

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
к лабораторной работе по теме:

**АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ГОРОДСКОЙ ТЕЛЕФОННОЙ СЕТИ**

Дисциплины: 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 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, профиль Инфокоммуникационные 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

Лабораторная работа

Автоматизированное проектирование телефонных сетей

1. Цель работы:

1.1. Изучить специализированный программный комплекс по автоматизированному проектированию телефонных сетей (САРТС).

1.2. Изучить способы проектирования различных структур местных телефонных сетей (МТС).

1.3. Освоить способы ввода исходных данных на проектирование различных структур МТС.

1.4. Освоить процедуры вывода и анализа полученных результатов.

1.5. Ознакомиться с процессом целенаправленного изменения структурных параметров сети для достижения требуемых характеристик сети в целом.

2. Краткое описание различных структур МТС.

2.1. Сельские телефонные сети (СТС).

В связи с большой протяжённостью сельских сетей и малой абонентской плотностью экономически целесообразно конфигурацию этих сетей строить по древовидной (звездообразной или радиально-узловой) схеме. Структурными элементами СТС являются центральные станции (ЦС), узловые станции (УС) и оконечные станции (ОС). В зависимости от наличия в схеме СТС узловых станций различают одноступенчатые (рис. 1) и двухступенчатые (рис. 2) СТС.

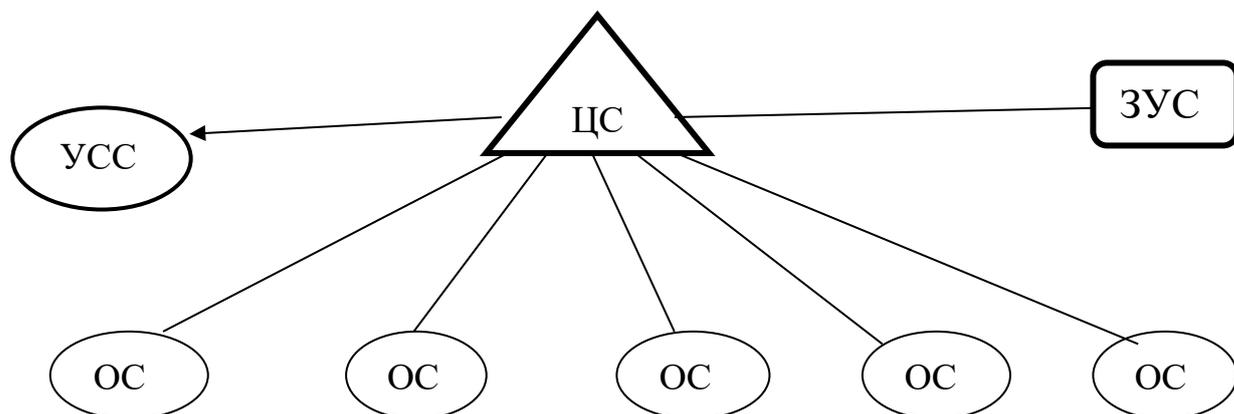


Рис. 1. Схема одноступенчатой СТС.

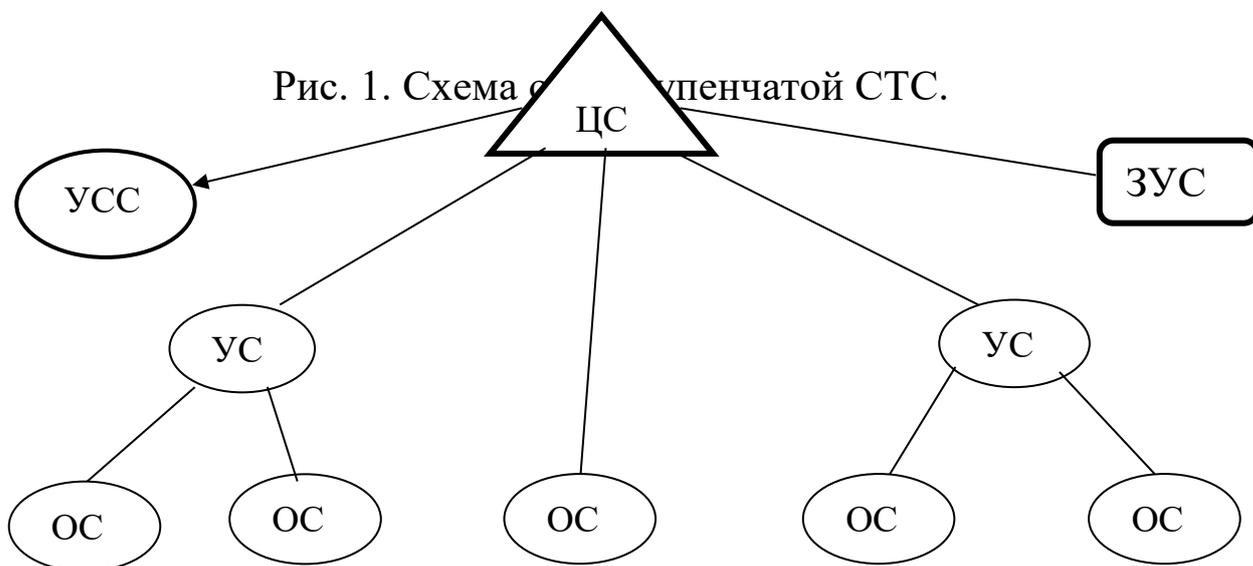


Рис. 2. Схема двухступенчатой СТС.

Обязательным является подключение ЦС к узлу специальной связи (УСС) и к зональному узлу связи (ЗУС) – старое название – АМТС.

2.2. Городские телефонные сети (ГТС).

В зависимости от численности абонентов, занимаемой территории и ряда других факторов, в том числе и такого, как наличие ранее построенных узлов и каналов, существуют следующие варианты построения схем ГТС:

- не районированные ГТС;
- районированные без узлообразования;
- районированные с узлами входящих сообщений (УВС);
- районирование с УВС и УИС (узлы исходящих сообщений);
- структуры на базе опорно-транзитных телефонных станций (ОПТС).

Районирование ГТС применяется при числе абонентов превышающем 10 – 20 тысяч абонентов. Конкретные значения не устанавливаются, поскольку определяющим для перехода к более сложной структуре является не численность абонентов, а экономическая целесообразность той или иной структуры.

Общее правило для любых сетей заключается в следующем: чем больше точек доступа (ТД) в местной телефонной сети (МТС), тем меньше стоимость сети абонентского доступа или, в данном случае, суммарная стоимость абонентских линий. Точками доступа могут быть узлы коммутации (УК), автоматические телефонные станции (АТС), учрежденческо-производственные

АТС (УПАТС), ОПТС, мультисервисные абонентские концентраторы (МАК), местные узлы связи (МУС), выносные абонентские модули (ВАМ), концентраторы, мультиплексоры и т.п. Однако при этом возрастает стоимость межузловой сети связи (МСС), т.е. той сети, которая должна соединить между собой все ТД и обеспечить обмен как внутреннего трафика в МСС, так и внешнего трафика в сопряжённые сети (междугородные и международные телефонные сети, Internet, сотовые сети мобильной связи и др.), а также в узел специальной связи (УСС).

На рис. 3 представлена схема не районированной ГТС, состоящей из одной АТС (МУС по новой терминологии), УСС, АМТС (ЗУС по новой терминологии) и группы абонентов (А).

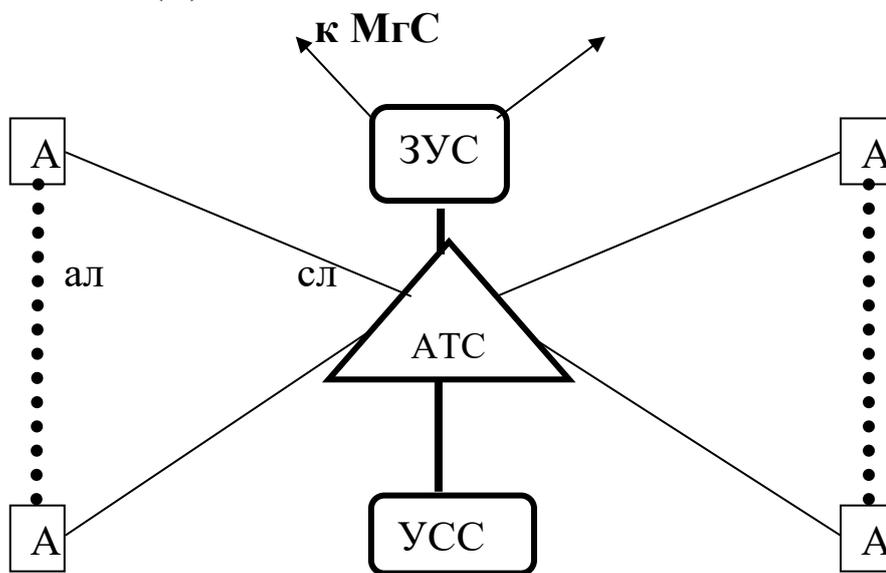


Рис. 3. Схема не районированной ГТС.

В такой структуре стоимость МСС минимальна. Фактически она включает только стоимость одной АТС и двух соединительных линий (СЛ), соединяющих эту АТС с ЗУС и УСС. При увеличении числа абонентов, которое, как правило, сопровождается и увеличением обслуживаемой территории (а, следовательно, и ростом длины абонентских линий), общая стоимость ГТС начнёт резко возрастать за счёт стоимости сети абонентского доступа (САД). Возможно, что предотвратить этот рост поможет перевод структуры ГТС из не районированной в районированную, т.е. ввести для новых абонентов несколько новых АТС.

Поиск баланса между стоимостями САД и МСС, минимизирующего общую стоимость ГТС (в первую очередь это выбор оптимального числа АТС) является сложной и часто комбинаторной задачей. Поэтому крайне важно, чтобы в арсенале проектировщиков были такие инструменты быстрого просчёта стоимости различных вариантов, как автоматизированное проектирование. На рис. 4 представлена схема районированной без узлообразования ГТС из трёх АТС. Подобные схемы применяются при 5-и значной системе нумерации, т.е. до 80-и тысяч абонентов, а в перспективной системе нумерации – до

90 тысяч. Как правило, АТС в районированной ГТС связываются между собой по принципу каждая с каждой.

При дальнейшем увеличении числа абонентов, связанное с переходом к 6-и значной системе нумерации (800- или 900 тысяч абонентов соответственно), число межстанционных информационных потоков (потоки между телефонными районами) начинает резко возрастать, т.к. оно находится в квадратичной зависимости от числа АТС.

Общий принцип каналообразования «объединение потоков всегда экономит каналы при одинаковой вероятности потерь» привёл к необходимости создания двух уровневой структуры ГТС. В этом случае, несколько телефонных районов (несколько АТС) объединяются по территориальному принципу в узловые районы (УР). В каждом УР создаются специальные узлы обмена между УР. Для ГТС с 6-и значной нумерацией (до 800 тысяч абонентов) – это узлы входящих сообщений (УВС), а для ГТС с 7-и значной нумерацией (до 8 млн. абонентов) – ещё и узлы исходящих сообщений (УИС).

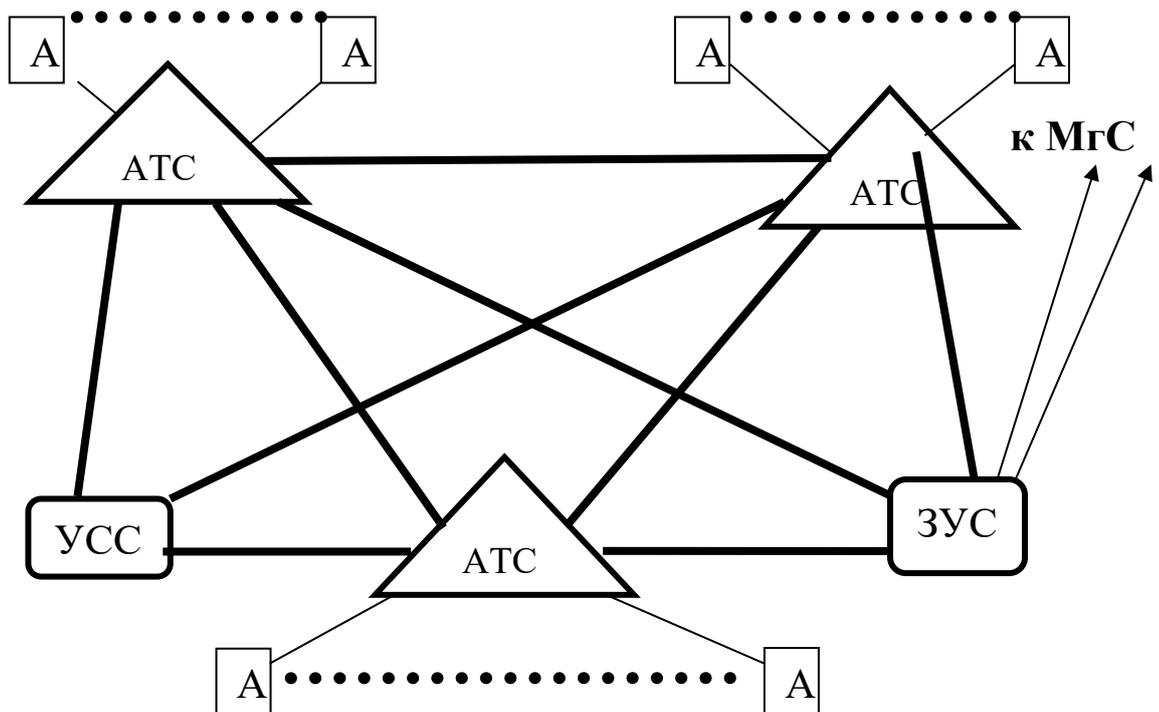


Рис. 4. Схема районированной ГТС.

Современные электронные АТС позволяют реализовывать в одном изделии, кроме функций собственно АТС, также и функции узлов УВС и УИС. Таким образом, структура ГТС с узловыми районами представляется теперь группой ОПТС (по одному в каждом УР), к которым подсоединяются остальные АТС или другие точки доступа (ТД), такие как УПАТС, концентраторы, мультиплексоры или выносные абонентские модули.

Существенное влияние на структуру ГТС и СТС оказало ограничение на чис-

ло транзитных узлов в национальной сети РФ, равное 10-и. При двухуровневой структуре междугородной сети (МгС) междугородные узлы связи первого уровня (МгУС1) соединяются между собой по принципу каждый с каждым, а узлы второго уровня (МгУС2) соединяются как минимум с 2-я МгУС. Таким образом, максимальное число транзитов через МгС равно четырём: МгУС2 – МгУС1 – МгУС1 – МгУС2. Далее, с каждой стороны выход к МгС должен производиться из зональных сетей через зональные узлы связи (ЗУС).

Следовательно, на долю местных сетей (ГТС или СТС) остаётся только по 2 транзита. Для ГТС это ОПТС и ТД, а для СТС это центральная станция (ЦС) и оконечная станция (ОС), а вся максимальная цепочка транзитов может выглядеть, например, следующим образом: ТД – ОПТС – ЗУС – МгУС2 – МгУС1 – МгУС1 – МгУС2 – ЗУС – ЦС – ОС.

Как видим, требование «не больше 10-и транзитов» исключило из структуры СТС такой элемент как узловая станция (УС), а структура крупных ГТС, состоящих из нескольких узловых районов, представляется как звездообразные схемы в каждом УР с подключением всех ТД этого УР только к своему ОПТС. При этом все ОПТС связываются между собой по принципу «каждая с каждой» и, кроме того, все ОПТС должны иметь непосредственные связи с ЗУС и УСС.

На рис. 5 представлена схема современной ГТС из 3-х УР. Телефонным центром в каждом УР является ОПТС, к которому подключается несколько АТС. Необходимо помнить, что представленные на схеме АТС являются лишь одним из вариантов реализации точек доступа, перечень которых приведён выше.

3. Основные задачи проектирование местных телефонных сетей (СТС).

3.1. Общие принципы проектирования СТС.

Структура проектируемой СТС должна быть максимально приближена к структуре административных районов. При этом центральная станция должна располагаться в районном центре, а расположение узловых и оконечных станций и структура межстанционных связей выбираются в зависимости от численности абонентов в посёлках, расстояний между посёлками и многих других факторов. Число каналов в пучках соединительных линий и быстродействие узлов коммутации определяются как обычно в зависимости от величины нагрузки и допустимой вероятности потерь.

3.2. Общие принципы проектирования ГТС.

В общем случае проектирование ГТС включает следующие задачи:

- Определение потребности в абонентской емкости.
- Выбор числа, емкости и границ телефонных районов на сети, местоположения и типа оборудования АТС, распределения абонентских линий между АТС. Решение этих задач объединяют общим термином — районирование.

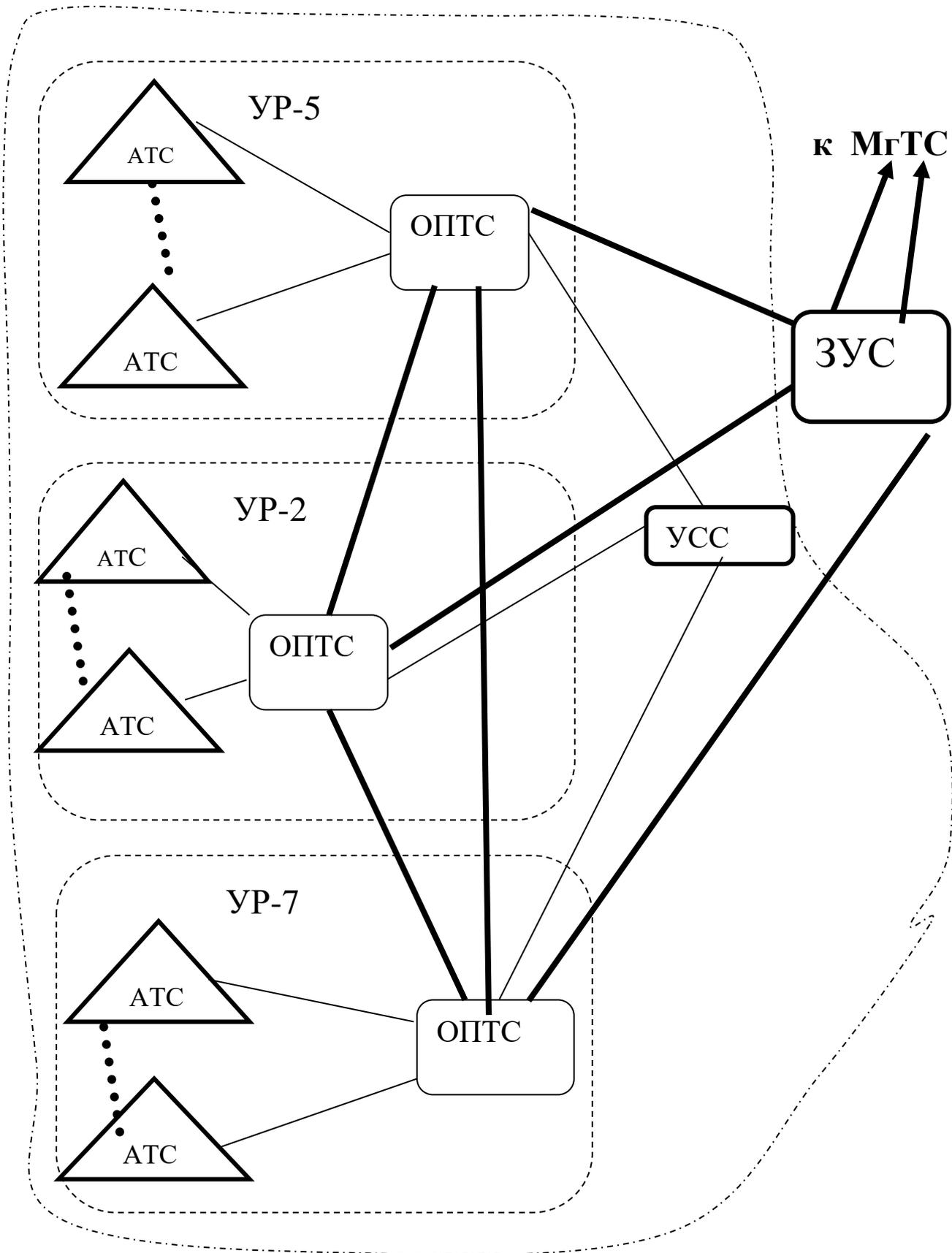


Рис. 5. Схема районированной ГТС с узлообразованием.

- Определение класса проектируемой сети в зависимости от емкости ГТС и характеристик города (нерайонированные, районированные без узлов, районированные с УВС, районированные с УИС и УВС, районированные с ОПТС).

- Выбор числа, емкости и границ узловых телефонных районов на сети (для сетей с УВС, с УИС и УВС или с ОПТС); определение числа, местоположения и типа оборудования коммутационных узлов в каждом узловом районе; распределение АТС между узловыми районами. Решение этих задач объединяют одним термином — узлообразование.

- Разработка вариантов организации межстанционных связей, выбор типа соединительных линий и системы сигнализации.

- Расчет поступающей на АТС телефонной нагрузки.

- Распределение потоков телефонной нагрузки по направлениям межстанционной связи и расчет числа соединительных линий в этих направлениях.

- Расчет технико-экономических показателей.

- Оформление технической документации.

Решение всех перечисленных выше задач в общем случае является взаимосвязанным.

Особенно сильная взаимосвязь существует между решениями задач районирования и определения класса проектируемой сети, а также между решением задач узлообразования и разработкой вариантов организации структуры межстанционных связей.

Поэтому эти задачи должны решаться итерационным методом до тех пор, пока не будет получено решение, удовлетворяющее проектировщика.

Качественное решение по каждому из перечисленных вопросов должно сопровождаться расчетами, которые требуют учета большого числа факторов, что возможно только при использовании автоматизированных методов проектирования отдельных процедур.

В настоящей лабораторной работе рассматриваются алгоритмы, необходимые для автоматизированного решения задач расчета поступающей телефонной нагрузки, распределения потоков нагрузки по направлениям межстанционной связи, определения типа и числа соединительных линий для

фиксированных вариантов районирования, узлообразования и организации межстанционной связи.

4. Описание программного комплекса автоматизированного проектирования САРТС.

Система автоматизации расчётов телефонных сетей ГТС и СТС построена с применением дружественного диалога, использует наглядный графический интерфейс, включает большое количество нормативных и статистических сведений и достаточно проста для использования в образовательной сфере. Работа с программой включает следующие этапы:

а) Создание структурной схемы сети. После запуска программы (исполнительный файл “net”) на экране монитора появляется рабочее поле системы проектирования (РП), слева от которого располагается окно с набором пиктограмм, необходимых для построения телефонной сети выбранного типа. Выбор сети производится из главного меню: ПРОЕКТ>ДААННЫЕ ПО СЕТИ>ТИП СЕТИ.

Перенос пиктограммы в РП производится с помощью мыши (клик левой клавишей на выбранной пиктограмме, перенос белого квадратика в РП, заполнение таблицы параметров и повторный клик левой клавишей). САРТС не контролирует количество вводимых параметров и их конкретные значения, что позволяет проектировщику вводить только необходимый для данного проекта минимум параметров.

Для организации пучка соединительных линий между ранее введёнными узлами необходимы следующие действия: клик левой клавишей мыши на стрелке «Поток», затем последовательные клики левой клавишей на двух соединяемых узлах. На РП появится красная соединительная линия. После клика правой клавишей на красной линии она заменяется синей однонаправленной линией. Для организации дуплексных пучков соединительных линий необходимо повторить процедур организации пучка в обратном направлении. САРТС для организации большей наглядности схемы, особенно при её наращивании, позволяет легко перемещать ранее введённые узлы. При этом установленные между узлами соединения сохраняются. Для перемещения узла выполняются следующие действия: клик левой клавишей мыши на перемещаемом узле, перенос белого квадратика на новое место, повторный клик левой клавишей.

Для ввода новых параметров объектов схемы (узлов или пучков линий), их изменения или контроля необходимо кликнуть на этом объекте правой клавишей мыши, вызвать окно ПАРАМЕТРЫ и произвести необходимые действия. При необходимости можно удалить ранее введённые объекты. Отметим, что САРТС не удаляет те пучки линий, которые считаются обязатель-

ными. Например, линии от АТС к ЗУС или к УСС.

б) **Нормативные данные.** САРТС содержит все необходимые для расчёта нормативные и статистические данные. Доступ к этим сведениям можно получить, вызвав **ДАННЫЕ** из главного меню.

в) **Расчёт телефонной сети.** После построения схемы сети и вводу данных по составу абонентов можно перейти к расчёту сети. Кнопка **РАСЧЁТ** в главном меню открывает доступ к четырём последовательным этапам расчёта сети:

- расчёт абонентских нагрузок;
- расчёт распределения нагрузок;
- расчёт числа соединительных линий (СЛ);
- расчёт числа пучков цифровых трактов (ПЦТ).

Под ПЦТ в данном случае понимается число трактов ИКМ-30. Например, для 50-и соединительных линий потребуется 2 ИКМ-тракта.

Система САРТС позволяет при необходимости произвести расчёт прогнозируемой телефонной нагрузки.

г) **Рассмотрение результатов расчёта.** Доступ к результатам расчёта открывается кнопкой **ОТЧЁТЫ** в главном меню.

Внимание! В версии САРТС-v1.1 не реализованы следующие опции:

- не устанавливаются соединения между АТС и УВС (узлы входящих сообщений), из-за чего районированные ГТС с УВС не отображаются;
- не реализован расчёт абонентских нагрузок по статистическим данным (только по ВНТП);
- не производится расчёт межстанционной нагрузки пропорционально ёмкости станции;
- расчёт числа ПЦТ (пучков цифровых трактов) выполняется, но фиксируется не в матрице ПЦТ, а только в параметрах пучка;
- не реализована опция «Карта».

5. Лабораторное задание

5.1. Запустить программный комплекс САРТС и вызвать на монитор рабочее поле (РП) системы.

5.2. Собрать одноступенчатую СТС в соответствии с рис. 1. Установить параметры станций и режимы расчёта по процедуре, описанной в разделе 4. Категории абонентов и их численности установить произвольно. Цель данного пункта - освоить работу с системой САРТС. Зафиксировать полученные в результате расчёта матрицы нагрузок и чисел соединительных линий (СЛ).

5.3. Повторить п. 5.2 для двухступенчатой СТС (см. рис. 2).

5.4. Собрать схему не районированной ГТС в соответствии с рис. 3. Произвести расчёты и зафиксировать полученные результаты.

5.5. Добавить в схему по п. 5.4 две АТС для преобразования её в схему районированной ГТС (см. рис. 4). Произвести расчёты и зафиксировать полученные результаты.

5.6. Контрольное задание.

Собрать схему ГТС из 3-х узловых районов в соответствии с рис. 5. Обратите внимание. В версии САРТС v1.1 нет возможности собирать звездообразные схемы типа «ОПТС – много АТС», т.к. каждая АТС автоматически подключается ещё и к ЗУС. Однако, данная версия САРТС позволяет собирать звездообразные схемы типа «АТС – много УПАТС». С учётом этого замечания схему рис. 5 необходимо собирать с заменой ОПТС на АТС, а АТС на УПАТС.

Числа абонентов для АТС УР5 установить в соответствии с табл. 1, а для АТС УР2 – с табл. 2. Числа абонентов для АТС УР7 и числа абонентов, подключаемых непосредственно к трём ОПТС, выбрать произвольно. Произвести расчёты и зафиксировать полученные результаты.

При нумерации станций придерживаться следующего правила: ОПТС получает однозначный номер своего УР, а АТС получают двухзначные номера, в которых первая цифра соответствует номеру УР. Например, в УР7 устанавливаются ОПТС7 и ряд АТС (АТС72, АТС74, АТС76 и т.д.).

6. Содержание отчета

Представить все схемы спроектированных АТС и ГТС с указанием номеров АТС, рассчитанных нагрузок и чисел каналов в каждом пучке соединительных линий.

Таблица 1.

Числа абонентов (в тыс.) по категориям для АТС 5-го узлового района.

№ вар	1-я АТС			2-я АТС			3-я АТС			4-я АТС		
	НХ	КВ	ТФ									
1	5	2	.2	3	3	.2	5	4	.1	4	4	.3
2	3	4	.1	5	2	.2	3	3	.2	5	4	.1
3	2	4	.3	3	4	.1	5	2	.2	3	3	.2
4	1	6	.1	2	4	.3	3	4	.1	5	2	.2
5	4	5	.2	1	6	.1	2	4	.3	3	4	.1
6	3	4	.2	4	5	.2	1	6	.1	2	4	.3
7	2	3	.3	3	4	.2	4	5	.2	1	6	.1
8	4	4	.3	2	3	.3	3	4	.2	4	5	.2

Таблица 2.

Числа абонентов (в тыс.) по категориям для АТС 2-го узлового района.

№ вар	1-я АТС			2-я АТС		
	НХ	КВ	ТФ	НХ	КВ	ТФ
1	2	2	.2	3	5	.2
2	4	4	.1	5	3	.2

3	4	4	.3	3	5	.1
4	3	6	.1	2	5	.3
5	5	5	.2	1	4	.1
6	5	4	.2	4	3	.2
7	4	3	.3	3	5	.2
8	5	4	.3	2	4	.3

Контрольные вопросы

- 7.1. Опишите структуры одноступенчатой и двухступенчатой СТС.
- 7.2. Опишите структуру не районированной ГТС.
- 7.3. Опишите структуру районированной ГТС без узлообразования.
- 7.4. Опишите структуру районированной ГТС с узлообразованием.
- 7.5. Опишите структуру ГТС с узлообразованием на базе ОПТС.
- 7.6. Как связаны между собой численность абонентов и структура ГТС?
- 7.7. Какая разница между автоматическим и автоматизированным проектированием?
- 7.8. Какие параметры городской сети использовались в качестве исходных данных для проектирования ГТС?
- 7.9. Какие нормативные требования использовались в качестве исходных данных для проектирования ГТС?
- 7.10. Какие характеристики ГТС были получены в результате автоматизированного проектирования?

Список использованной литературы

1. Цифровые и аналоговые системы передачи. Учебник для ВУЗов/ В.И.Иванов [и др.]; под редакцией В.И.Иванова. М. Горячая линия – Телеком. 2003.
2. Докучаев В.А., Курносова Н.И. Методические указания по автоматизированному проектированию межстанционных связей районированных ГТС.
3. Сусеков А.В. Система автоматизации расчётов телефонных сетей. ИжГТУ, Кафедра «ССиТС». 2002.