

В.Д. Семейкин
Принципы построения
телефонных сетей общего
пользования

Материалы по дисциплине
«Теория построения инфокоммуникационных
сетей и систем»

«Знание некоторых принципов, легко возмещает
незнание некоторых фактов»

К. Гельвеций

Классификация телефонных сетей

Телефонной сетью называется совокупность узлов коммутации, конечных абонентских телефонных устройств и соединяющих их линий связи. В зависимости от уровня иерархии ЕСЭ РФ различают следующие виды телефонных сетей: международная, междугородная, зонавые и местные телефонные сети. Классификация телефонных сетей показана ниже на рис.1.

Структура телефонной сети общего пользования (ТфОП), модель российской ТфОП, транспортная и коммутируемые сети, иерархические уровни в ТфОП, современные принципы организации междугородной телефонной связи, структура эксплуатируемой сети междугородной телефонной связи, общие принципы организации международной телефонной связи рассмотрены в [2].

2. Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г. Сети связи: Учебник для ВУЗов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 400 с.

Рис. 1. Классификация телефонных сетей [1]



Зоновые и междугородные телефонные сети

- * В 70-х годах XX века в России (СССР) было завершено построение **Общегосударственной системы автоматизированной телефонной связи (ОГСТФС)** [1], которая включала **общегосударственную автоматическую коммутируемую телефонную сеть (ОАКТС), системы нумерации и сигнализации, учёта стоимости и расчёта с абонентами, системы обслуживания, управления сетью и технической эксплуатации. Сеть ОАКТС состояла из междугородных и местных АТС, узлов автоматической коммутации (УАК), каналов, линий связи и оконечных абонентских устройств.**
- **Вся страна была разделена на зоны семизначной нумерации.** Таких зон в России в настоящее время 85. Территория зоны выбирается из условия, что в ближайшие 50 лет ёмкость телефонных сетей не превысит 8 млн. номеров с учётом резерва. Обычно зона охватывает территорию области, края или республики, не имеющей областного деления. **Коммутационным центром зоны является автоматическая междугородная телефонная станция (АМТС).** В зонную телефонную сеть входят ГТС и СТС и внутризональная телефонная сеть. В ряде случаев при значительной телефонной нагрузке создаются **зоновые узлы (ЗУ)**, через которые местные сети соединяются между собой и с АМТС.

Основной междугородной телефонной сетью в РФ является сеть ПАО «Ростелеком». Она обслуживает всю территорию России. В сети «Ростелеком» действует 8 цифровых УАК, расположенных в районе городов Екатеринбург, Иркутск, Москва, Новосибирск, Ростов-на-Дону, Самара, Санкт-Петербург, Хабаровск. В этих же городах расположены Международные центры коммутации (МЦК) и международные телефонные станции (МНТС), через которые осуществляется связь России с зарубежными странами. Для международной связи организовано более 70 тыс. международных каналов. Все 8 УАК связаны между собой по схеме «каждый с каждым». Сеть УАК была создана более 10 лет назад и сегодня нуждается в модернизации и расширении. Каждая АМТС географической зоны нумерации связана пучками каналов сети ПАО «Ростелеком» не менее чем с двумя УАК, а также прямыми пучками каналов с АМТС других зон.

Каждая зонавая телефонная сеть связывает ближайшую АМТС зоны исходящими **заказными соединительными линиями (ЗСЛ)** и входящими **соединительными линиями (СЛ)**, по которым осуществляется связь с абонентами других местных сетей в пределах этой зоны и с абонентами других зон (см. рис. 3.2. в [1] **Курс лекций «СЕТИ СВЯЗИ»**).

Сегодня ПАО «Ростелеком» является не только крупнейшей в России телекоммуникационной компанией, но и универсальным сервис-провайдером, который реализует комплексные решения для информатизации всех ключевых сфер жизни страны с использованием облачных вычислений на базе Национальной облачной платформы. Сейчас на Национальной облачной платформе работает **25 облачных сервисов** для органов государственной власти, коммерческих организаций и физических лиц (*посмотреть самостоятельно*). Сервисы Национальной облачной платформы размещены и функционируют в центрах обработки данных (ЦОД) ПАО «Ростелеком» и базируются на системе виртуализации, разработанной на основе программного обеспечения (ПО) с открытым исходным кодом. Используемое ПО сертифицировано на соответствие требованиям информационной безопасности.

Национальная телекоммуникационная компания «Ростелеком» сегодня имеет сеть из 9 мощных защищённых центров обработки данных по всей территории России, объединённых общей телекоммуникационной инфраструктурой. Эта сеть, являясь основой для реализации большинства масштабных задач как для органов государственной власти, так и для граждан и бизнеса, непрерывно развивается.

Принцип построения зонавых телефонных сетей

Для связи АМТС между собой служит междугородная телефонная сеть. Оконечными телефонными станциями являются АМТС зонавой сети. Для соединения их между собой на сети предусмотрены узлы автоматической коммутации (УАК), которые для окончных соединений не используются. Рядом руководящих документов ранее предусматривалось использование двухступенчатой сети УАК (УАК I и УАК II). Последние исследования показали целесообразность использования только одной ступени УАК.

АМТС, расположенные на зонавых сетях, являются оконечными станциями междугородной сети, а УАК – транзитными. **Наиболее распространенным вариантом построения внутризонавой сети является вариант с одной АМТС в зоне.** В этом случае внутризонавая сеть строится по радиальному принципу, где роль узла выполняет АМТС, через которую производится выход на АМТС другой зоны и УАК, а также связь внутри зоны между местными сетями. К АМТС подключаются ЦС сельской сети и районные АТС (РАТС) городской сети. РАТС соединяются с АМТС или непосредственно, или через узлы УВС и УИС. Между местными сетями и АМТС имеются СЛ двух видов: исходящие ЗСЛ в направлении к АМТС и входящие СЛМ (междугородные) от АМТС к местным сетям. Схема построения внутризонавой телефонной сети показана в [А.В. Абилов. Сети связи и системы коммутации, с. 33, рис. 2.14].

© В.Д. Семейкин, 2016

Местные телефонные сети

1. Городская телефонная сеть

Телефонная сеть, создаваемая на территории города, называется городской телефонной сетью (ГТС). Она строится так, чтобы её абоненты могли вести переговоры не только между собой, но и с каждым абонентом любой местной телефонной сети страны, а также с абонентами **учрежденческих телефонных станций (УАТС) и службами специального назначения (полиция, скорая помощь и др.) путём набора сокращённого номера.**

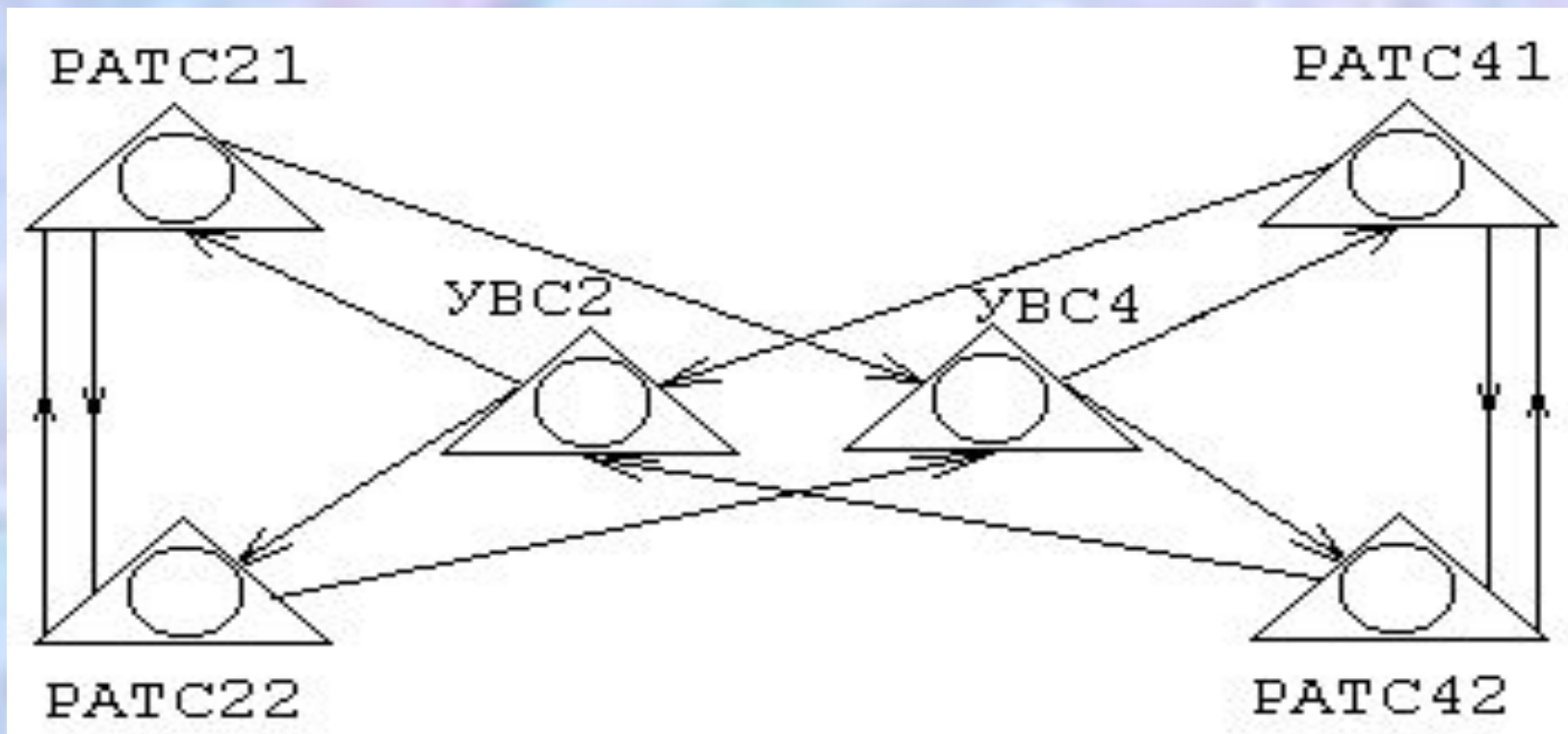
Опыт строительства и эксплуатации ГТС в России показал, что оптимальными вариантами построения ГТС являются [1]:

- **Нерайонированная телефонная сеть ёмкостью до 10000 номеров;**
- **Районированная телефонная сеть без узлов ёмкостью от 10000 до 50000 номеров;**
- **Районированная телефонная сеть с узлами входящего сообщения (УВС) ёмкостью от 50000 до 500000 номеров;**
- **Районированная телефонная сеть с узлами входящего и исходящего сообщения (УИС) ёмкостью свыше 400000 – 500000 номеров.**

При ёмкости сети, превышающей 10000 номеров, способ построения сети, при котором все телефонные аппараты (ТА) абонентов и таксофоны соединяются абонентскими линиями с одной АТС, становится неэкономичным (большие капитальные и эксплуатационные расходы на линейные сооружения). Для уменьшения этих расходов территория города разбивается на районы, в каждом из которых устанавливаются районная АТС (РАТС) ёмкостью 10000 номеров и более. Длина абонентских линий при этом значительно уменьшается.

На сети ёмкостью до 100000 номеров нумерация абонентов пятизначная, причём первый знак абонентского номера определяет индекс РАТС. Все РАТС соединяются по принципу «каждая с каждой». При дальнейшем увеличении ёмкости сети увеличивается число РАТС, резко возрастает число пучков межстанционных СЛ, ёмкость пучков становится небольшой. Для увеличения использования линий нужно укрупнять пучки. Для этого районированную телефонную сеть строят с УВС. Территория города делится на несколько узловых районов, в каждом из которых размещается до десяти РАТС ёмкостью до 10000 номеров каждая. Следовательно, один узловой район объединяет до 100000 абонентов. В каждом узловом районе устанавливается УВС, который связывается с каждой РАТС соединительными линиями; таким образом на УВС концентрируется телефонная нагрузка от РАТС сети. В пределах каждого узлового района РАТС соединяются между собой по принципу «каждая с каждой». Фрагмент схемы показан ниже.

Фрагмент схемы межстанционных связей и направлений передачи сообщений по СЛ для ГТС с УВС

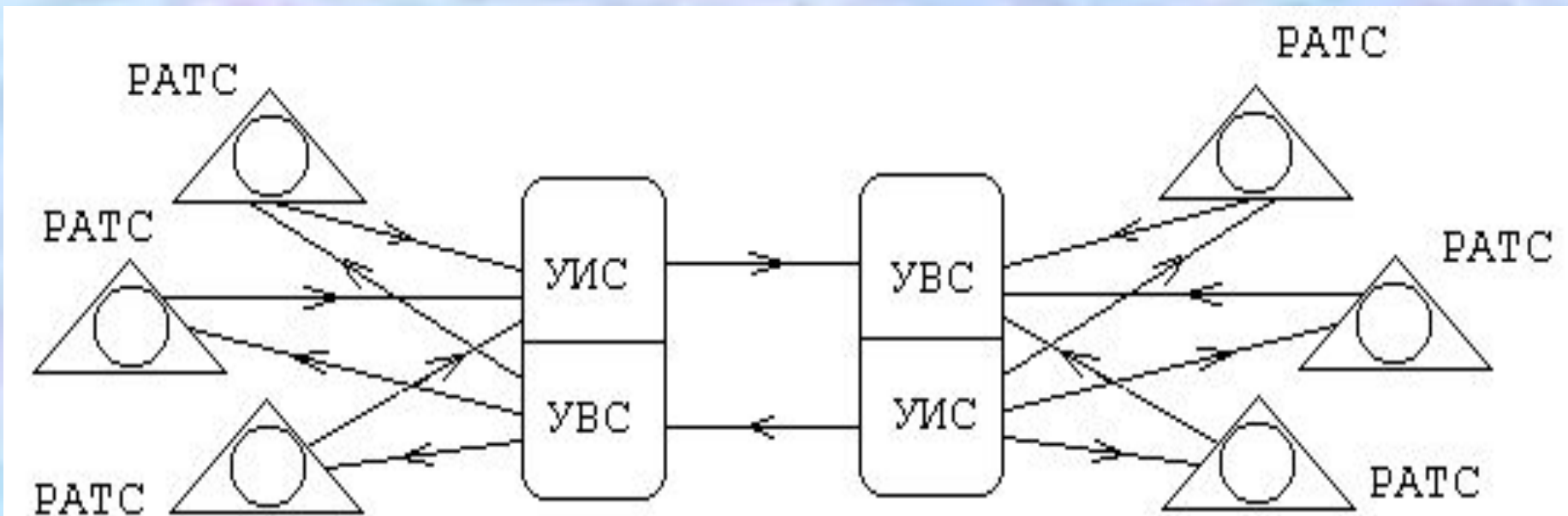


На этой ГТС используется шестизначная нумерация. Первая цифра абонентского номера определяет индекс узлового района, первые две цифры номера – индекс станции на сети.

При ёмкости телефонной сети более 500000 номеров число СЛ на сети с УВС становится очень большим, ёмкость их уменьшается, использование линий в них падает. В этом случае для увеличения использования СЛ путём укрупнения пучков на районированной сети с УВС образуют **узлы исходящего сообщения УИС**. Концентрируемая на УВС исходящая нагрузка по крупным пучкам линий поступает на УВС других районов (см. фрагмент схемы).

Модели ГТС с УВС и УИС рассматриваются на практических занятиях.

Фрагмент схемы межстанционных связей ГТС с УВС и УИС



Связи между РАТС одного узлового района (не показанные на рис.) могут быть или по принципу «каждая с каждой» или через УИС и УВС. **Нумерация абонентов – семизначная**, первые две цифры номера являются индексом узлового района, первые три цифры – индексом РАТС на сети.

Для предоставления междугородных переговоров абонентам районные АТС города соединяются с АМТС исходящими ЗСЛ и входящими СЛ. Для исходящей междугородной связи на ступени отводится отдельное направление, выбираемое цифрой 8.

Цифровизация ТфОП привела к пересмотру ряда принципов построения ГТС. При разработке этих принципов был введён ряд новых терминов (**учесть в Курсовом проекте**). Они стали широко применяться в отечественной технической литературе, посвящённой, в первую очередь, вопросам построения цифровых ГТС. **Вместо аббревиатуры РАТС стала применяться ОПС – опорная станция. Был введён термин «Транзитная станция» (ТС)**, который используется в англоязычной технической литературе. Цифровое коммутационное оборудование позволяет строить комбинированные станции, т.е. ОПС и ТС, они получили название **«Опорно-транзитные станции» (ОПТС)**. Сближение терминов, используемых в отечественной и зарубежной технической литературе, позволяет решить ряд серьёзных проблем, обеспечить лучшее взаимопонимание между специалистами.

2. Сельская телефонная сеть

Основные функции городских и сельских телефонных сетей совпадают, поэтому их часто называют одним термином – **местные телефонные сети**. Однако по принципам построения ГТС и СТС имеют существенные различия, обусловленные тем, что на СТС малые абонентские группы разделены значительными расстояниями. В связи с этим средняя ёмкость сельских АТС меньше средней ёмкости городских АТС; среднее расстояние между АТС на СТС значительно превышает среднее расстояние между районными АТС на ГТС; среднее число СЛ в пучках между станциями СТС меньше, чем на ГТС; разброс длин АЛ на СТС значительно больше, чем на ГТС. Эти особенности СТС обуславливают более высокие по сравнению с ГТС капитальные вложения и эксплуатационные расходы по линейным сооружениям в расчёте на один номер ёмкости (см. таблицу) [1].

Показатель	Относительная стоимость оборудования в городе	Относительная стоимость оборудования в сельской местности
Абонентская соединительная линия	40	400
Системы коммутации	30	60
Системы передачи	20	20
Строительство и стоимость земли	10	20
Итого	100	500

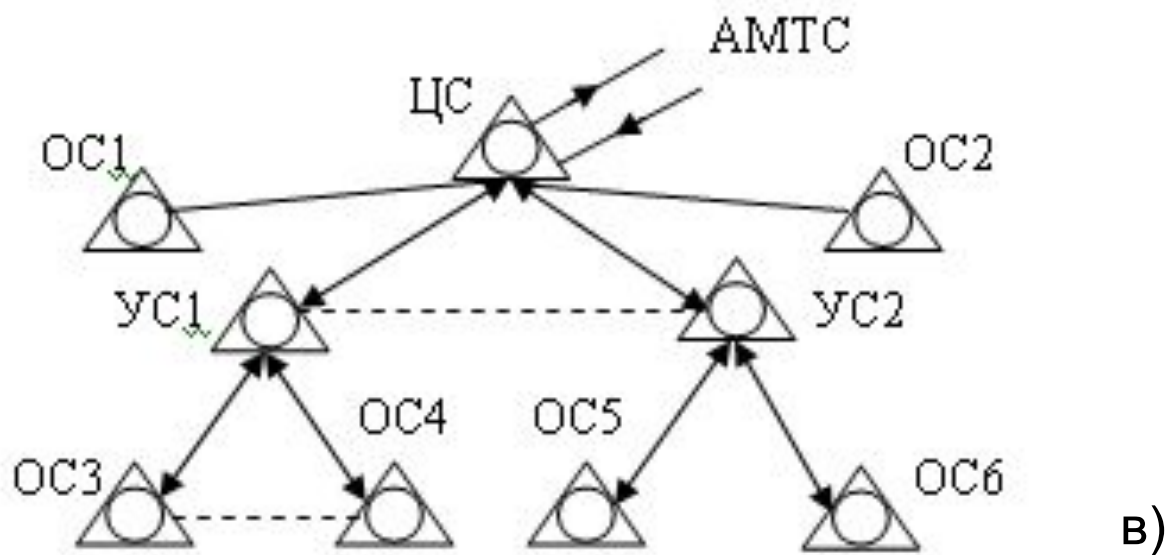
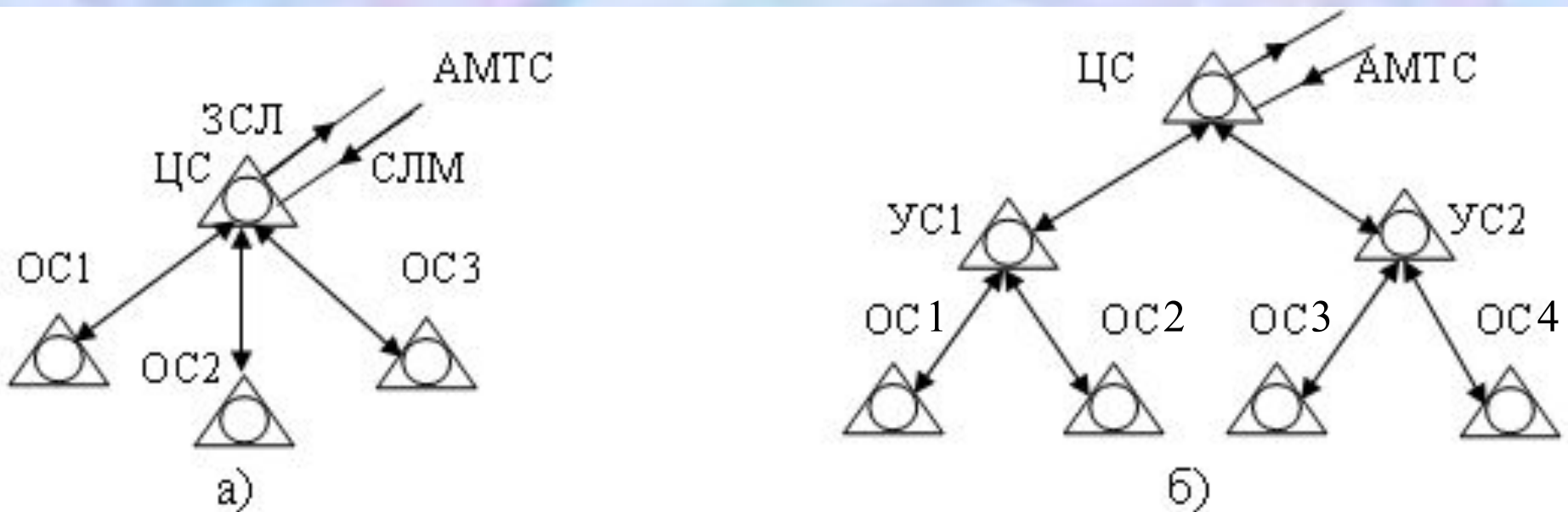


При проектировании СТС предусматриваются следующие меры для повышения эффективности использования соединительных и абонентских линий [1]:

- ✓ радиальный и радиально-узловой способы построения СТС с целью укрупнения пучков межстанционных соединительных линий (СЛ);
- ✓ использование линий двустороннего действия;
- ✓ использование малоканальных систем передачи;
- ✓ увеличение норм допустимых потерь сообщения по сравнению с нормами потерь на ГТС;
- ✓ использование одних и тех же линий для установления местных, зонавых и междугородных соединений;
- ✓ ограничение права внешней связи для части абонентов сельских станций;
- ✓ применение телефонных концентраторов.

Оконечными устройствами СТС являются телефонные аппараты, которые с помощью абонентских линий (АЛ) подключаются к АТС. *В зависимости от назначения и места установки АТС делятся на оконечные станции (ОС), узловые станции (УС) и центральную станцию (ЦС).* Оконечные станции устанавливаются в небольших населенных пунктах, на фермах и т.д. Узловые станции обычно размещаются в посёлках и центральных усадьбах хозяйств. Центральная станция устанавливается в районном центре (см. рис. ниже).

Способы построения СТС [1]



Способы построения СТС

Оконечные станции могут включаться непосредственно в ЦС – радиальное построение СТС (рис. а), или через УС – радиально-узловое построение СТС (рис. б). При радиальном (одноступенчатом) способе построения СТС обеспечивается минимальное затухание телефонного тракта между телефонными аппаратами, включёнными в разные станции, упрощается станционное оборудование, ускоряется процесс установления соединений. Однако в условиях малой ёмкости ОС и значительных расстояний между ними *при радиальном способе требуются большие капитальные затраты на линейные сооружения межстанционной связи*. Радиально-узловой (двухступенчатый) способ построения позволяет сократить протяжённость СЛ между ОС одного узлового района и укрупнить пучки СЛ на участках УС-ЦС с целью повышения их использования.

На реальных СТС способы построения межстанционных связей комбинируются (рис. в) исходя из конкретных условий размещения станций на территории района, его площади, ёмкости станций и других соображений.

При значительном взаимном телефонном тяготении между ОС и УС может оказаться экономически целесообразной организация на СТС поперечных связей. На схеме рис. в поперечные связи показаны штриховыми линиями.

Когда районный центр сельского административного района является городом с районированной городской телефонной сетью, СТС и ГТС образуют единую **комбинированную телефонную сеть (КТС)**. При построении комбинированных сетей на ГТС райцентра предусматривается организация ЦС или транзитного узла исходящего и входящего сообщения **сельско-пригородной связи (УСП)**, через который осуществляется связь как между станциями СТС, так и станций СТС со станциями ГТС. Кроме того, через ЦС или УСП обеспечивается исходящая и входящая междугородная связь абонентов СТС, а также связь абонентов СТС с экстренными и справочно-информационными службами.

Системы АТС на СТС

Во многих регионах России на СТС до сих пор основным коммутационным оборудованием является координатное оборудование типа [1]:

- АТС К-50/200 - сельская координатная АТС емкостью от 50 до 200 номеров;
- АТС К-50/200М - модернизированная АТС К-50/200;
- АТС К-100/2000 – сельская координатная АТС емкостью от 100 до 2000 номеров.

В настоящее время на СТС идёт процесс замены старых АТС и установки новых современных цифровых АТС.

Вопросы модернизации сельских координатных АТС и анализ решений о переводе СТС в сеть NGN/IMS требуют отдельного рассмотрения.

Вопросы модернизации СТС (типичный сценарий модернизации, два варианта модернизации телефонной сети райцентра) рассмотрены в книге **Н.А. Соколова**. Задачи планирования сетей электросвязи. – СПб.: Техника связи, 2012. – 432 с.

Применение технологии WiMAX для развития местных сетей связи

На современном этапе развития инфокоммуникационных систем формируется спрос на услуги, требующие расширения пропускной способности сети доступа. Это можно сделать за счёт использования проводных и беспроводных средств связи. Для операторов связи и их клиентов *интересна ещё одна сфера использования беспроводных средств связи, а именно решение текущих задач по развитию местных телефонных сетей.* Поэтому технологии беспроводного доступа, среди которых выделяется стандарт WiMAX, являются эффективным средством для модернизации местных телефонных сетей.

Симбиоз технологий доступа позволяет решить ряд практически важных задач, а также повысить эффективность инвестиций, необходимых для модернизации сетей доступа.

Ещё об одном пути реконструкции ГТС

Кафедрой систем коммутации и распределения информации СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича по заказу МГТС была выполнена НИР, цель которой состояла в выборе пути реконструкции ГТС. Результаты этой НИР оказались настолько интересными и в какой-то степени неожиданными, что авторы решили поделиться с читателями журнала «Вестник связи» № 4, 2011, с. 58 – 60. Особенность НИР была в том, чтобы найти эффективный и быстрый способ реконструкции координатных АТС, который обеспечит возможность их использования в условиях перехода ТфОП к сети следующего поколения NGN с новыми инфокоммуникационными услугами на базе подсистемы IMS (IP Multimedia Subsystem) – концепция NGN/ IMS.

► **Ожидаемая глобальная мобильность заставляет искать пути развития инфокоммуникаций.** Уже началась разработка технологии 5G в рамках созданного Евросоюзом консорциума METIS (Mobile and wireless communications Enablers for the Twenty-twenty Information Society – Способы реализации мобильной и беспроводной связи в информационном обществе 2020). Концепция перехода к пятому поколению связи основана на превращении абонентских устройств в сетевые узлы, когда компьютеры и гаджеты взаимодействуют не через базовую станцию, а самостоятельно, образуя глобальную виртуальную сеть. *Идея реализуется благодаря программно-конфигурируемым сетям SDN (Software Defined Networks), придуманным в научной лаборатории Стэнфордского университета.*

Если для решения современных проблем в сетях NGN разграничили сервис и инфраструктуру, то в сетях SDN отделили уровень передачи данных от уровня управления этими данными.

► В феврале 2012 г. в МГУ был создан Центр прикладных исследований компьютерных сетей (ЦПИКС) для изучения перспектив и возможностей сетей SDN. Так как эта технология не стандартизирована, то у российских разработчиков есть шанс внести свою лепту в развитие сетей будущего. – См. Ж **РАДИОЧАСТОТНЫЙ СПЕКТР**, № 10, 2013, с. 22 – 25.