

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



А.А. Нерсесянц

# Проектирование городских телефонных сетей

Методические указания к практическим занятиям

Дисциплина: 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

Нерсисянц А.А. Проектирование городских сетей: методические указания к практическим занятиям по дисциплине: «Сети связи». – Ростов-на-Дону: СКФ МТУСИ, 2019. – 16 с.

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

© Нерсисянц А.А., СКФ МТУСИ, 2019

Профессор кафедры «Инфокоммуникационные технологии и сети связи», д.т.н., с.н.с., Нерсисянц 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. №294. Подписано в печать 11.03.19г. Зак. №308.

Печ. листов 1,0. Учетно-изд. л. 0,8. Печать оперативная. Тир. 15 экз.

Отпечатано в Полиграфическом центре СКФ МТУСИ, Серафимовича, 62.

## Практическое занятие №1

### 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 зональным узлом связи (ЗУС) и узлом специальной связи (УСС).

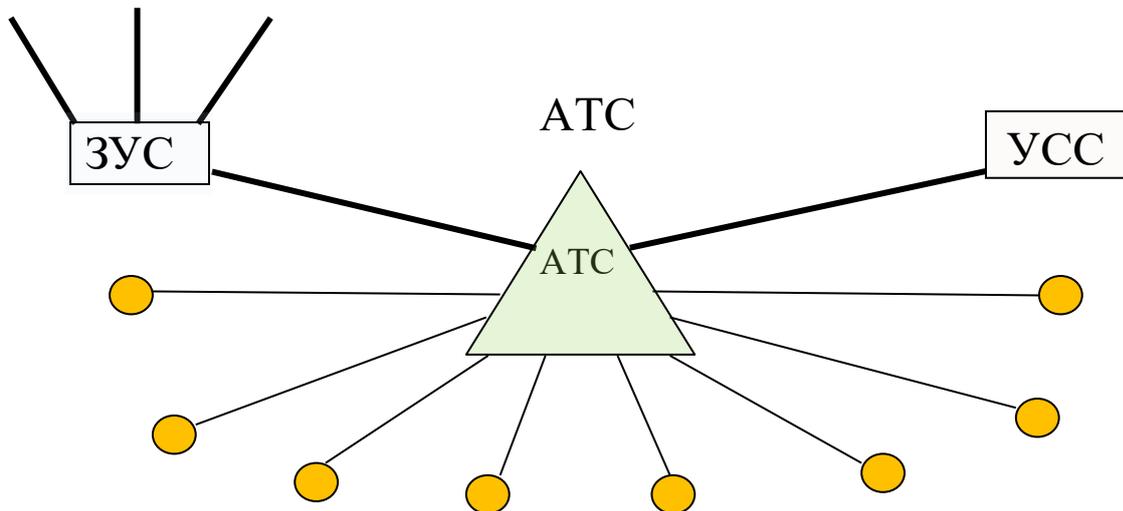


Рисунок 1– Схема нерайонированной ГТС

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

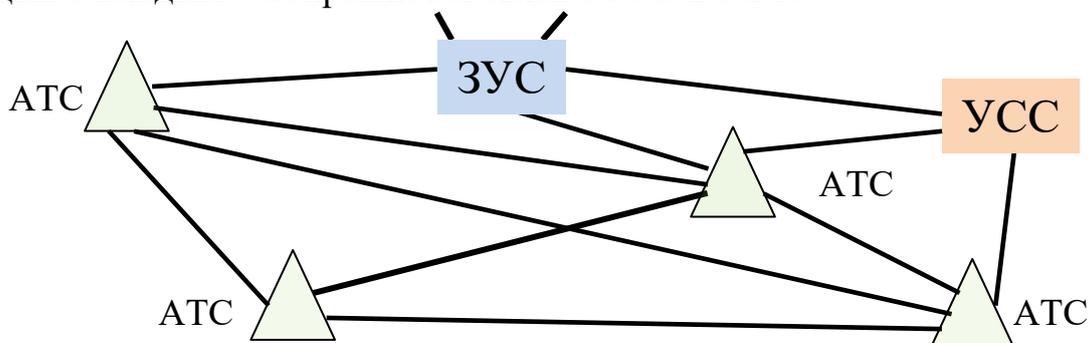


Рисунок 2 – Схема районированной ГТС

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

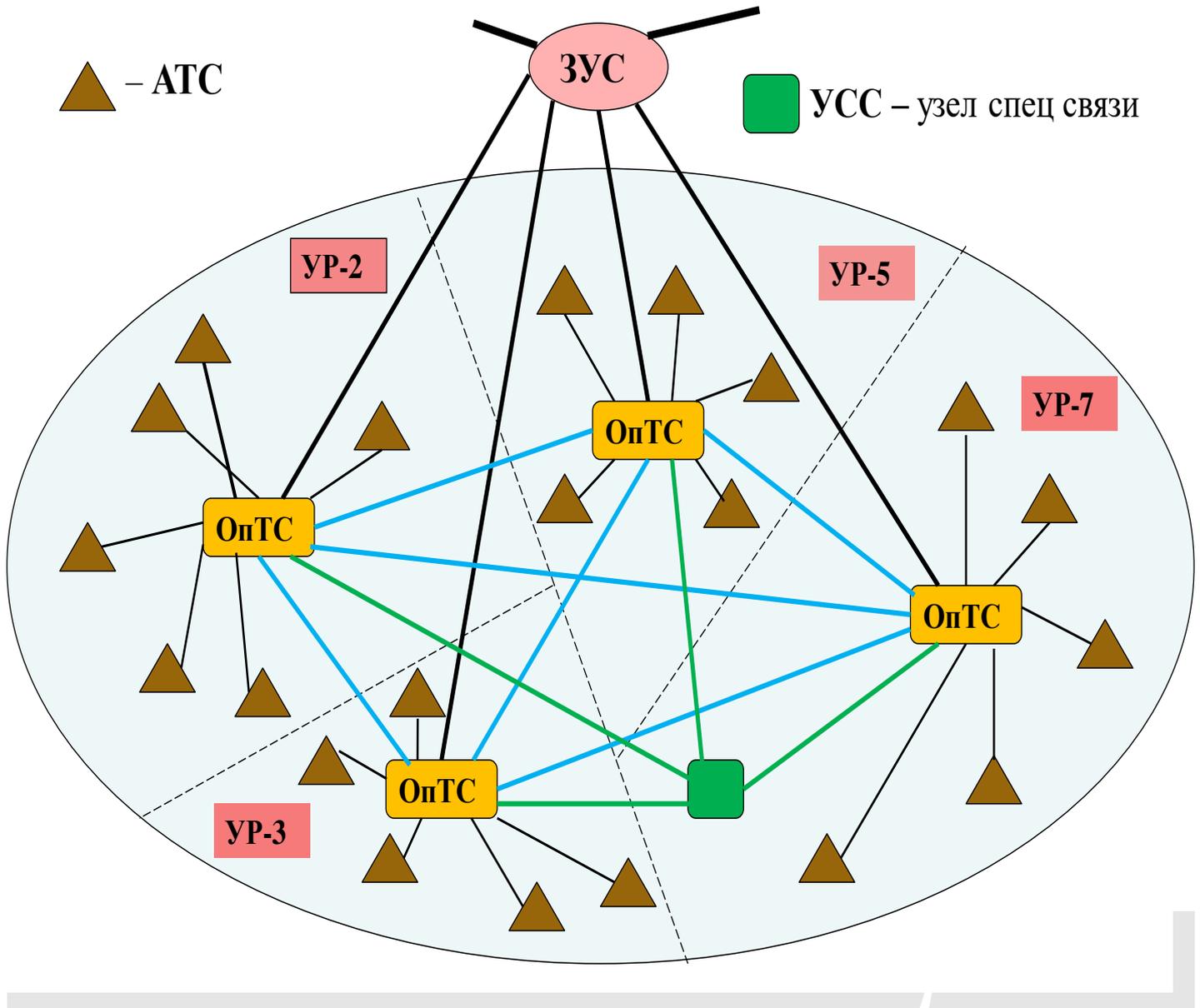


Рисунок 3 – Схема ГТС с УР

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  $200 \times 200 \text{ м}^2$ .

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.

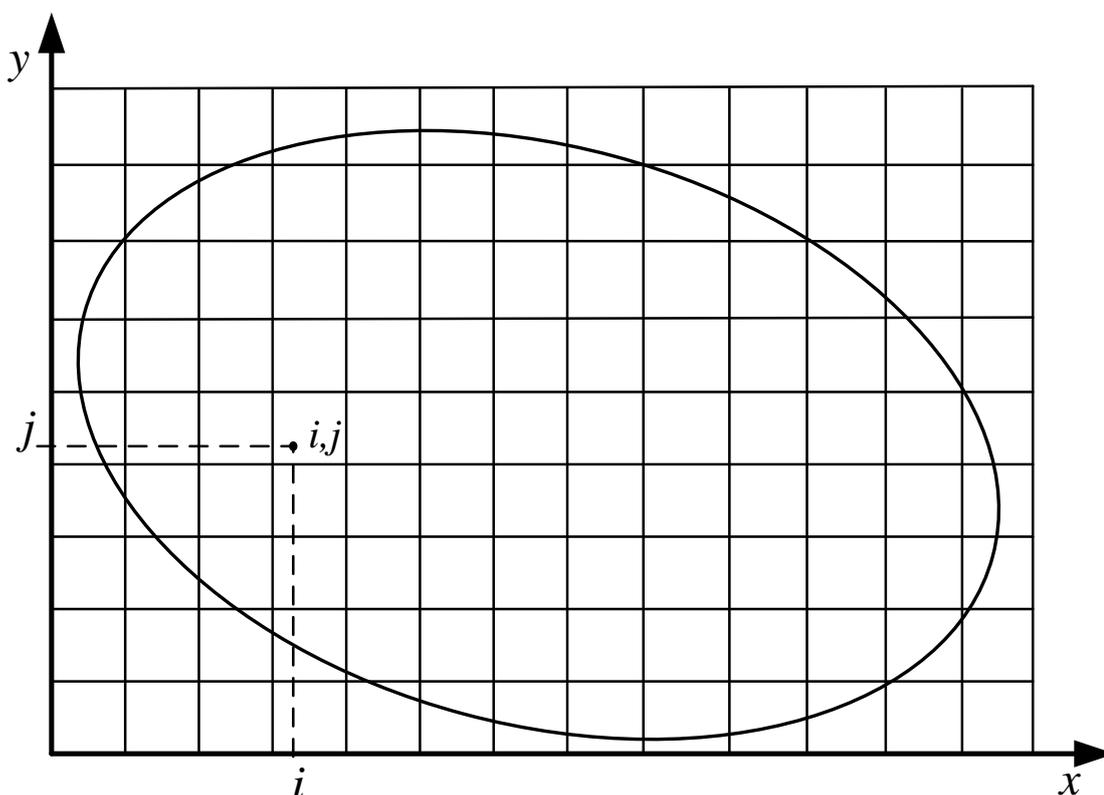


Рисунок 4 – Координатная сетка на карте города

### 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;
- станционные районы принимаются за равные квадраты, в геометрических центрах которых располагаются АТС;
- абонентский кабель прокладывается по взаимно перпендикулярным направлениям.

Обозначим:

$N$  – количество абонентов в сети (номеров);

$L$  – сторона равновеликого квадрата территории сети (км);

$n$  – количество АТС в сети;

$C_{ст}$  – затраты на строительство одной АТС, которые включают в себя стоимость здания и коммутиационного 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  $n_{опт}$ .

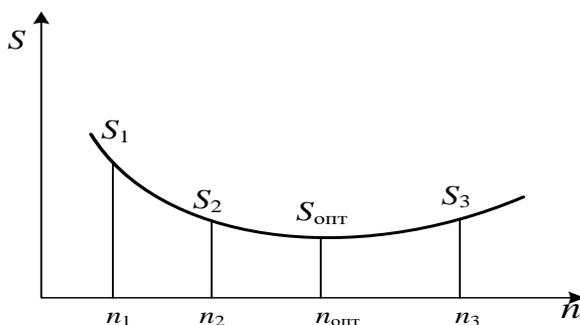


Рисунок 5 График зависимости стоимости ГТС от числа АТС,  $S(n)$

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 станционных 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

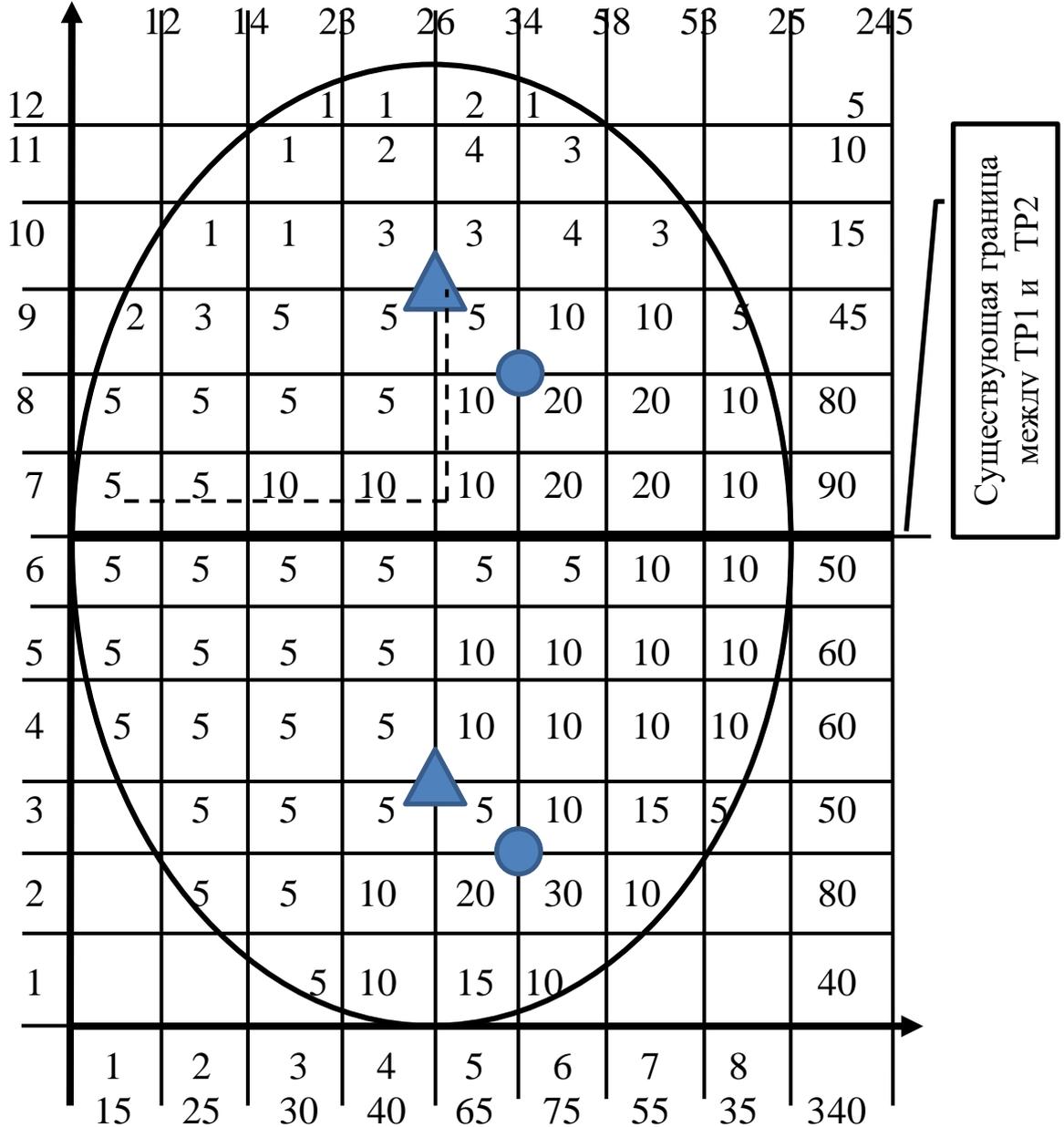


Рисунок 6 – Схема исходного расположения АТС 2-х районной ГТС

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

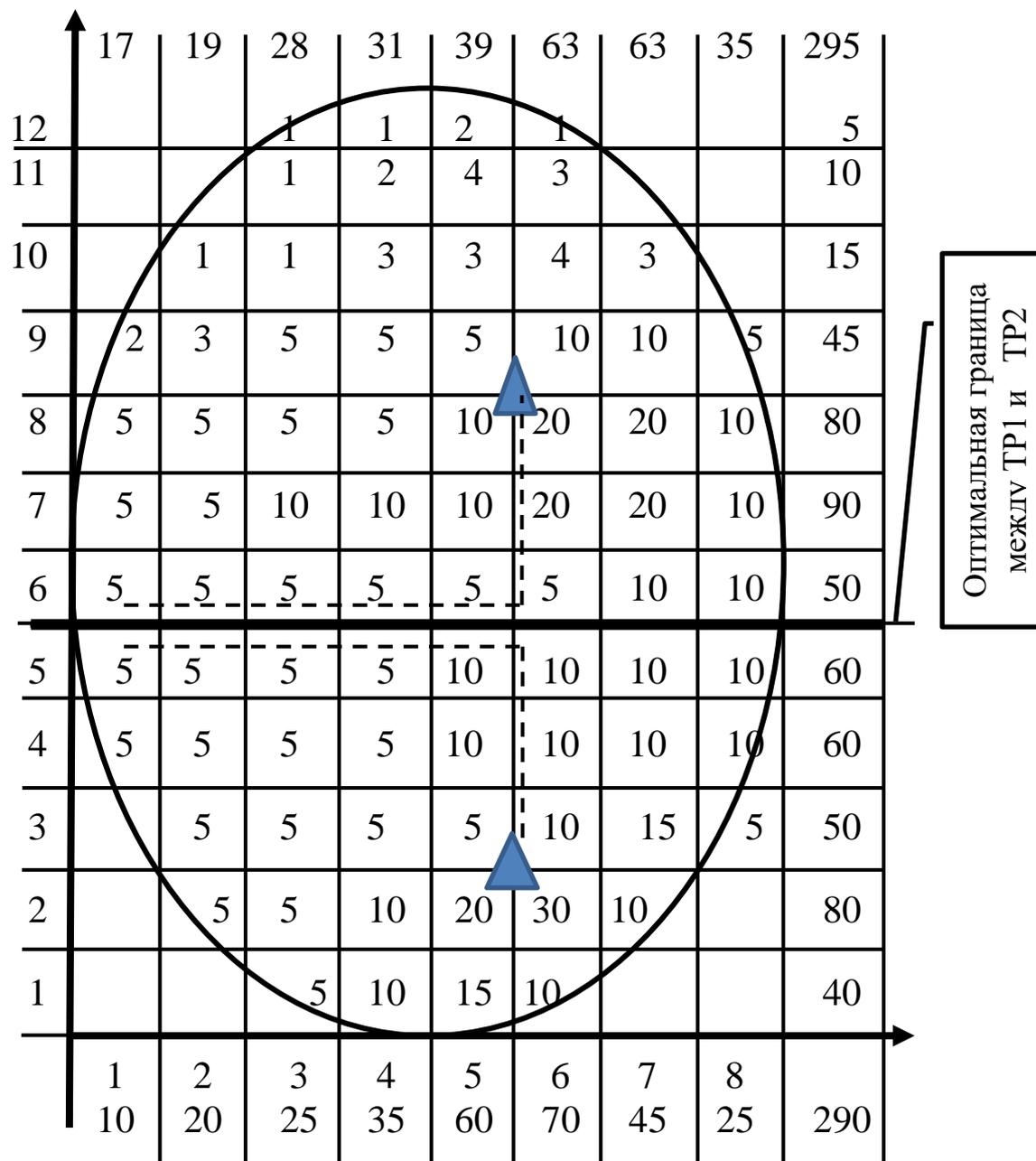


Рисунок 7 – Схема 2-х районной ГТС с новыми координатами АТС

Дальнейшего улучшения координат ТЦ в ТР1 или ТР2 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 токопроводящей жилы, а, следовательно, и величину погонного затухания электрических сигналов в этом кабеле.

Для проведения расчётов необходимо иметь данные о типах кабелей и их ха-

рактеристиках. В соответствии с Нормами технологического проектирования НТП 120-2000 в качестве абонентских 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:

$$D = Z / L = 4,3 / 3,5 = 1,229 \text{ дБ/км.}$$

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).

## Задание 1

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.

## Практическое занятие №2

### 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 канала. 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 узловые 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 перпендикулярное 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 8), 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 8 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.

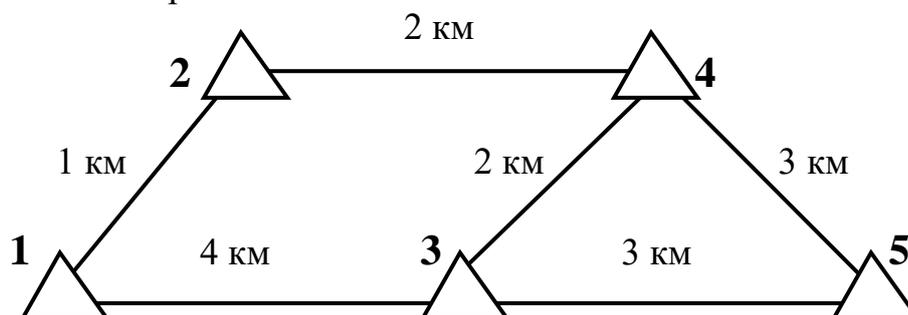


Рисунок 8 – Схема узлового района.

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

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  $Q$ :

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

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.

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 8 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.

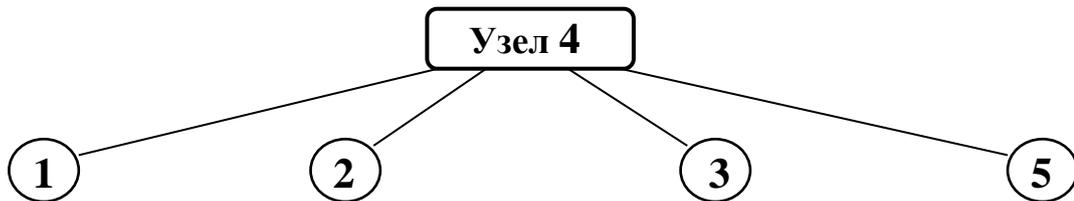


Рисунок 9 – Медианная структура связей для схемы рисунка 8

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:

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

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

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



## Задание 2

Для схемы УР (Рисунок 8) 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

## Перечень использованных источников

Гольдштейн Б. С., Соколов Н.А., Янковский Г.Г. Сети связи. Санкт-Петербург «БХВ-Петербург» 2014. -400с.