

## Развитие телекоммуникационных сетей в сельской местности

### Введение

Думать - самая трудная работа;  
вот, вероятно, почему этим  
занимаются столь немногие  
(Генри Форд)

Территория субъекта Российской Федерации, кроме Москвы и Санкт-Петербурга, включает несколько сельских административных районов. В границах территории каждого такого района создаются сельские сети электросвязи. Доминирующую роль в телекоммуникационной системе административного района играет сельская телефонная сеть (СТС).

В России сельские административные районы, выбранные наугад, могут существенно различаться по тем характеристикам, которые прямо или косвенно определяют принципы построения телекоммуникационной системы. В частности, занимаемая ими площадь и численность населения могут различаться на порядок и даже более. Географические и климатические условия также отличаются большим многообразием. Наконец, весьма ощутимы различия в уровне и темпах экономического развития отдельных сельских административных районов России.

Бессмысленно искать универсальные решения, позволяющие по единому плану эффективно развивать телекоммуникационные сети во всех сельских административных районах. Но можно сформулировать общие направления развития телекоммуникационных сетей в сельской местности. Этот вопрос составляет основную цель данной статьи. Она состоит из четырех разделов. Основные принципы, по которым создана существующая ныне система электросвязи в сельской местности, рассмотрены в первом разделе. Во втором разделе сформулированы наиболее вероятные сценарии модернизации сельских сетей электросвязи. Принципы модернизации сельских транспортных (первичных) сетей изложены в третьем разделе. Последний (четвертый) раздел посвящен принципам модернизации сельских коммутируемых (вторичных) сетей, из которых основное внимание уделяется СТС.

### 1. Существующая система электросвязи в сельской местности

Сегодняшние парадоксы - это  
завтрашние предрассудки  
(Марсель Пруст)

Система автоматической электросвязи в сельской местности начала формироваться в начале 50-х годов. В СТС появились первые автоматические телефонные станции (АТС). Это были релейные станции на 40 и 80 номеров. С 1957 года развитие СТС осуществлялось за счет внедрения декадно-шаговых АТС. В 1962 году началось внедрение сельских координатных АТС, которые стали устанавливаться на всех уровнях иерархии СТС. Основу транспортных сетей в сельской местности долгое время составляли воздушные линии. Более того, до 50-х годов часто использовались так называемые однопроводные цепи. Позднее стали использоваться кабели связи, а затем и радиорелейные линии (РРЛ).

Вся система сельской связи была ориентирована, в первую очередь, на поддержку производственных процессов в колхозах, совхозах и им подобных институтах централизованной советской экономики. Недостатки существующей системы сельской связи, в значительной мере, обусловлены тем, что она не может гибко

приспосабливаться к изменяющимся условиям экономической и социальной жизни сельских жителей. Один из характерных примеров – использование сельских АТС малой емкости, фактически выполнявших роль учреждений станций.

Было бы неверно трактовать все недостатки системы сельской связи как следствие централизованной экономики. Не менее существенны технические просчеты. Характерными примерами - использование нестандартных систем сигнализации и специфических процедур обработки вызовов в СТС.

В статье будет часто упоминаться СТС; уместно кратко рассмотреть ее типичную структуру, которая изображена на первом рисунке.

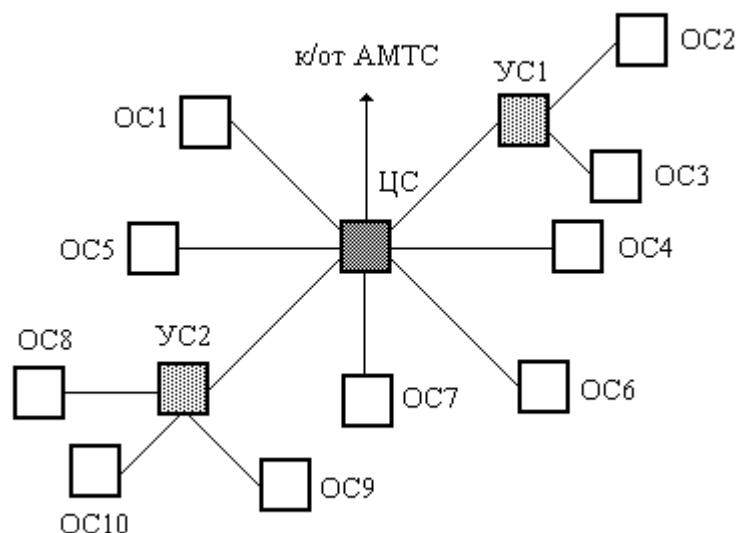


Рис.1. Типичная структура сельской телефонной сети

Главный элемент СТС – центральная станция (СТС). Она устанавливается в каждом районном центре. ЦС также входит в состав коммутационных станций городской телефонной сети (ГТС) районного центра (именно такая ситуация показана на первом рисунке). В некоторых случаях ЦС является единственной АТС в ГТС районного центра. Иногда, вместо ЦС, устанавливаются узел сельско-пригородной связи (УСП), отличающийся от ЦС тем, что он не содержит абонентскую емкость.

В ЦС включаются сельские оконечные станции (ОС). Различают два способа их включения: непосредственно и через узловые станции (УС). На первом рисунке показаны две УС. Через УС1 в ЦС включены ОС2 и ОС3. Через УС2 в ЦС включаются три станции – ОС8, ОС9 и ОС10. Каждая УС может устанавливать транзитные коммутируемые соединения между включенными в нее ОС.

ЦС обеспечивает организацию междугородной связи для абонентов СТС и ГТС районного центра. Для этого она связана каналами внутрizonовой связи с автоматической междугородной телефонной станцией (АМТС), которая расположена в административном центре субъекта Федерации.

Затраты на построение и техническое обслуживание СТС в значительной мере определяются поверхностной плотностью размещения потенциальных абонентов. В скандинавских странах типичная величина поверхностной плотности населения составляет 1000 абонентов на один квадратный километр [1]. Для российских регионов [2, 3] эта величина лежит в диапазоне 2,2 (Восточно-Сибирский экономический район) – 62,8 (Центральный экономический район). Эти оценки позволяют сделать два вывода. Во-первых, затраты на построение современных сельских сетей электросвязи в России будут, в среднем, превышать общемировой уровень. Во-вторых, эти затраты могут существенно колебаться для различных регионов России.

Важнейшим показателем развития телекоммуникационной системы считается величина телефонной плотности. В российской статистике она часто именуется «обеспеченностью населения телефонными аппаратами». Обычно телефонная

плотность измеряется численностью основных телефонных аппаратов (ОТА) на 100 жителей, а в России – на 100 семей.

По официальным статистическим данным [4] к началу 1998 года телефонная плотность в российских городах составляла 49,2 ОТА на 100 семей. В сельской местности эта величина была существенно ниже – 19,8 ОТА на 100 семей. Емкость ГТС (24,0 млн номеров) также заметно превышала аналогичную величину для СТС (4,2 млн номеров). В российских городах более 76% всех ОТА установлено в жилых помещениях. Для сельской местности эта величина составляет 64%.

Интересны статистические данные по численности городских и сельских АТС. В составе ГТС эксплуатировалось 7,5 тысяч АТС, а для построения СТС было использовано примерно 27 тысяч станций. Это означает, что средняя величина емкости городской АТС составляла 3200 номеров, а сельской АТС – 156 номеров. В перечень городских станций входят АТС малой емкости, расположенные в поселках городского типа, а в некоторых случаях и концентраторы. Если для ГТС не учитывать подобные виды коммутационного оборудования, то средняя величина емкости городской АТС составит порядка 8000 номеров, а для СТС приведенную выше оценку можно считать стабильной.

Сравнивать величины средней емкости российской сельской АТС и зарубежных станций аналогичного назначения достаточно сложно. Это объясняется различными принципами построения систем телефонной связи. Тем не менее, ряд косвенных данных [5] позволяют считать, что в мире используются сельские АТС, емкость которых на порядок выше той, что свойственна российским СТС.

Значительная часть технических средств, используемых в системе сельской связи, морально и физически устарела. В частности, порядка 90% сельских АТС – это координатные станции. Правда, в сельской местности практически нет представителей более старого типа коммутационного оборудования – декадно-шаговых АТС. Для большинства СТС характерно низкое использование монтированной емкости коммутационного оборудования. В среднем, по России эта величина составляет около 80%.

Вся система сельской связи нуждается в существенной модернизации. Как будет протекать этот процесс, если учесть жесткие финансовые ограничения и сложности технического характера? Дать простой ответ на этот вопрос невозможно. Несколько проще представить на обсуждение ряд сценариев, по которым будет осуществляться модернизация сетей электросвязи в сельской местности.

## **2. Наиболее вероятные сценарии модернизации сетей электросвязи**

Национальной науки нет, как нет  
национальной таблицы умножения  
(А.П. Чехов)

Хочется надеяться, что дальнейшее развитие системы сельской связи будет происходить так, чтобы постепенно стерлись все существенные различия между телекоммуникационными сетями в России и в развитых странах. В первую очередь, должны быть максимально унифицированы базовые принципы развития городских и сельских сетей электросвязи при неукоснительном соблюдении соответствующих международных стандартов и норм.

Следующий аспект развития сельских сетей – выбор подходящих телекоммуникационных технологий с точки зрения тех особенностей, которые присущи системе связи в сельской местности. Подробнее эти вопросы рассмотрены в двух следующих разделах статьи, но самые общие рекомендации можно сформулировать в виде следующих семи тезисов:

- в качестве среды передачи сигналов целесообразно ориентироваться на кабели с оптическими волокнами (ОВ), что обеспечивает возможность наращивания

пропускной способности транспортной сети по мере появления спроса на широкополосные услуги;

- при невозможности и/или нецелесообразности прокладки кабелей с ОВ необходимо использовать цифровые радиорелейные линии (РРЛ), а в некоторых случаях и системы спутниковой связи;
- для включения абонентских терминалов в АТС целесообразно широко использовать системы беспроводного (wireless) доступа, которые во многих случаях являются весьма эффективным средством развития СТС;
- в СТС следует устанавливать цифровые коммутационные станции большой емкости, используя концентраторы и/или другие выносные модули для экономичного построения сети доступа в сельской местности;
- сети передачи данных, подачи программ звукового и телевизионного вещания должны быть максимально объединены с СТС и сельской транспортной сетью для снижения затрат на развитие системы сельской связи и ее техническую эксплуатацию;
- принципы модернизации телекоммуникационной системы должны учитывать экономические и социальные условия жизни в сельской местности, легко адаптируясь к их изменению;
- должны быть найдены (с учетом специфики региона или даже каждого субъекта Федерации) разумные формы государственной поддержки процесса развития системы сельской связи, как это сделано в большинстве развитых стран.

Эти положения связаны с качественными аспектами модернизации сельских телекоммуникационных сетей. Количественные аспекты этого процесса можно проиллюстрировать с помощью графика, приведенного на втором рисунке. На этом графике показан предложенный в [6] метод для оценки некоторых характеристик развития телекоммуникационных сетей.

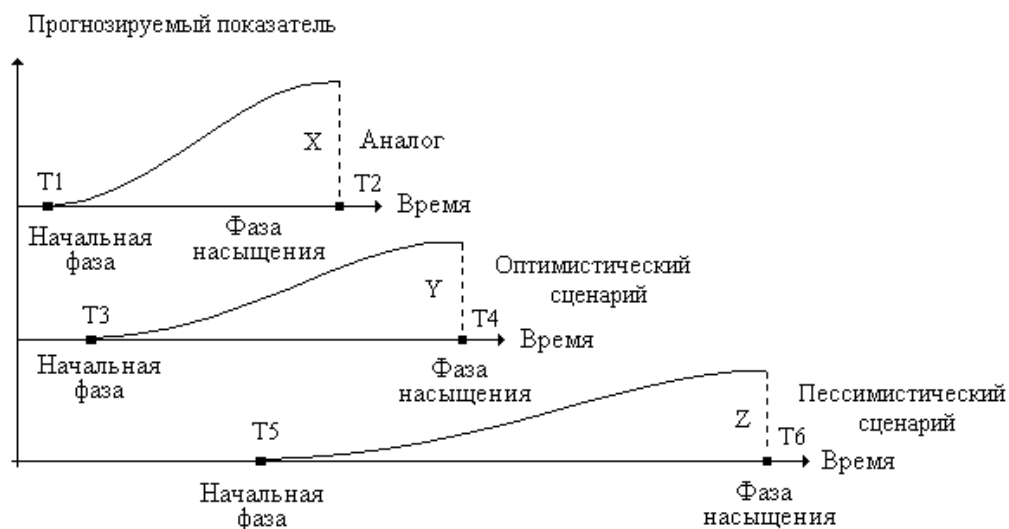


Рис.2. Прогнозирование развития системы сельской связи

Часто приходится прогнозировать такие процессы развития сетей связи, для которых отсутствует статистический ряд. Характерный пример – оценка доли абонентов цифровой АТС, которой будут необходимы услуги цифровой сети интегрального обслуживания (ЦСИО). В подобных ситуациях можно найти прогнозы или статистические данные, описывающие аналогичный процесс в более развитой сети. Верхний график представляет такую зависимость, названную «Аналогом».

Для этой зависимости на оси «Время» известны точки T1 (начальная фаза процесса) и T2 (фаза, когда наступает процесс насыщения). Известно также максимальное значение оцениваемой величины (X). Можно, в принципе,

аппроксимировать полученную зависимость в виде непрерывной или же ступенчатой функции.

Дальнейшие рассуждения основаны на том, что в России будет наблюдаться подобный процесс, отличающийся временем начала и насыщения, а также максимальным значением изучаемого показателя. Тогда можно разработать ряд сценариев, представляющих наиболее вероятный характер изменения рассматриваемой величины.

На двух нижних графиках показаны оптимистический и пессимистический сценарии. Они различаются значениями времени начала процесса и его вхождения в фазу насыщения, а также максимальной величиной исследуемого показателя. Очевидно, что  $T5 > T3 > T1$ ,  $T6 > T4 > T2$  и  $X > Y > Z$ . Выбор (или расчет) величин  $T3$ ,  $T4$ ,  $T5$ ,  $T6$ ,  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  - предмет отдельной работы. Следует, вероятно, отметить, что достаточно просто эти величины могут быть получены методом экспертных оценок.

Можно (а часто – и необходимо) разрабатывать большее число сценариев. По крайней мере, уместен анализ и прагматического сценария, наиболее вероятного для практической реализации. Наличие нескольких сценариев полезно Оператору и Проектировщику для того, чтобы учесть возможное развитие событий как с технической, так и с экономической точек зрения.

### 3. Принципы модернизации сельских транспортных сетей

Невозможное сегодня  
станет возможным завтра  
(К.Э. Циолковский)

Транспортная сеть играет роль фундамента всей телекоммуникационной системы. Она обеспечивает ресурсами (каналами и трактами) большинство коммутируемых сетей. В городах процесс консолидации канальных ресурсов в единой транспортной сети был не так заметен как в сельской местности. Там, за исключением, пожалуй, системы распределения программ телевидения, транспортная сеть давно стала единой базой для всех видов коммутируемых сетей.

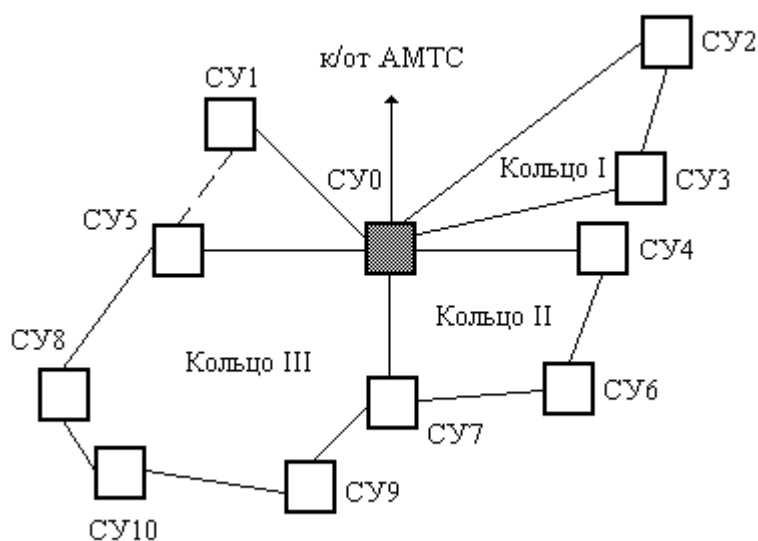


Рис.3. Структура сельской транспортной сети

Теперь переход к действительно единой транспортной сети стал неотъемлемой частью процесса модернизации системы связи в городах. В сельской местности модернизация транспортных сетей осуществляется по тем же принципам, которые характерны для российских городов. Основной вариант – построения колец с использованием современной среды передачи сигналов, которая уплотняется цифровыми системами, входящими в так называемое семейство синхронной иерархии [7]. Модель транспортной сети, основанной на кольцевых структурах, приведена на третьем рисунке.

Рассматриваемая структура основана на модели, которая была изображена на первом рисунке. В помещении (кроссе) каждой сельской АТС расположен комплекс оборудования, образующий сетевой узел (СУ). Он является основным элементом транспортной сети, обеспечивающим ее надежное и качественное функционирование. На рисунке показан вариант построения сельской транспортной сети из трех колец. На момент реализации транспортной сети СУ1 не входит ни в одно кольцо. В перспективе (что отмечено пунктирной линией) подразумевается подключение СУ1 в кольцо III. В этом случае, все СУ имеют два независимых (в терминах теории надежности) направления связи с СУ0, который расположен в помещении ЦС.

Кольцевой сети свойственны минимальная суммарная длина кабеля, необходимая для построения транспортной сети, и достаточно высокая вероятность связности любой пары СУ. Кроме того, кольцевая топология эффективна для построения сетей распределения программ телевизионного и звукового вещания. Принципы ее работы универсальны как при использовании кабеля с ОВ, так и при установке цифровых РРЛ.

Вероятно, кольцевые структуры будут доминировать в транспортных сетях, основанных на кабелях с ОВ и цифровых РРЛ. Иная ситуация складывается при использовании различных беспроводных средств, а также систем спутниковой связи. Применение систем спутниковой связи в некоторых случаях может считаться единственным вариантом организации связи в сельской местности. Этот вопрос требует отдельного изучения. Вариант применения беспроводных технологий в процессе модернизации СТС кратко рассмотрен в следующем разделе статьи.

#### **4. Принципы модернизации сельских коммутируемых сетей**

Фантазия важнее знания  
(Альберт Эйнштейн)

Появление новых телекоммуникационных технологий обычно приводит к некоей эйфории, вследствие которой рождаются гипотезы о скорой кончине ныне функционирующих сетей. Сейчас обсуждаются (весьма серьезно) мрачные перспективы классической телефонии. Прагматикам понятно, что для России, а тем более для системы сельской связи, цифровая телефония надолго останется основным направлением модернизации телекоммуникационной системы.

Это не означает, что абоненты, проживающие в сельской местности, не нуждаются в новых телекоммуникационных услугах. Существенно то, что новые телекоммуникационные услуги в сельской местности будут, по всей видимости, востребованы в иных объемах и несколько позже, чем в городах. Такое утверждение справедливо только для среднестатистических городов и сельских местностей.

Преобразование аналоговых СТС с присущими им особенностями (применение АТС малой емкости, специфические системы сигнализации и тому подобное) в современные цифровые коммутируемые сети будет осуществляться по различным сценариям. Выбор оптимального сценария – весьма сложная задача. Ее можно решить только при анализе характеристик конкретной СТС и предъявляемых к ней требований. Совокупность возможных методов цифровизации СТС может быть представлена следующими сценариями [5, 8]:

- постепенная замена аналоговых АТС (по мере их физического и/или морального старения) цифровыми коммутационными станциями;
- построение «наложенной цифровой сети», что подразумевает замену, в первую очередь, аналоговой ЦС;
- замена сразу всех аналоговых АТС цифровыми коммутационными станциями (метод «Бульдозера»);
- полная интеграция СТС с цифровой ГТС районного центра, которая представляет собой один из вариантов построения «наложенной сети».

Все эти сценарии могут использоваться в «чистом виде». Возможно также разумное сочетание двух (или более) сценариев. Во всех случаях модернизация СТС может предусматривать широкое использование беспроводных (wireless) средств электросвязи.

На четвертом рисунке в качестве примера показан один из возможных вариантов преобразования аналоговой СТС в цифровую сеть. Этот вариант основан на стратегии «наложенная сеть», и предусматривает также частичную интеграцию с ГТС районного центра.

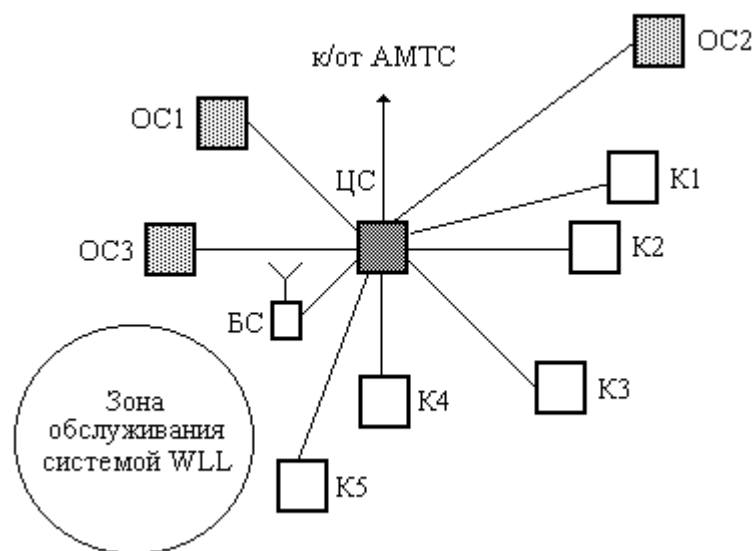


Рис.4. Структура цифровой телефонной сети

В цифровой телефонной сети, создание которой началось с установки новой ЦС, используются три основных вида оборудования. Часть аналоговых ОС заменена цифровыми станциями. В цифровой СТС насчитывается три таких ОС. Функции других демонтированных аналоговых ОС возложены на пять выносных концентраторов (К), которые включены в ЦС. Подобные варианты уже используются для модернизации СТС [9].

Наконец, оборудование беспроводного доступа (WLL) обслуживает группу абонентов, которая ранее была распределена по нескольким аналоговым станциям. Для этого в ЦС включено оборудование базовой станции (БС).

В СТС могут применяться различные технологии беспроводного доступа. Безусловно, предпочтение Операторы отдают цифровым методам – TDMA и CDMA [10]. Тем не менее, Операторы китайской ТФОП, которая развивается стремительными темпами, в зонах низкой телефонной плотности ориентируются на аналоговое оборудование FDMA [10].

Создаваемая цифровая СТС может рассматриваться как телефонная сеть, позволяющая ввести ряд новых видов услуг. В частности, появляется возможность организации качественного доступа в Internet. Во-первых, в цифровой сети качество передачи дискретной информации между модемами позволяет обмениваться данными на весьма высоких скоростях. Во-вторых, пользователям Internet доступны более высокие скорости, поддерживаемые в ЦСИО. В частности, ресурсы базового доступа

ЦСИО (конфигурация 2B+D) обеспечивают обмен данными на скоростях вплоть до 128 кбит/с. Вероятно, такие скорости достаточны для подавляющего большинства пользователей Internet, проживающих в сельской местности.

## Выводы

Следуй своей дорогой, и пусть  
люди говорят что угодно  
(Данте Алигьери)

Конечно, развитие сельской связи идет медленнее, чем хочется всем участникам телекоммуникационного рынка – абонентам, Операторам, Поставщикам оборудования. Вероятно, не всегда Оператор принимает оптимальные системные решения. Это объяснимо. Эффективному развитию сельской связи препятствует множество факторов. Целесообразно выделить два главных фактора: проблемы экономического характера и отсутствие научно обоснованных методов инженерного планирования телекоммуникационных сетей в сельской местности, которые бы учитывали все многообразие географических, демографических, климатических и иных особенностей сельских регионов России.

В процессе цифровизации СТС необходимо учитывать накопленный развитыми и развивающимися странами опыт по модернизации системы связи в сельской местности. Еще важнее - соблюдать международные стандарты, чтобы телекоммуникационная система России органично вписывалась в Глобальную Информационную Инфраструктуру.

## Список литературы

1. Broadband Access Networks. Edited by Leif Aarthun Ims. - Chapman & Hall, 1998.
2. Большой энциклопедический словарь. - Санкт-Петербург: "Норинт", 1997.
3. Россия в цифрах, 1999 год. - Москва: "Финансы и статистика", 2000.
4. Российский статистический ежегодник. Госкомстат России. М., 1998.
5. Н.А. Соколов. Эволюция местных телефонных сетей. - Издательство ТОО "Типография "Книга", Пермь, 1994.
6. N. Sokolov. Traffic Forecasting for the Digital Overlay Networks. - International Conference "Distributed Computer Communication Networks. Theory and Application", Proceedings, November 4 - 8, 1997, Tel-Aviv (Israel).
7. Н.Н. Слепов. Синхронные цифровые сети SDH. 3-е изд., исправленное. – М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 1998.
8. Соколов Н.А. Применение цифровых коммутационных станций на СТС. - Электросвязь, 1993, № 6.
9. Цифровизация телефонных сетей Калужской области. - ТелеВестник, № 4, 1995.
10. R. L. Freeman. Telecommunications System Engineering. Third Edition – John Wiley & Sons, Inc., 1996.