	15

Исходящая и внутривыделенная нагрузки проектируемой АТС представлены в таблице. Входящую на АТС нагрузку примем равной исходящей.

Таблица. Исходящая и внутривыделенная нагрузки по вариантам контрольного задания.

Типы нагрузок в проектируемой АТС	Нагрузки в Эрл. по вариантам									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Y_{исх}$ , по последней цифре шифра	60	70	95	84	72	59	63	48	71	68
$Y_{вн.ст.}$ , по пред- посл. цифре шифра	10	15	25	20	18	17	22	19	16	14

Необходимо :

а) включить в существующую матрицу потоков нагрузки сороку и столбец для исходящей и входящей нагрузки проектируемой АТС;

б) дать перераспределение потоков нагрузки между существующими станциями, вызванное включением новой АТС;

в) определить исходящие и входящие потоки нагрузки на каждой АТС и по сети в целом.

### **Литература**

Нестерова А.В. Методические указания по расчёту распределения нагрузки на городских телефонных сетях с помощью ЭВМ / ВЗЭИС. – М., 1977