

СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФИЛИАЛ
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Московский технический университет связи и информатики»



А.А. Нерсесянц

Проектирование зонавых и городских телефонных сетей

Методические указания
по выполнению контрольной работы
по дисциплине «Сети связи»

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

Ростов-на-Дону
2019

УДК 621.396
ББК 32.84
Н54

Нерсесянц А.А.

Проектирование зонавых и городских телефонных сетей: методические указания по выполнению контрольной работы по дисциплине «Сети связи». – Ростов-на Дону: СКФ МТУСИ, 2019. – 26 с.

Контрольная работа содержит четыре задачи, посвящённые различным вопросам проектирования Телефонных сетей общего пользования Предназначено для студентов направления подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», профиль «Сети связи и системы коммутации»

© Нерсесянц А.А., СКФ МТУСИ, 2019

Профессор кафедры «Инфокоммуникационные технологии и сети связи», д.т.н., с.н.с., Нерсесянц А.А.

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры ИТСС
Протокол от «21» января 2019 г №6

И з д а т е л ь с т в о С К Ф М Т У С И

Сдано в набор 21.01.19г. Изд. №293. Подписано в печать 11.03.19г. Зак. №307.

Печ. листов 1,56. Учетно-изд. л. 1.25. Печать оперативная. Тир. 15 экз.

Отпечатано в Полиграфическом центре СКФ МТУСИ, Серафимовича, 62.

Задача 1 Система телефонной нумерации и структуры зоновых и местных телефонных сетей

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

Система телефонной нумерации ТФОП РФ.

В соответствии с Конституцией РФ территория страны разделена на ряд административных образований (области, края, республики). Точное число таких образований изменяется, при разделении или объединении областей, но составляет порядка $N = 90$ территорий.

В соответствии с этим делением, Телефонная сеть общего пользования (ТфОП) страны разделена на N зон семизначной нумерации, каждой из которых присвоен трехзначный код ABC . В качестве знака A могут быть использованы любые цифры, кроме 0 и 1, а в качестве B и C – любые цифры. В пределах этой зоны каждый абонент имеет семизначный зоновый номер $abxxxxx$. Внутрizonовый код ab присваивается каждой стотысячной группе номеров. В качестве первой цифры “ a ” могут быть применены любые цифры, кроме 0 и 1. Внутри стотысячной группы абонентский номер пятизначный – $xxxxx$.

В качестве стотысячной группы могут выступать городские телефонные сети (ГТС), сельские телефонные сети (СТС) или узловые районы (УР) крупных городов, количество абонентов в которых превосходит возможности одной стотысячной группы.

Так как номер стотысячной группы (цифры ab) не может начинаться с 0 или 1, то число стотысячных групп в зоне нумерации ABC не может превышать 80-и групп. Следовательно, предельная ёмкость зоновой сети составляет 8 млн. номеров.

На ГТС первая цифра номера не должна начинаться с 0 и 1 (сейчас – 0 и 8). Цифра 0 (сейчас 8) является префиксом выхода на ТЗУС – транзитный зоновый узел связи (прежде – АМТС – автоматическая междугородная телефонная станция), а цифра 1 (прежде 0) используется в качестве первой цифры номеров экстренных и справочных служб. Если число абонентов в ГТС превышает 80 тысяч, то в такой ГТС должны создаваться УР с числом абонентов в каждом из них не более 80-и тысяч.

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

- код страны (K_c) – от 1 до 3 десятичных знаков (для Российской Федерации $K_c = 7$);

- код зоны нумерации (ABC – для географически определяемой зоны нумерации, DEF – для географически не определяемой зоны нумерации) для РФ представляется 3-мя десятичными знаками;

- зоновый телефонный номер ($x_1 x_2 x_3 x_4 x_5 x_6 x_7$) – 7 десятичных знаков.

Количество знаков в коде страны (K_c) зависит от масштаба страны и может содержать один (α), два ($\alpha\beta$) или три ($\alpha\beta\gamma$) знака. Местный телефонный номер может

включать от 3 до 7 десятичных знаков и совпадать по значности с зоновым телефонным номером или быть более коротким.

Последовательное обозначение кода страны, кода зоны нумерации и зонового телефонного номера образует международный телефонный номер (N_{MN}). Максимальное число десятичных знаков в международном номере равно 15-и без учёта международного префикса Пмн.

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

Система телефонных номеров Российской Федерации представлена на рисунке 1.

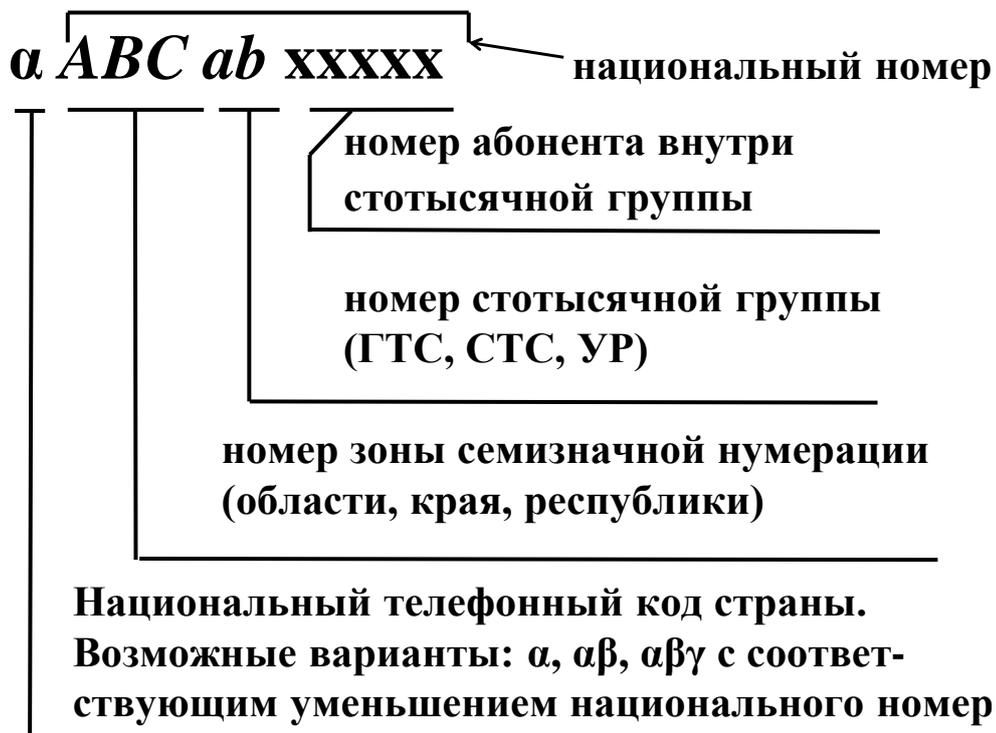


Рисунок 1– Состав 11-значного международного телефонного номера РФ

Международный телефонный номер однозначно определяет окончательный элемент сети связи в пределах мировых телефонных 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 выхода на междугородную сеть (при связи с абонентом местной сети другой зоны нумерации, имеющей код ABC), набирается префикс выхода на ТЗУС (прежде АМТС), затем десятизначный междугородный номер абонента $ABCabxxxxx$.

Выход из зоновой сети в междугородную сеть обеспечивается через Транзитный междугородный узел связи (ТМГУС), прежде Узел автоматической коммутации (УАК). Выход в международную сеть обеспечивается через Транзитный международный узел связи (ТМнУС), прежде Международная телефонная станция (МнТС).

В перспективной системе нумерации в качестве префиксов выхода на междугородную и международную сети будут применяться 0 или 00, соответственно (в настоящее время это префиксы 8 или 8–10), а выход на все экстренные службы будет выполняться по единому номеру 112. Виды префиксов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Префиксы выхода на Мг/Мн направления

| Вид префикса | В настоящее время | В перспективе |
|-------------------------------------|-------------------|---------------|
| Для выхода в междугородную ТЛФ-сеть | 8 | 0 |
| Для выхода в международную ТЛФ-сеть | 8–10 | 00 |

Длина международного номера вместе с кодом страны (α , $\alpha\beta$ или $\alpha\beta\gamma$), но без префиксов, может меняться в пределах от 11 до 15 символов. Примеры международных телефонных вызовов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Варианты международных телефонных вызовов из РФ

| Направление | Международный префикс | Код страны | Код зоны | Номер тлф в зоне | Всего знаков |
|-------------|-----------------------|------------|----------|------------------|--------------|
| Ростов | 8–10 | 7 | 863 | 24 xxxxxx | 11 |
| Ереван | 8–10 | 374 | 10 | 22 13 xx | 11 |
| Киев | 8–10 | 380 | 44 | 276 89 xx | 12 |
| Париж | 8–10 | 33 | 1 | xxxx xxxx | 11 |
| Марсель | 8–10 | 33 | 491 | xx xxxx | 11 |

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

При закрытом плане нумерации, телефонное соединение любого вида (местное, внутризонавое, междугородное) устанавливается набором национального номера. В РФ, при установлении внутризонавого соединения применяется 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 внутризонавое и междугородное телефонные соединения – набором национального номера с префиксом Пн.

При установлении телефонного соединения в сети подвижной связи используется закрытый план нумерации с префиксом Пн. Например, 8928xxxxxxx.

В зависимости от ёмкости сети нумерация на ГТС может быть 5-, 6- или 7-значной. Если ёмкость сети не превышает 10 тыс. номеров (нерайонированная) или 80 тыс. номеров (районированная), то используется 5-значная нумерация.

Зоновый телефонный номер, однозначно определяющий конечный элемент местной сети, в которой используются 6-и, 5-и, 4-х или 3-значные местные номера,

дополняются до 7-и значного номера путём добавления знаков, равных значению x_1 , x_1x_2 , $x_1x_2x_3$ или $x_1x_2x_3x_4$ зонавого 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 или ГТС), показан на рисунке 2. Там же указаны типы и емкости местных сетей и станций. На этом рисунке приведены примеры образования национальных (10-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 зонавый узел связи;

АМТС – автоматическая междугородная телефонная станция;

ЦС, ОС – центральная и оконечная станции СТС;

ОпТС – опорно-транзитная телефонная станция.

АТС – автоматические телефонные станции ГТС, показаны треугольниками с цифрами внутри.

При этом одной цифрой обозначены номера АТС в районированных ГТС без узлообразования, а двумя цифрами – номера АТС в узловых районах. В первом случае в ГТС применяется 5-и значная нумерация, а во втором – 6-значная.

Контрольное задание 1

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. 3.

Таблица 3 – Типы и ёмкости местных сетей. (Варианты к контрольному заданию)

| Н-р 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. |

Номер варианта для зоны 1 определяется по предпоследней цифре шифра, а для зоны 2 – по последней. Для ГТС с шестизначной нумерацией в каждом узловом районе следует показать не больше двух-трёх станций.

2. Количество и ёмкость 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 и её конфигурации.

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

4. В соответствии с выбранной в п.2 нумерацией написать последовательность цифр, которые должен набирать абонент при выходе на сеть:

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

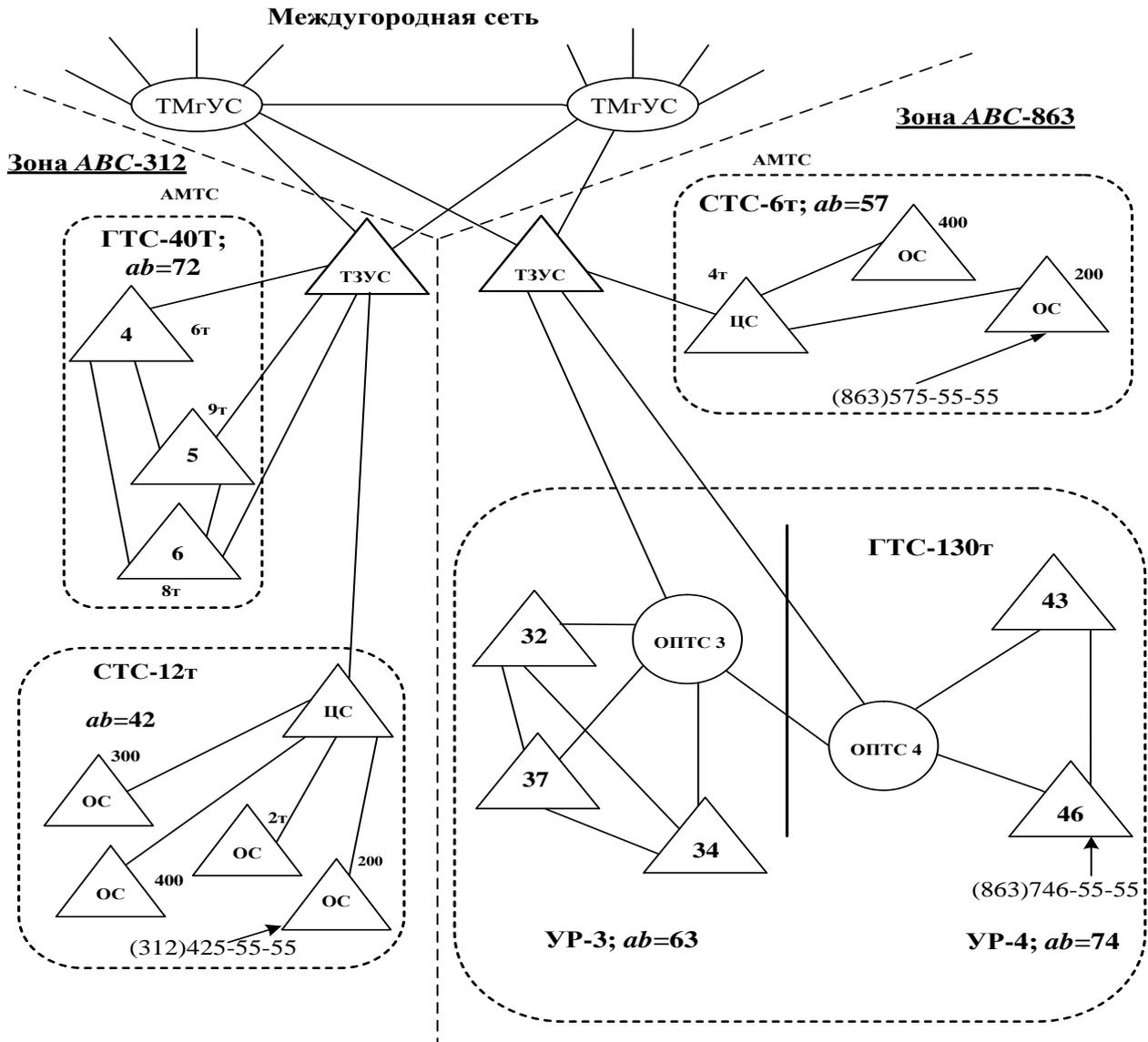


Рисунок 2 – Пример структурной схемы 2-х зон семизначной нумерации

Задача 2 Районирование ГТС

Цель работы: Изучить способы проектирования городских телефонных сетей 3-го класса (ГТС без узлообразования).

Освоить методику определения числа АТС на территории города, местоположения этих АТС и границ телефонных районов.

1.1 Варианты структуры ГТС

В процессе эволюции городской структуры, связанное с увеличением площади, численности населения и расширением хозяйственной деятельности, эволюционирует и структура его телефонной сети. При этом структура сети проходит следующие этапы:

а) Нерайонированная ГТС. Все абоненты подключены к одной единственной АТС, которая соединяется с зоновым узлом связи (ЗУС) и узлом специальной связи (УСС).

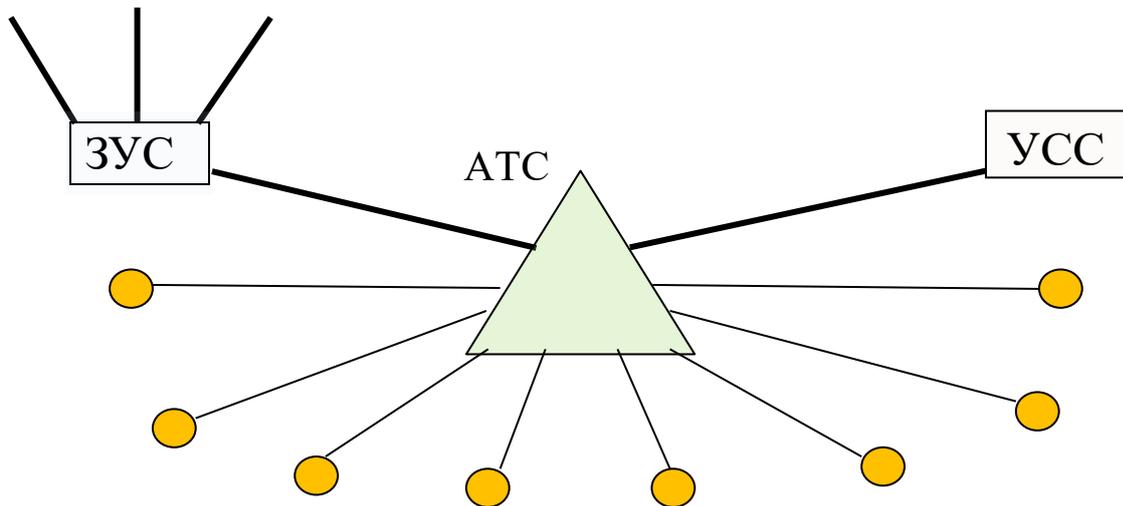


Рисунок 1 – Схема нерайонированной ГТС

б) Районированная ГТС. Несколько АТС соединяются между собой по принципу «каждый с каждым». Сохраняются связи с ЗУС и УСС.

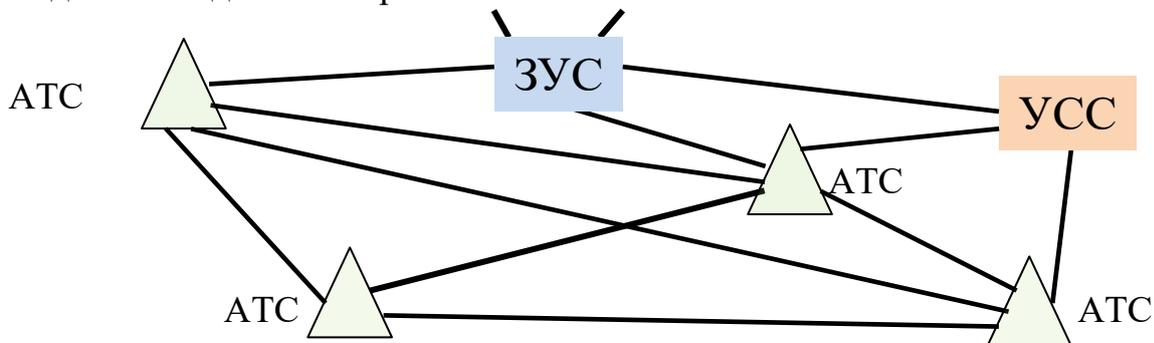


Рисунок 2 – Схема районированной ГТС

в) ГТС с узловыми районами. По мере увеличения числа АТС соединение их между собой по принципу «каждый с каждым» приводит к необходимости органи-

зации чрезмерно большого числа пучков соединительных линий (СЛ) между ними.

Например, для ГТС с 50-ю АТС число пучков СЛ между АТС в такой конфигурации составит 1225. При этом весь телефонный трафик будет разбит на 1225 небольших потоков, что приведёт к неэффективному использованию каналов в каждом пучке. В связи с этим, более целесообразной становится структура ГТС с узловыми районами (УР, рисунок 3).

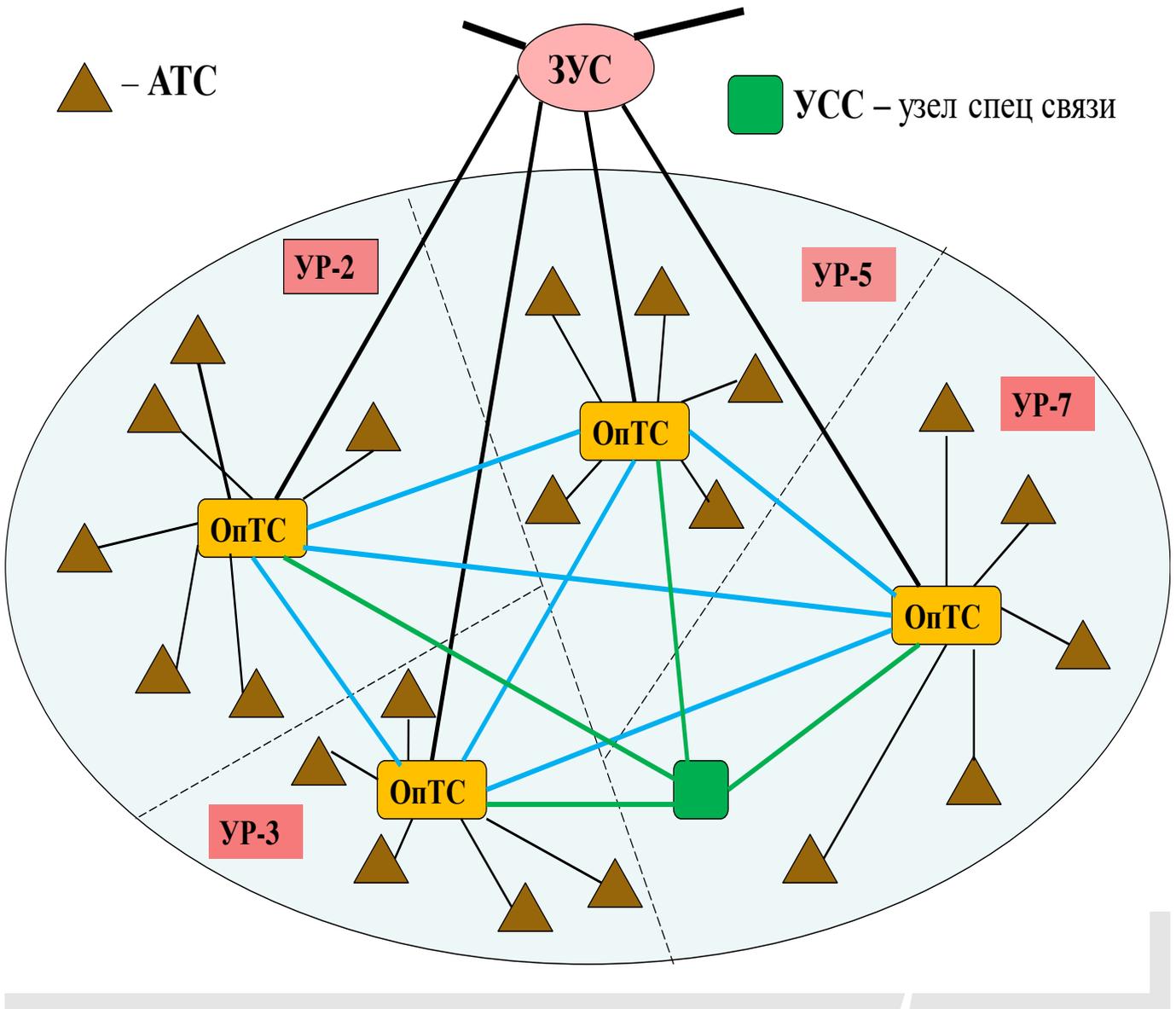


Рисунок 3 – Схема ГТС с УР

Теперь принцип «каждый с каждым» распространяется не на все АТС, а только на опорно-транзитные станции (ОпТС), которые устанавливаются в телефонном центре (ТЦ) УР и к которым по конфигурации «звезда» подключаются другие АТС этого УР.

Численность абонентов в каждой структуре ГТС в период господства аналоговых АТС была строго регламентирована в связи с ограничением до 8-и тысяч числа абонентов для каждой АТС:

- нерайонированная ГТС – до 8-и тысяч абонентов;
- районированная ГТС – до 80-и тысяч абонентов;
- районированная ГТС узлами входящих сообщений (УВС) – до 800 тысяч абонентов;
- районированная ГТС с УВС и узлами исходящих сообщений (УИС) – до 8-и млн. абонентов.

Для аналоговых АТС эти ограничения были связаны со структурой коммутационного поля. Однако, коммутационные поля электронных АТС (ЭАТС) не имеют таких ограничений и могут обслуживать гораздо большее число абонентов (Например, абонентская ёмкость ЭАТС *SI-2000* составляет 40 000 номеров). А с применением выносных абонентских блоков ЭАТС могут обслуживать абонентов и на достаточно большой территории. Кроме того, ушли в прошлое и узлы УВС и УИС. Их функции в узловых районах реализуются программно в ОпТС.

С точки зрения телефонной нумерации необходимо помнить, что каждый УР является 100-тысячной группой и в этом смысле УР может приравниваться к сельским или районированным городским телефонным сетям, которые тоже представляются как 100-тысячные группы.

1.2 Проектирование районированной ГТС

Городская телефонная сеть является примером многоузловой телекоммуникационной сети, в которой АТС (узлы) соединяются между собой многоканальными соединительными линиями (СЛ). Первоочередными исходными данными для проектирования таких сетей являются координаты абонентов на рассматриваемой территории. Естественно, что такие координаты могут быть заданы при небольшом числе абонентов. Например, если проектируется городская корпоративная сеть для объединения нескольких ЛВС корпорации в городскую мультисервисную сеть. Однако, для ГТС, содержащей десятки и сотни тысяч абонентов, указывать в исходных данных координаты каждого телефонного аппарата не представляется возможным.

Решение этой задачи выполняется огрублением исходных данных по координатам абонентов следующим образом. На план телефонизируемой части города наносится координатная сетка (рисунок 4), направление осей координат которой (x , y) совпадает с основным направлением улиц. В каждом квадрате определяется число абонентов. Внутри такого квадрата телефонная плотность принимается равномерной.

Площадь квадрата координатной сетки выбирается исходя из следующих соображений. Чем она меньше, тем точнее можно учесть реальную неравномерность распределения телефонной плотности и, следовательно, получить более точное решение задачи. Однако, с увеличением размерности полученной абонентской матрицы, объём вычислений на ЭВМ возрастает. Обычно минимальные размеры площади квадрата координатной сетки принимаются как $200 \times 200 \text{ м}^2$.

Проектирование районированной ГТС в первую очередь связано с решением таких задач, как определение числа АТС (телефонных районов), границ телефонных районов и местоположения АТС в этих районах.

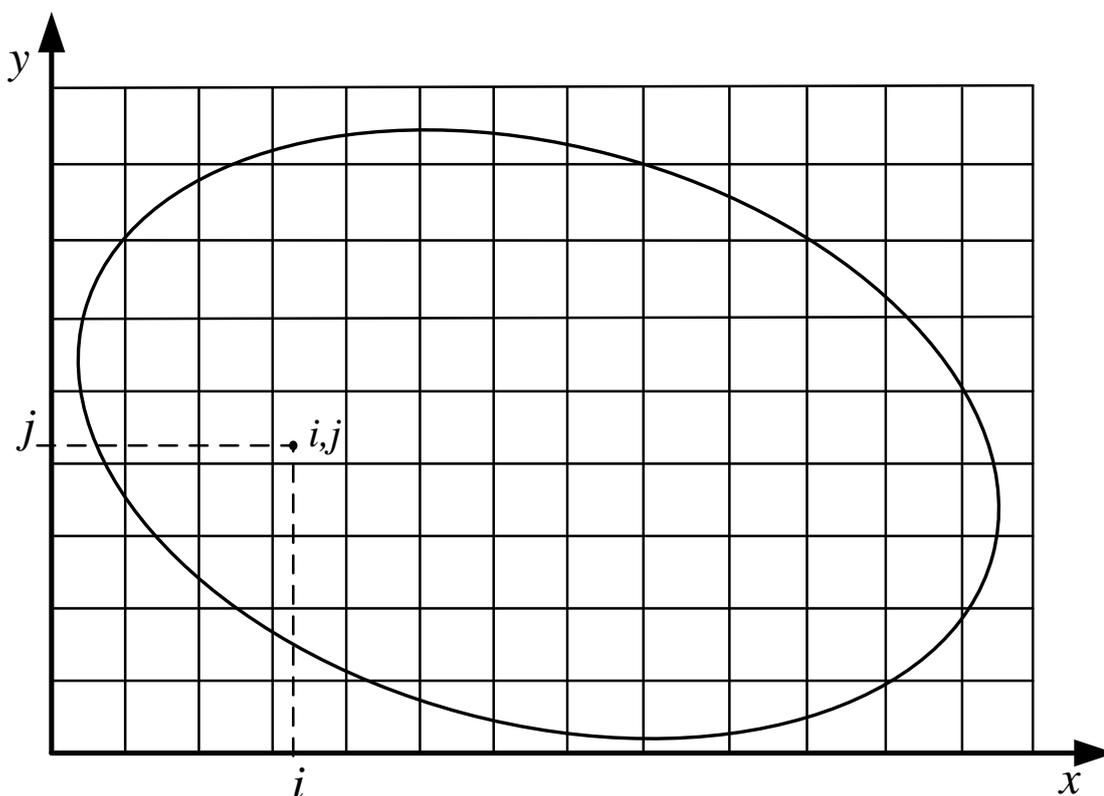


Рисунок 4 – Координатная сетка на карте города

1.3 Определение числа АТС на территории города

В настоящее время нет какого-либо удовлетворительного способа определения оптимального числа АТС хотя бы потому, что проблематичным является и сам критерий оптимальности. Поэтому предложенный ниже способ не может претендовать на какую-либо объективность и может рассматриваться только как предварительная оценка необходимого числа АТС в городской черте.

При равномерном распределении телефонной плотности по территории сети ориентировочное число АТС может быть определено с помощью упрощенной модели ГТС, полученной при следующих очень существенных допущениях:

- проектируемый район представляется в виде квадрата, площадь которого равновелика площади телефонизируемой городской территории;
- телефонная плотность по территории сети распределена равномерно;
- абонентский кабель прокладывается по взаимно перпендикулярным направлениям.

Обозначим:

N – количество абонентов в сети (номеров);

L – сторона квадрата равновеликого территории сети (км);

n – количество АТС в сети;

$C_{ст}$ – затраты на строительство одной АТС, которые включают в себя стоимость здания и коммутационного оборудования;

$C_{ал}$ – затраты на одну км-пару абонентской линии.

Пренебрегая затратами на межстанционные СЛ, можно получить следующее соотношение для оптимального числа АТС в ГТС:

$$n = [C_{ал} * L * N / (4C_{ст})]^{2/3} \quad (1)$$

Пример 1

Для координатной сетки, представленной на рисунке 6, размеры одного квадрата составляют $500 \times 500 \text{ м}^2$, а число абонентов указано в центре квадрата как число сотен абонентов. Требуется ориентировочно определить число АТС.

Исходные данные:

$C_{ст}$ – затраты на одну АТС – 800 000 у.е.;

$C_{ал}$ – затраты на км-пару абонентского кабеля – 40 у.е.

Решение

1 Ёмкость ГТС определяется как сумма чисел сотен абонентов в каждом квадрате сети (рисунок 6) и составляет 58 500 номеров.

2 Общая площадь телефонизируемой территории, исходя из числа квадратов (72 квадрата с учётом краевых эффектов), составляет $P = (500 \times 500) 72 = 18 \text{ км}^2$.

3 При замене территории ГТС равновеликим квадратом, получим длину его стороны $L = \sqrt{18} = 4,2 \text{ км}$.

4 Оптимальное число АТС, определённое по формуле (1), составит 2 АТС:

$$n = [40 * 4,2 * 58\,500 / (4 * 800\,000)]^{2/3} \approx 2$$

Разумеется, что приступать к конкретному проектированию ГТС с числом АТС, полученным с такими существенными допущениями, нельзя. Однако не существует какого-либо иного способа уточнения числа АТС, кроме прямого перебора различных значений n . Это так называемый синтез через анализ, сущность которого состоит в анализе большого количества вариантов ГТС с различным числом АТС, определения их оптимальности по какому-либо критерию (например по стоимости) и выбора таким образом наилучшего числа АТС, т.е. значения $n_{опт}$.

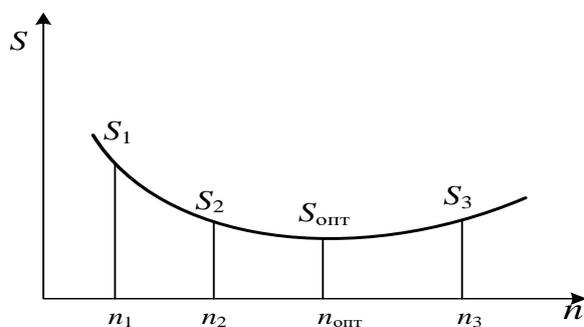


Рисунок 5 График зависимости стоимости ГТС от числа АТС, $S(n)$

Однако поиск оптимального числа АТС можно сделать и целенаправленным, чтобы не перебирать большое число вариантов. Например, если ГТС может содержать от 1-й до 50-и АТС, то не обязательно выполнять экономический анализ для каждого варианта.

Проиллюстрируем процедуру поиска оптимального значения числа АТС. Пусть по формуле (1) найдено число АТС n_1 (рисунок 5) и определена соответствующая

ей стоимость сети S_1 . Увеличим число АТС, т.е. Возьмём $n_2 > n_1$ и определим новую стоимость сети S_2 . Если стоимость уменьшилась ($S_2 < S_1$), то тенденцию увеличения числа АТС можно продолжить. Выбираем число АТС $n_3 > n_2$ и определяем новую стоимость ГТС – S_3 . Если окажется, что $S_3 > S_2$, значит оптимальное число АТС лежит в пределах $n_2 < n_{\text{опт}} < n_3$ и его значение может быть найдено после очередных проверок.

Следует отметить, что кривая $S(n)$ в области оптимального значения $n_{\text{опт}}$, как правило, имеет пологий характер. Поэтому не стоит особенно усердствовать в поисках точного значения оптимального числа АТС, тем более что многие исходные данные на проектирование ГТС уже носят очень приближённый характер.

1.4 Определение местоположения АТС и границ телефонных районов (алгоритм И. Раппа)

Проектирование ГТС в части расположения АТС и определения границ телефонных районов проводится по следующей итерационной процедуре, выполняемой для каждого телефонного района (для каждой АТС):

- после определения числа АТС, например, по формуле (1), на основе эвристического анализа плана города, станции размещаются ориентировочно в местах с наибольшей телефонной плотностью;
- межстанционные границы определяются, например, по принципу «каждый абонент подключается к ближайшей АТС»;
- для каждого телефонного района (ТР) по алгоритму Раппа, на основании анализа распределения телефонной плотности в этом ТР определяются координаты телефонного центра (ТЦ);
- АТС перемещается в ТЦ, что обеспечивает минимальную суммарную длину абонентских линий;
- после перемещения в ТЦ всех АТС определяются новые границы ТР;
- в новых границах ТР определяются новые координаты ТЦ;
- для новых координат ТЦ определяются новые границы ТР;
- в новых границах ТР определяются новые координаты ТЦ.

Итерационная процедура заканчивается, когда очередные перемещения АТС становятся пренебрежимо малыми.

На рисунке 6 представлена схема ГТС, в которой для ТР выбраны одинаковые площади, а две АТС расположены в геометрических центрах этих ТР.

Числа справа от границы заданной территории представляют количество сотен абонентов по горизонтальным полосам, а 2 ряда чисел вверху и внизу соответствуют количеству сотен абонентов по полосам в верхнем и нижнем ТР, соответственно.

Числа в верхнем (правом) и нижнем углах рисунка 6 представляют общее количество абонентов в верхнем и нижнем ТР, соответственно. В соответствии с этими числами к верхней АТС (АТС1) должно подключаться 24 500 абонентов, а к нижней (АТС2) – 34 000 абонентов.

Пример 2

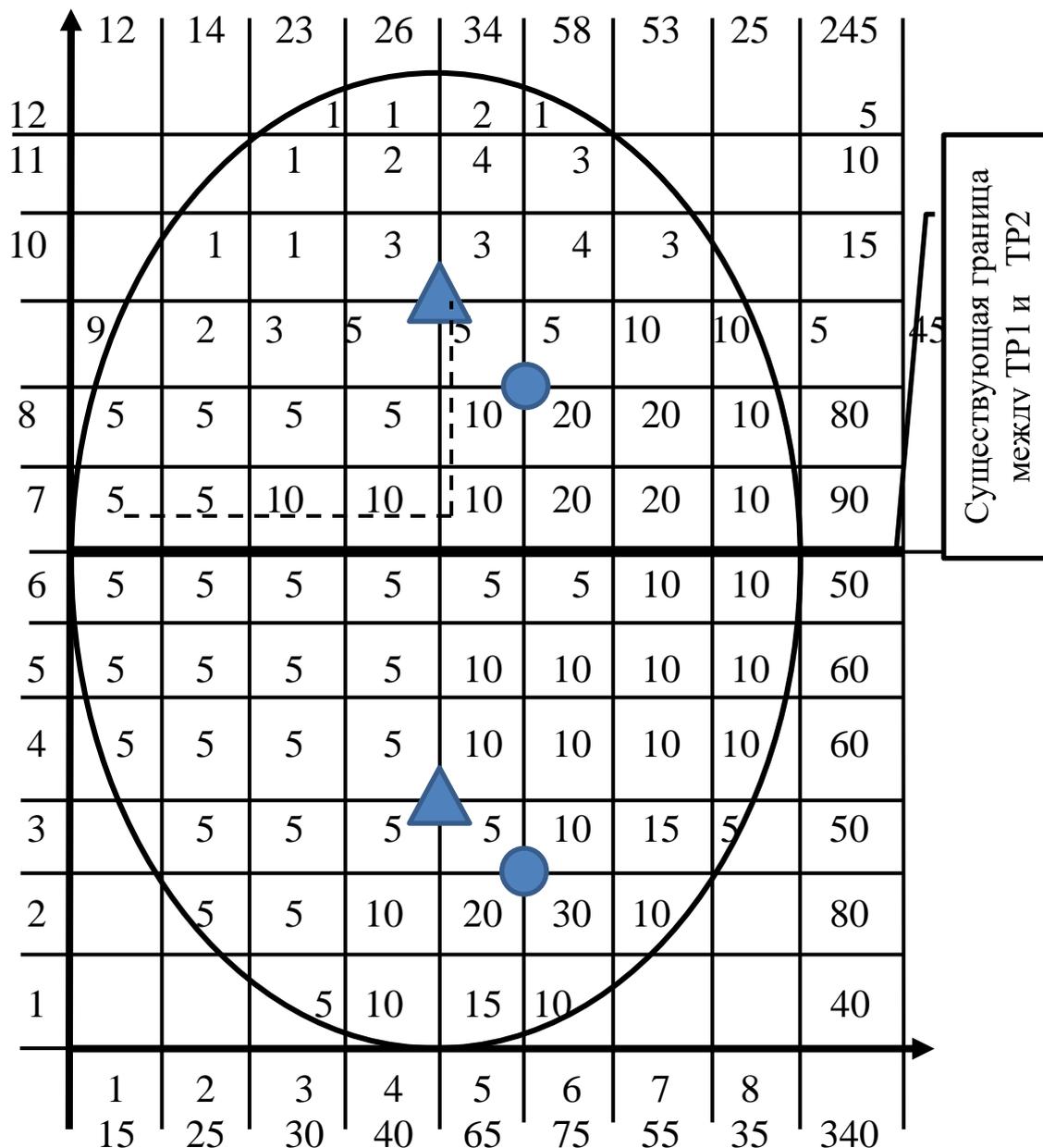


Рисунок 6 – Схема исходного расположения АТС 2-х районной ГТС

Определим координаты ТЦ для верхнего ТР (ТР1) в соответствии с алгоритмом Раппа. Для этого найдём вертикаль, разделяющую ТР1 на примерно одинаковые (по числу абонентов) части. После нескольких проб устанавливаем, что наилучшее приближение даёт вертикаль между 5-й и 6-й полосами (вертикаль В – 5,6).

Поиск горизонтали, разделяющей ТР1 на примерно равные части, определит Г– 8,9. Следовательно ТЦ, минимизирующий суммарную длину абонентских линий в ТР1, имеет координаты (Г– 8,9; В – 5,6). На рисунке 6 телефонный центр ТЦ1 отмечен кружочком.

Аналогичные процедуры для ТР2 определяют координаты ТЦ2 (Г–2,3; В –5,6).

В соответствии с итерационной процедурой, описанной выше, необходимо пе-

перенести обе АТС в найденные телефонные центры и определить новую границу между телефонными районами (рисунок 7).

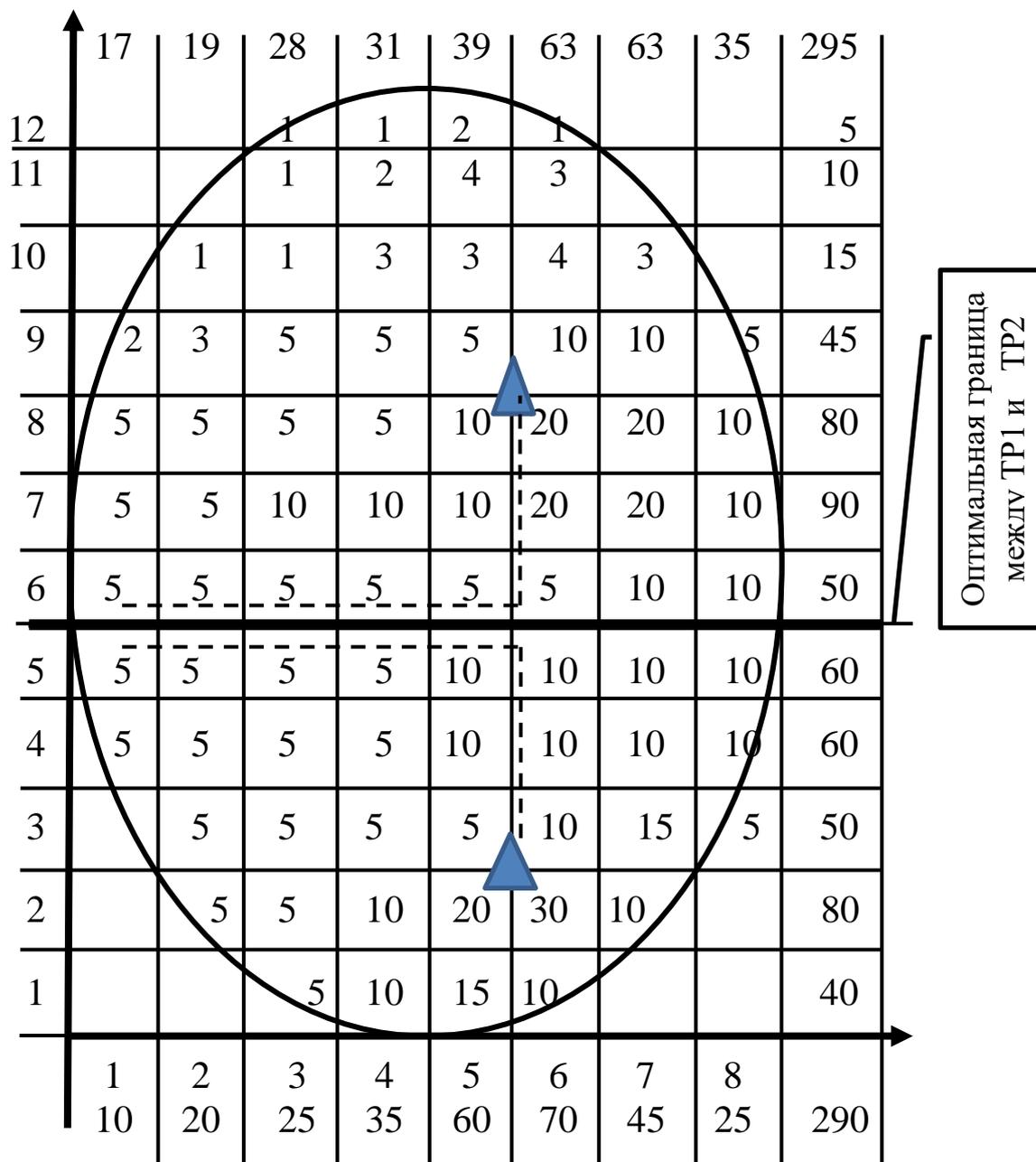


Рисунок 7 – Схема 2-х районной ГТС с новыми координатами АТС

Дальнейшего улучшения координат ТЦ в TR1 или TR2 в итерационном процессе по алгоритму Раппа не происходит. Следовательно, найденные границы телефонных районов и координат ТЦ в них (рисунок 7) считаются окончательными.

1.5 Выбор типа кабеля для абонентских линий

Основной характеристикой кабеля, применяемого для абонентских линий, является диаметр медной жилы, так как этот диаметр определяет сечение токопрово-

дящей жилы, а, следовательно, и величину погонного затухания электрических сигналов в этом кабеле.

Для проведения расчётов необходимо иметь данные о типах кабелей и их характеристиках. В соответствии с Нормами технологического проектирования НТП 120-2000 для абонентских линий рекомендуется применять телефонные кабели с полиэтиленовой изоляцией в полиэтиленовой оболочке с алюмополиэтиленовым экраном типа ТППЭп (ГОСТ 22498-88). Конструктивные характеристики некоторых из этих кабелей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Конструктивные характеристики телефонных кабелей связи

| Наименование и марка кабелей | Диаметр жил, мм | Затухание на $f = 800$ Гц, дБ/км | Число пар (жил) |
|--|-----------------|----------------------------------|-----------------|
| Кабель телефонный с полиэтиленовой изоляцией в полиэтиленовой оболочке с алюмополиэтиленовым экраном ТППЭп | 0,4 | 1,54 | 10 ÷ 1200 |
| | 0,5 | 1,23 | 5 ÷ 900 |
| | 0,64 | 0,95 | 10 ÷ 500 |

Выберем кабель, ориентируясь на норму по максимальному затуханию в абонентской линии $Z \leq 4,3$ дБ. Допустимое километрическое затухание зависит от длины абонентской линии и определяется как $D = Z / L$, где L – максимальная длина абонентской линии.

Примем условие, что на всей территории ТР применяется кабель одного типа, а в разных ТР кабель может быть различным. Из рисунка 7 видно, что максимально удалённым квадратом от АТС1 является квадрат с координатами (1;6). Расстояние измеряется по взаимно перпендикулярным улицам (в нашем случае по координатной сетке) от АТС1 до центра наиболее удалённого квадрата (см. штриховую линию на рисунке 7). Напомним, что шаг координатной сетки составляет 0,5 км. Для ТР1 максимальная длина абонентской линии окажется равной $L_1 = 7 \times 0,5$ км = 3,5 км.

Аналогичный расчёт для ТР2 покажет, что $L_2 = 3,5$ км. Это расстояние между АТС2 и центром квадрата с координатами (1;5). После этого определяется допустимое километрическое затухание: $D = Z / L = 4,3 / 3,5 = 1,229$ дБ/км.

Обратимся к таблице 1. Кабель с диаметром жилы 0,5 мм обладает затуханием 1,23 дБ/км, т.е. незначительно, но всё же превышает рассчитанное допустимое значение. Следовательно, необходимо выбрать кабель с сечением 0,64 мм с меньшим километрическим затуханием (0,95 дБ/км).

Контрольное задание 2

Изменить телефонную плотность в телефонных районах (Рисунок 6) в соответствии с таблицей 2.

В таблице 2, в соответствии с шифром студенческого билета перечислены те полосы, в квадратах которых число абонентских точек следует умножить на 3.

Таблица 2 – варианты к заданию 1

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|
| Последняя цифра шифра | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Вертикальные полосы | 2,3 | 3,4 | 4,5 | 5,6 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 3,5 | 3,6 | 4,6 |
| Предполс. цифра шифра | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Горизонтальные полосы | 4,5 | 4,6 | 5,6 | 7,8 | 7,9 | 8,9 | 9,10 | 8,10 | 3,4 | 3,5 |

Определить оптимальные места размещения коммутационных станций.

Выполнить следующие расчёты, входящие в проектирование ГТС:

- определение числа АТС, в соответствии с п.1.3;
- определение местоположения АТС и границ телефонных районов в соответствии с п.1.4;
- определение задействованной ёмкости каждой АТС как общего числа абонентов в новых границах УР;
- определение типа абонентского кабеля в соответствии с п. 1.5.

Задача 3 Узлообразование на ГТС

Цель работы: Изучить способы проектирования городских телефонных сетей с узлообразованием. Освоить методику выбора местоположения Опорно-транзитных телефонных станций (ОпТС).

2.1 Модель ГТС при решении задачи узлообразования

Узлообразование вводится на ГТС для укрупнения пучков каналов межстанционных связей с целью увеличения их использования. Например, если организовать передачу телефонной нагрузки в 12 Эрл при величине потерь $P = 0,001$ по 4-м пучкам (т.е. по 3 Эрл в каждом пучке), то в соответствии с формулой Эрланга потребуется 40 каналов (по 10 каналов в каждом пучке). Если же объединить эти 4 потока в один общий поток (12 Эрл), то при той же величине потерь достаточно 24-х каналов. Коэффициент использования каналов в мелких пучках равен $k = 12/40 = 0,3$. При объединении мелких потоков в общий пучок коэффициент использования каналов повышается до $k = 12/24 = 0,5$. Разница существенная.

При разделении крупной ГТС на узловы районы (УР) вместо соединения каждой АТС со всеми другими АТС города малоканальными пучками, выполняется концентрация потоков внутри УР к ОпТС. Теперь соединение по принципу «каждый с каждым» организуется только между ОпТС крупными пучками.

Отметим, что при организации большого числа малоканальных пучков речь не идёт о создании громадного числа траншей и канализаций. Все эти пучки могут проходить в одной канализации и даже в одном многоканальном пучке. Весь смысл только в укрупнении пучков каналов (т.е. потоков) для повышения коэффициента загрузки каналов.

Особенностью проблемы узлообразования является, как правило, охват значительно большей территории ГТС, чем при районировании. На больших площадях территории города обычно не обеспечивается регулярное взаимно перпендикуляр-

ное расположение улиц, а, следовательно, и трасс прокладки кабельной канализации.

В соответствии с алгоритмом И. Раппа (Занятие 1) итерационный процесс включает в себя определение границ УР, а также выбор местоположения узлов (ОпТС).

2.2 Выбор ОпТС в границах узлового района

Пусть, например, отражением реальной телефонной сети УР города является граф (рисунок 1), в котором вершинами являются АТС – места возможного размещения узла (ОпТС), а рёбрами – трассы прокладки кабельной канализации. Длины ветвей данного графа заданы матрицей R .

Симметричность матрицы R относительно главной диагонали показывает, что все ветви изображённого на рисунке 1 графа – неориентированные, т.е. пучки прямых и обратных каналов проходят по одним и тем же канализациям. Аналогично, симметричными будут и числа каналов в прямых и обратных пучках каналов. Это связано со спецификой двусторонних телефонных разговоров, в отличие от асимметричного межкомпьютерного обмена.

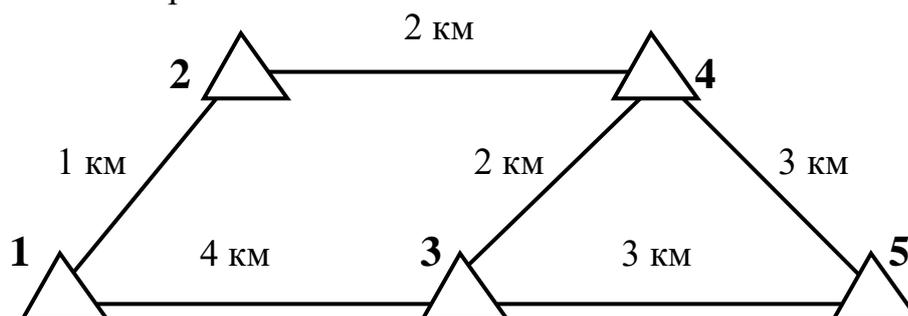


Рисунок 1 – Схема узлового района.

$$R[\text{км}] = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 4 & - & - \\ 1 & 0 & - & 2 & - \\ 4 & - & 0 & 2 & 3 \\ - & 2 & 2 & 0 & 3 \\ - & - & 3 & 3 & 0 \end{vmatrix}$$

При организации УР условимся, что ОпТС будет создаваться не на новом месте, а в расположении одной из АТС данного УР. Если внутри УР применяются кабели одного типа, то задача сводится к определению минимальной суммарной протяжённости каналов соединительных линий от всех АТС к ОпТС.

Преобразуем матрицу длин ветвей R в матрицу кратчайших междуузловых расстояний Q .

При определении кратчайших путей между выбранной парой узлов нужно искать именно кратчайший путь. Например, расстояние между узлами 1 и 4 (q_{1-4}) может измеряться по 3-м различным путям в матрице R : 1-2-4, 1-3-4 или 1-3-5-4. Длина

этих путей будет равна 3-м, 6-и и 10-и км, соответственно. Поэтому в матрице Q в позиции q_{1-4} указывается кратчайшее расстояние – 3 км.

$$Q[\text{км}] = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 4 & 3 & 6 \\ 1 & 0 & 4 & 2 & 5 \\ 4 & 4 & 0 & 2 & 3 \\ 3 & 2 & 2 & 0 & 3 \\ 6 & 5 & 3 & 3 & 0 \end{vmatrix}$$

Задачу выбора местоположения ОпТС в заданных границах УР можно свести к задаче отыскания медианной вершины графа.

В теории графов под медианой графа понимается вершина, у которой на заданном графе межузловых расстояний сумма кратчайших расстояний от неё до вершин графа является минимальной. Чтобы найти медиану графа, нужно подсчитать сумму значений всех столбцов матрицы кратчайших расстояний (Q) и взять номер столбца с минимальным значением. Для графа на рисунке 1 суммы по столбцам матрицы Q представятся рядом значений 14, 12, 13, 10, 17. Следовательно, медианой этого графа будет вершина «4» и, если, например, нужно найти место для размещения базы снабжения в сети дорог, то узел «4» будет оптимальным решением (рисунок 2).

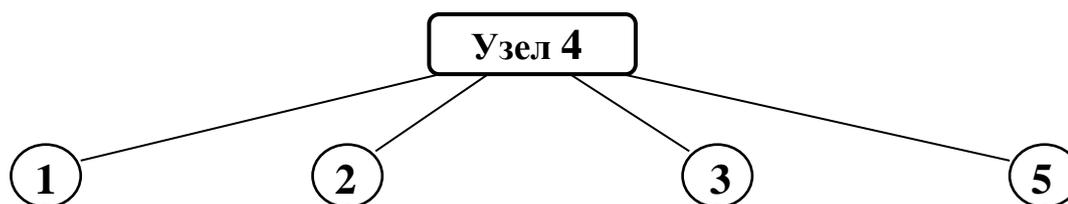


Рисунок 2 – Медианная структура связей для схемы рисунка 1

Однако, для выбора места расположения ОпТС нужно учитывать два фактора:

- топологию графа (с этой точки зрения выбран узел 4);
- мощность узла в смысле количества соединительных линий (СЛ), подключаемых к нему от других АТС.

Для учёта 2-го фактора необходимо знать числа СЛ, которыми к выбранной ОпТС должны подключаться другие АТС (назовём эти числа мощностью или весом узла). Пусть эти числа задаются рядом: $V_1 = 40$; $V_2 = 50$; $V_3 = 10$; $V_4 = 30$; $V_5 = 20$. Числа V_i представляют собой числа СЛ в формате 30-канальных групп ИКМ-30 (Европейский стандарт $E1 - 2048$ кбит/с). Т.е. реальные числа каналов исходящих (входящих) из этих узлов будут составлять: $v_1 = 1200$; $v_2 = 1500$; $v_3 = 300$; $v_4 = 900$; $v_5 = 600$ основных цифровых каналов (64 кбит/с).

Для учёта обоих факторов преобразуем матрицу кратчайших расстояний Q в матрицу D путём умножения её i -ых строк на значения V_i . Получим матрицу D .

Эта матрица больше подходит для оптимизации структуры сети УР, так как теперь стоимость пучков СЛ практически зависит как от их длины, так и от числа каналов в них.

$$D \text{ [кан-км]} = \begin{vmatrix} 0 & 40 & 160 & 120 & 240 \\ 50 & 0 & 200 & 100 & 250 \\ 40 & 40 & 0 & 20 & 30 \\ 90 & 60 & 60 & 0 & 90 \\ 120 & 100 & 60 & 60 & 0 \end{vmatrix}$$

Просуммировав значения в столбцах матрицы D , получим ряд значений: 300; 240; 480; 300; 610. Медианной вершиной графа D будет вершина 2. Таким образом, при минимизации суммы только кратчайших расстояний в качестве опорного узла определялся узел 4 (медиана графа Q), а при минимизации и с учётом мощности канальных пучков (т.е. когда минимизируются не километры, а канало-километры) в качестве ОпТС определяется узел 2. Именно АТС2 должна стать ОпТС данного узлового района, чтобы минимизировать затраты на каналобразующую систему данного УР.

Необходимо пояснить – как сочетаются требования к звездообразному характеру потоков в УР (все АТС связаны только со своей ОпТС) с ячеистой конфигурацией физической структуры сети. Рисунок 3 показывает как должны потоки в УР накладываться на физическую схему УР, если АТС2 становится ОпТС.

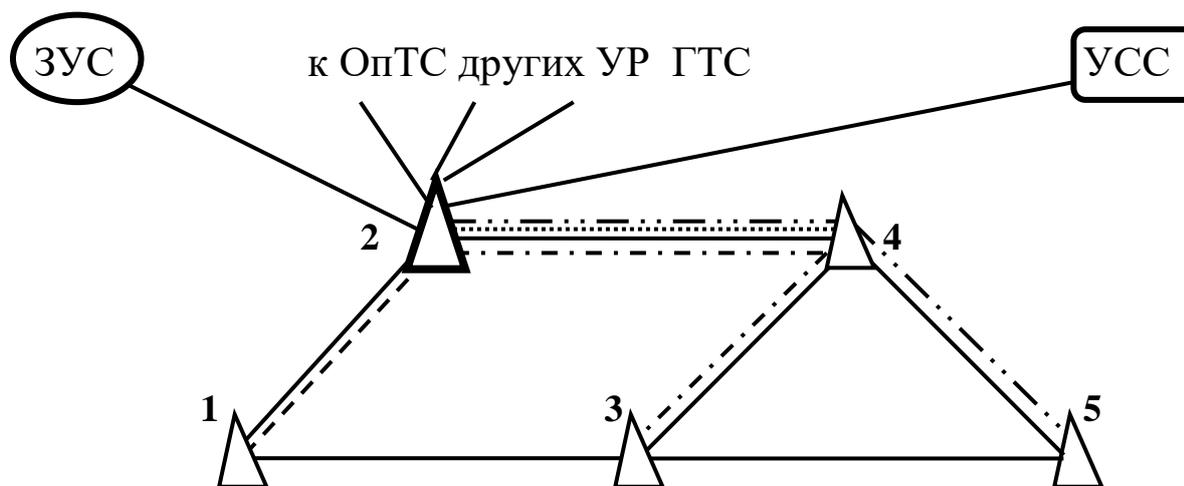


Рисунок 3 – Схема коммутации потоков в УР

Звездообразность потоков фактически обеспечивается соответствующей коммутацией каналов (в данном случае в АТС4). Заметим, что в ветви 2-4 пучки соединительных линий могут быть в одной или в разных траншеях. Они могут быть и в одном многопарном кабеле или даже иметь разную физическую структуру. Для рассматриваемого метода важно, чтобы стоимость кан-км СЛ была в каждом пучке одинакова.

Рисунок 4 поясняет, как реально ориентированы потоки (телефонные коммутации) после преобразования группы из 5 АТС (рисунок 8) в структуру УР.

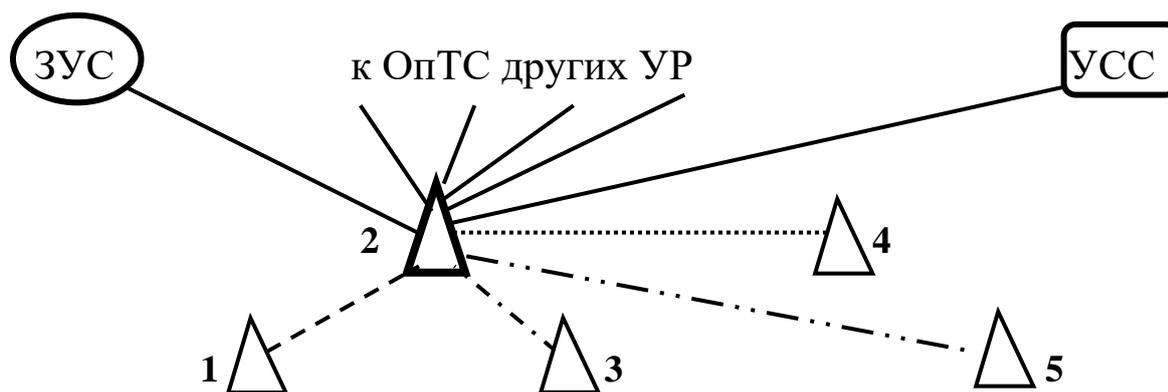


Рисунок 4 – Схема потоков в УР

Контрольное задание 3

Для схемы УР (Рисунок 1) и межузловых расстояний (Матрица R) выбрать ОпТС, применяя распределение весов узлов (АТС), представленное в таблице 3 по вариантам задания.

В отчёте представить:

- исходные данные вместе с матрицами R и Q ;
- матрицу кан-км в УР (матрица D);
- схему прохождения потоков (в соответствии с рисунком 10);
- схему внешних связей ОпТС.

Таблица 3 – Варианты исходных данных задания 2

| Номер варианта | Вес узла (число канальных групп ИКМ-30) | | | | |
|----------------|---|-------|-------|-------|-------|
| | V_1 | V_2 | V_3 | V_4 | V_5 |
| 1 | 20 | 30 | 15 | 40 | 80 |
| 2 | 80 | 10 | 10 | 20 | 35 |
| 3 | 30 | 20 | 20 | 30 | 50 |
| 4 | 60 | 70 | 80 | 40 | 20 |
| 5 | 20 | 10 | 30 | 30 | 40 |
| 6 | 25 | 30 | 80 | 60 | 75 |
| 7 | 30 | 10 | 50 | 25 | 20 |
| 8 | 10 | 20 | 80 | 60 | 50 |
| 9 | 30 | 25 | 30 | 40 | 70 |
| 10 | 70 | 10 | 50 | 20 | 40 |
| 11 | 80 | 30 | 15 | 40 | 80 |
| 12 | 30 | 10 | 10 | 20 | 35 |
| 13 | 30 | 60 | 40 | 30 | 50 |
| 14 | 10 | 70 | 20 | 40 | 20 |
| 15 | 60 | 10 | 30 | 70 | 40 |
| 16 | 25 | 30 | 10 | 60 | 75 |
| 17 | 30 | 80 | 20 | 25 | 20 |
| 18 | 70 | 20 | 30 | 60 | 50 |
| 19 | 30 | 40 | 30 | 50 | 70 |

| | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|
| 20 | 20 | 80 | 50 | 20 | 40 |
| 21 | 50 | 30 | 15 | 40 | 10 |
| 22 | 20 | 10 | 40 | 20 | 35 |
| 23 | 30 | 80 | 20 | 30 | 20 |
| 24 | 60 | 70 | 10 | 40 | 20 |
| 25 | 20 | 70 | 30 | 10 | 40 |
| 26 | 50 | 30 | 80 | 60 | 15 |
| 27 | 30 | 60 | 50 | 25 | 20 |
| 28 | 40 | 20 | 10 | 60 | 50 |
| 29 | 80 | 25 | 30 | 40 | 70 |
| 30 | 10 | 10 | 50 | 20 | 40 |

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 состав ГТС новой АТС.

В соответствии с методом Раппа предполагается, что включение в сеть новой АТС не окажет влияния на исходящие потоки нагрузок в существующих АТС. Т.е. для существующих АТС произойдёт только перераспределение исходящей нагрузки без изменения её общей величины, а нагрузка на новую станцию будет создаваться за счет пропорционального снижения нагрузки от существующих направлений и передачи этих нагрузок на направления к новой АТС.

Пусть матрица тяготений Y потоков нагрузки до включения новой АТС размерности $n \times n$ имеет вид:

$$\begin{array}{c}
 Y = \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ \cdot \\ n \end{array} \left[\begin{array}{cccc}
 & 1 & 2 & \dots & n \\
 Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1n} \\
 Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2n} \\
 \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\
 Y_{n1} & Y_{n2} & \dots & Y_{nn}
 \end{array} \right]
 \end{array}
 \left| \begin{array}{l}
 Y_i \\
 \sum_{j=1}^n Y_{1j} = Y_1 \\
 \\
 \sum_{j=1}^n Y_{nj} = Y_n
 \end{array} \right.$$

$$\begin{array}{c}
 Y'_i \\
 \sum_{i=1}^n Y_{i1} = Y'_1 \dots \sum_{i=1}^n Y_{in} = Y'_n
 \end{array}
 \left| \begin{array}{l}
 M
 \end{array} \right.$$

Исходящие и входящие потоки нагрузок для каждой АТС определяются суммированием соответствующих строк и столбцов матрицы. Здесь Y_i – общая исходящая нагрузка из i -ой АТС (сумма i -й строки), а Y'_i – общая входящая нагрузка в i -ую АТС (сумма i -го столбца). Общая исходящая нагрузка на сети равна общей входящей нагрузке и определяется как сумма всех 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} и такую же входящую. Внутрисканционную нагрузку новой АТС обозначим как $Y_{n+1, n+1}$.

Для организации в матрице Y столбца $(n + 1)$ входящей нагрузки в АТС $_{n+1}$, необходимо снять с существующих АТС часть их исходящей нагрузки. Доля снятой нагрузки зависит от веса вводимой станции в телефонной сети, т.е. от отношения её исходящей нагрузки к суммарной нагрузке в существующей ГТС. Нагрузка, исходящая из новой АТС к существующим, равна разнице между общей исходящей от новой АТС нагрузки (напомним, что она совпадает с входящей нагрузкой) и её внутрисканционной нагрузкой, т.е.:

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

Примем, что расчёт коэффициента снятия нагрузки производится по формуле:

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

Этот коэффициент 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:

$$Y_{i, n+1} = \begin{pmatrix} \dots xY_1 \\ \dots xY_2 \\ \dots xY_3 \\ \dots \\ \dots xY_n \\ \dots Y'_{n+1, n+1} \end{pmatrix}$$

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

$$Y_{n+1, j} = [xY'_1, xY'_2, \dots, xY'_n, Y_{n+1, n+1}]$$

Тогда новая матрица тяготения (распределения нагрузки) размерности $(n+1) \times (n+1)$ примет вид:

$$Y_{i,j} = \left[\begin{array}{cccccc|c} Y_{11}(1-x) & Y_{12}(1-x) & \dots & \dots & Y_{1n}(1-x) & Y_1x & Y_1 \\ Y_{21}(1-x) & Y_{22}(1-x) & \dots & \dots & Y_{2n}(1-x) & Y_2x & Y_2 \\ Y_{31}(1-x) & Y_{32}(1-x) & \dots & \dots & Y_{3n}(1-x) & Y_3x & Y_3 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Y_{n1} & Y_{n2}(1-x) & \dots & \dots & Y_{nn}(1-x) & Y_nx & Y_n \\ Y_1'x & Y_2'x & \dots & \dots & Y_n'x & Y_{n+1,n+1} & Y_{n+1} \end{array} \right]$$

$$\begin{array}{cccccc|c} Y_1' & Y_2' & \dots & \dots & Y_n' & Y_{n+1} & M + Y_{n+1} \end{array}$$

Общий поток нагрузки на сети увеличился на величину Y_{n+1} , а общие исходящие и входящие потоки нагрузки существующих АТС остались неизменными. На приведённой выше матрице эти потоки обозначены правым столбцом Y_i (исходящие) и нижней строкой Y_i' (входящие).

Контрольное задание 4

Для ГТС полносвязной структуры с шестью АТС проектируется новая АТС №7. Задана матрица тяготений (потоков нагрузки) между существующими АТС размерностью 6×6 Эрл (Таблица 1):

Таблица 1 – Потоки нагрузки между существующими АТС, Эрл

| Номер АТС | 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 2. Входящую на новую АТС нагрузку примем равной исходящей.

Таблица 2 – Исходящая и внутривысходящая нагрузки (варианты к контрольному заданию 4)

| Типы нагрузок в проектируемой АТС | Нагрузки в Эрл. для вариантов (последняя цифра в шифре) | | | | | | | | | |
|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 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 предпоследней цифре шифра | 10 | 15 | 25 | 20 | 18 | 17 | 22 | 19 | 16 | 14 |

Необходимо:

- а) Построить исходную матрицу тяготения размерности 6×6 ;
- б) включить в существующую матрицу тяготения строку и столбец для исходящей и входящей нагрузки проектируемой АТС (матрица 7×7);
- в) определить исходящие и входящие потоки нагрузки для каждой АТС и для сети в целом, т.е. просуммировать строки и столбцы новой матрицы.

Перечень использованных источников

- 1 Нестерова А.В. Методические указания по расчёту распределения нагрузки на городских телефонных сетях с помощью ЭВМ / ВЗЭИС. – М., 1977
- 2 Автоматическая коммутация/ Под редакцией О.Н. Ивановой. – М.: Радио и связь, 1988.
- 3 Гольдштейн Б. С., Соколов Н.А., Янковский Г.Г. Сети связи. Санкт-Петербург «БХВ-Петербург» 2010.