

Научно-технический центр “Протей”

Формирование NGN как наложенной сети

Руководящий технический материал

Версия I

2007 год

1. Общий подход

Выбор стратегии создания NGN определяется множеством факторов, среди которых целесообразно выделить методологический подход, используемый Оператором. Он служит основой для программы модернизации существующей инфокоммуникационной системы. Можно назвать три основных варианта составления подобных программ [1]. Первый вариант – самый простой. Оператор решает текущие задачи. Например, в текущем году необходимо заменить старую декадно-шаговую АТС и подключить группу абонентов в новом микрорайоне. Через два года придется заменить координатную АТС, которая физически устарела и так далее. В результате, к моменту полной модернизации местной телефонной сети сформируется структура NGN, которая почти полностью повторит созданную ранее топологию. Второй вариант предусматривает поиск оптимальной структуры для местной телефонной сети к моменту завершения процесса создания NGN. Далее разрабатывается поэтапная программа построения такой сети. Основная задача Оператора заключается в строгом выполнении программы модернизации сети. Третий вариант – компромиссное решение. Определяется оптимальная структура NGN, но программа ее модернизации не считается догмой. Периодически эта программа корректируется с учетом изменяющихся внешних и внутренних факторов.

Третий вариант формирования NGN представляется самым разумным. Правда, ему свойственны два основных недостатка. Во-первых, начальные инвестиции Оператора не будут минимальны. Сэкономить на первом этапе модернизации ГТС или СТС можно только при выборе первого варианта развития местной телефонной сети. Во-вторых, для задач планирования сети третий вариант – самый сложный. Тем не менее, его реализация приведет к минимальным суммарным затратам на построение NGN.

Создание структуры NGN, которая выбрана в качестве оптимальной, можно считать задачей, в которой известны начальные условия и ответ. Необходимо выбрать методику, позволяющую получить известное решение рациональным способом. Эту методику – с учетом принятых ныне принципов построения местных телефонных сетей – необходимо разработать для четырех топологий. Каждый из четырех следующих разделов посвящен одной из таких топологий.

2. Модернизация телефонной сети без узлов

Значительная часть городских российских ГТС была построена по принципу связи коммутационных станций "каждая с каждой". Ранее подобный способ организации межстанционных связей использовался в городах при емкости ГТС не более 80 тысяч номеров [2]. При использовании цифровых коммутационных станций топология "каждая с каждой" становится экономически целесообразной для ГТС емкостью в несколько раз больше [1, 3]. Сети такой емкости созданы во многих городах, которые не являются центрами субъекта Федерации.

Для ГТС без узлов могут использоваться различные способы перехода к NGN. Тем не менее, можно разработать общий подход, который содержит базовые решения по переходу к NGN. Для иллюстрации этих решений выбрана модель ГТС, показанная на рисунке 1. Она состоит из шести РАТС. Четвертая РАТС – комбинированная станция. Она выполняет также функции узла сельско-пригородной связи (УСП). Он необходим для связи с АМТС, обычно расположенной в центре субъекта Федерации. Предположим, что РАТС1, РАТС3 и РАТС4 – аналоговые коммутационные станции. Три оставшиеся РАТС относятся, соответственно, к поколению цифровых коммутационных станций.

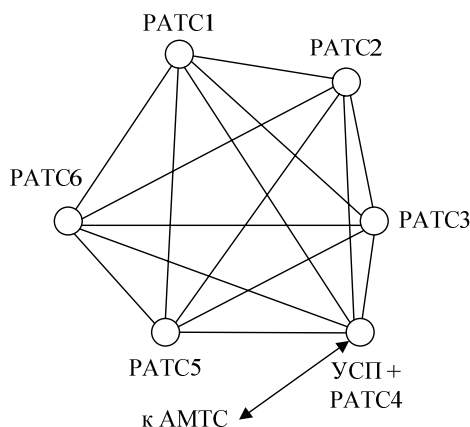


Рисунок 1. Модель ГТС без узлов

Множество всех возможных структур NGN для рассматриваемой модели невелико. Поэтому целесообразно использовать метод перебора всех допустимых решений, чтобы выбрать оптимальную структуру NGN. Принципы выбора оптимальной структуры NGN следует рассматривать как отдельную самостоятельную задачу. Структура NGN считается оптимальной, если при выбранном критерии (например, при минимальных инвестициях на реализацию проекта) и заранее заданных ограничениях определены основные атрибуты сети. Их характерными примерами можно считать:

- численность коммутаторов (включая шлюзы) различного назначения;
- места расположения этих коммутаторов и их пропускную способность;
- схему связи коммутаторов между собой.

Допустим, что оптимальная структура NGN известна. Она будет показана позже – на рисунке 5. Хорошо известно [1, 4], что NGN, как правило, начинает формироваться с уровня сетей международной и междугородной связи. Поэтому предполагается, что вместо АМТС будет установлен магистральный коммутатор (МК), который обеспечивает транзит IP пакетов, содержащих информацию любого вида (речь, данные, видео и их комбинация), в сетях междугородной и международной связи.

В нашем примере четыре концентратора МАК обеспечивают обслуживание всех абонентов, которые ранее были включены в РАТС3 и РАТС4. Выбор оптимального числа МАК – самостоятельная задача, для решения которой используются оптимизационные методы. В границах IP сети показан также транспортный шлюз MG (Media Gateway), который обеспечивает взаимодействие МАК со всеми РАТС, использующими технологию "коммутация каналов".

В сети NGN необходим еще один элемент – МКД. Он представляет собой Softswitch класса 5 [5, 6]. Пятый класс оборудования коммутации используется на уровне местных сетей. Для анализа функций МКД необходимо обратиться к верхней плоскости второго рисунка, но прежде целесообразно привести краткие комментарии, касающиеся термина "Softswitch".

При разработке концепции NGN был введен термин MGC (Media Gateway Controller) – контроллер транспортного шлюза. Любой из вариантов перевода позволяет уяснить основные функции MGC. Известная компания Lucent Technologies присвоила своей разработке MGC фирменное название Softswitch. Все, на первый взгляд правильные и простые, варианты перевода этого слова не позволяют уяснить функции Softswitch. Тем не менее, именно этот, не самый удачный (по мнению ряда специалистов) термин прижился в технической литературе. Далее, чтобы не внести дополнительную путаницу, используется термин Softswitch.

Шесть РАТС, вне зависимости от типа используемого оборудования коммутации, можно рассматривать как пункты сигнализации – SP (signaling point). Такая трактовка была предложена МСЭ при разработке спецификаций для системы ОКС. Номера SP и РАТС совпадают. Для УСП выделен нулевой пункт сигнализации.

Основой сети сигнализации в NGN становится коммутатор Softswitch [5]. Его функции – к моменту завершения процесса модернизации ГТС – выполняют три МКД, что обеспечивает высокую надежность

инфокоммуникационной системы города. МКД поддерживает все протоколы сигнализации, необходимые и в NGN, и для взаимодействия с эксплуатируемыми ПАТС. Эти ПАТС могут использовать ОКС№7 или систему сигнализации, которая принята для электромеханических коммутационных станций. Для сигнализации на участках МАК – МКД, между МКД, а также между МКД и Softswitch класса 4 (который устанавливается на МК) предполагается использование протоколов SIP или SIP-T [6], но возможны и другие решения, соответствующие международным стандартам.

Следует подчеркнуть, что для взаимодействия с аналоговыми ПАТС необходим шлюз сигнализации SG (Signalling Gateway). Дело в том, что коммутаторы Softswitch не поддерживают процессы обмена сигналами управления и взаимодействия, которые используются в отечественных аналоговых коммутационных станциях. Предполагается, что в рассматриваемой модели ГТС только ПАТС1 построена на электромеханическом коммутационном оборудовании. Система сигнализации, принятая для российских аналоговых ПАТС, названа здесь R2-R. Такое обозначение расшифровывается как российская версия системы сигнализации R2, принятой МСЭ (как, например, ISUP-R для ОКС№7). На сленге связистов иногда используется шуточное название R1,5.

В результате установки нового оборудования создается база для формирования NGN. В правой части нижней плоскости рассматриваемой модели показан только один маршрут между каждым МАК и сетью IP. Этот маршрут иллюстрирует логическую связь МАК с сетью IP. Для надежной связи обычно используются кольцевые топологии [7], которые обеспечивают включение каждого МАК в сеть IP по двум независимым путям – рисунок 3. Кольцо может быть образовано новым поколением оборудования SDH, ориентированного на требования NGN [8], или с помощью того оборудования, в котором реализована технология RPR [9] или другая.

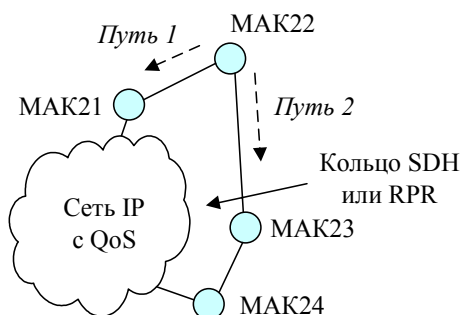


Рисунок 3. Два пути обмена информацией между MAK22 и IP сетью

На рисунке 4 показан один из возможных вариантов дальнейшего построения NGN. Он рассматривается как второй этап модернизации ГТС и основан на замене двух коммутационных станций: РАТС1 и РАТС2. Одновременная замена двух РАТС – одна из возможностей развития городской инфокоммуникационной системы. Принципы создания NGN не меняются и при замене одной РАТС на каждом этапе модернизации ГТС. В любом случае отправной точкой для выбора рационального решения служит вариант из заранее разработанной программы модернизации ГТС.

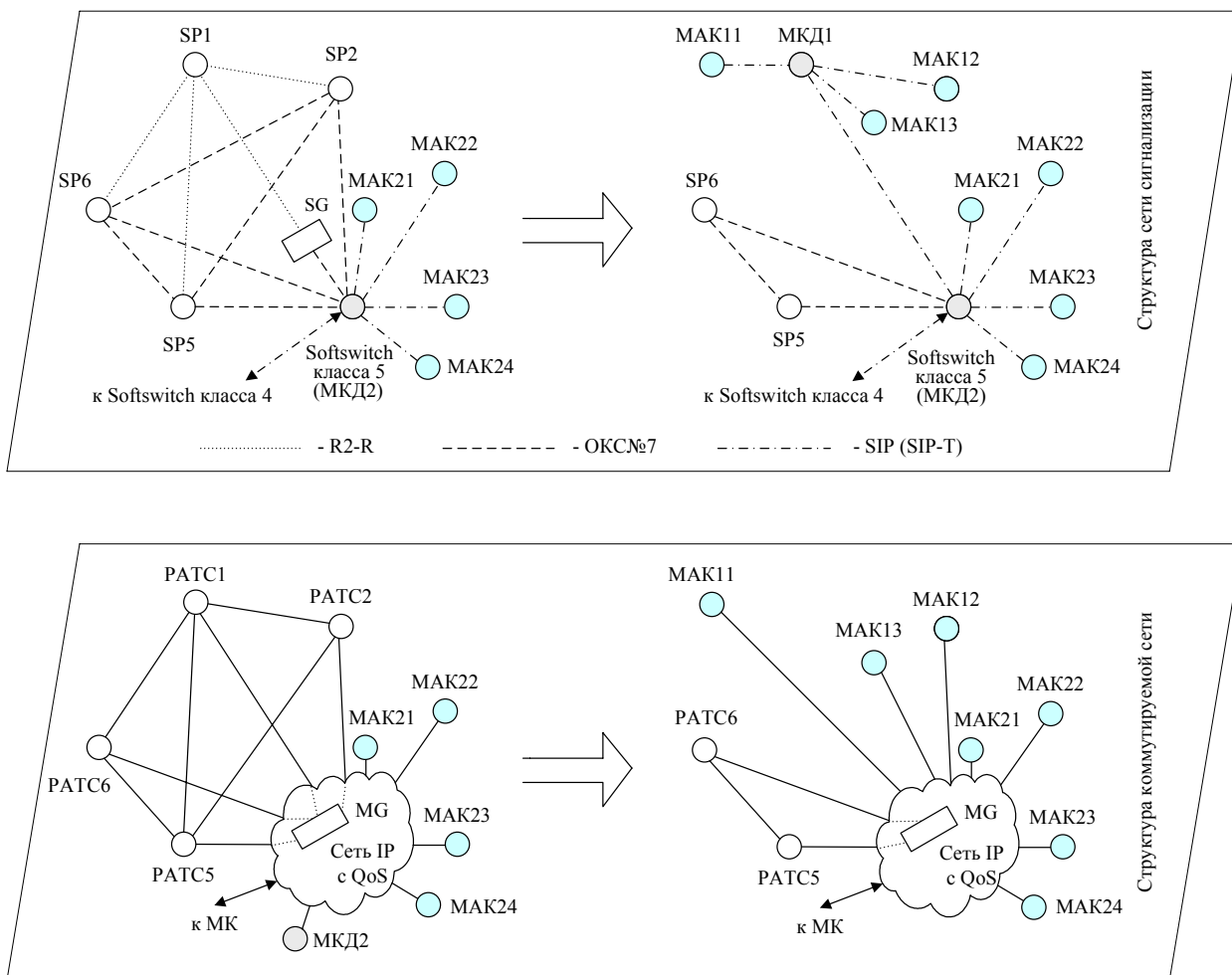


Рисунок 4. Второй этап модернизации ГТС без узлов

Установка МКД1 подразумевает реконструкцию сети доступа, в которой появляются еще три МАК. Между абонентами семи эксплуатируемых МАК все виды информации передаются в виде IP пакетов. Управляют соединениями два МКД. Переход к технологии "коммутация каналов" необходим только для соединений, которые устанавливаются с терминалами, включенными в РАТС5 или РАТС6.

Радикальные изменения свойственны сети сигнализации. Только для РАТС5 и РАТС6 используются системы сигнализации, реализованные для телефонной связи. Все остальные элементы городской сети (МАК и МКД) взаимодействуют между собой по единой системе сигнализации, принятой для NGN.

Топология сети становится все более похожей на структуру NGN, формирование которой завершается на третьем – заключительном – этапе. Этот этап (рисунок 5) приводит к созданию сети со структурой, которая была выбрана заранее в качестве оптимального решения. Выбор структуры – предмет отдельного исследования, но его результат не влияет на предлагаемую методологию модернизации ГТС. Предполагается, что все МКД должны быть связаны между собой для обеспечения высокой надежности системы сигнализации NGN. Кроме того, предусмотрена организация двух независимых направлений для обмена информацией с оборудованием Softswitch класса 4, который располагается в центре субъекта Федерации. Выход к этому Softswitch осуществляется через МКД1 и через МКД2. Такое решение гарантирует надежную связь городской сети NGN с верхними уровнями иерархии национальной инфокоммуникационной системы.

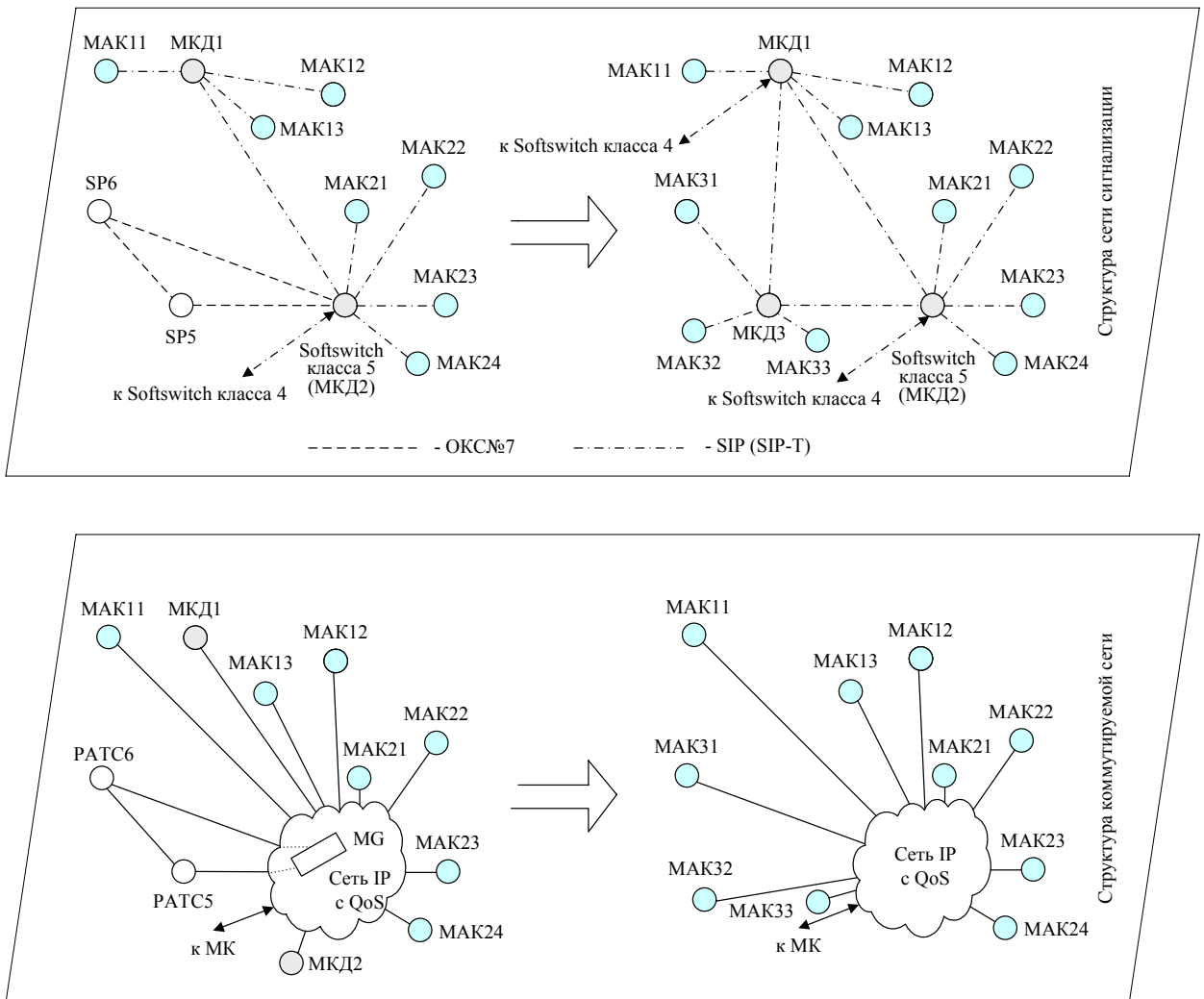


Рисунок 5. Третий этап модернизации ГТС без узлов

Варианты модернизации ГТС могут различаться темпами замены эксплуатируемого коммутационного оборудования, численностью МКД и МАК в IP сети, а также другими атрибутами. Они не влияют на методику поэтапного создания NGN. Она универсальна. Необходимо упомянуть еще одну проблему – выбор структуры сети IP и тех технологий, которые необходимы для поддержки показателей QoS. Не умаляя актуальность решения этих задач, следует отметить, что затраты Оператора на создание сети IP с поддержкой QoS существенно меньше тех инвестиций, которые потребуются для замены всех ПАТС и реализации современной сети доступа.

3. Модернизация телефонной сети с УВС

Многие российские ГТС построены как сети с узлами входящего сообщения (УВС). Ранее считалось, что такой принцип связи РАТС эффективен для ГТС, емкость которых не превышает 800 тысяч номеров [2]. Для ГТС такой емкости использовался шестизначный план нумерации. Модель сети, использующей УВС, показана на рисунке 6. Каждый УВС образует узловой район [2]. Предложенная модель состоит из двух узловых районов. В каждом районе установлены три РАТС. Обычно каждая РАТС связана с АМТС пучками заказно-соединительных линий (ЗСЛ). На рисунке 6 пучки ЗСЛ показаны только для РАТС13 и РАТС23. Входящие соединения от АМТС устанавливаются по СЛМ – соединительным линиям для междугородной связи. Пучки СЛМ включаются в узлы входящего сообщения для междугородной связи (УВСМ). Будем считать, что функции этих узлов выполняют УВС1 и УВС2. Предположим также, что первый узловой район построен за счет установки цифрового коммутационного оборудования. УВС2 и все РАТС второго узлового района относятся к поколению аналоговых систем распределения информации.

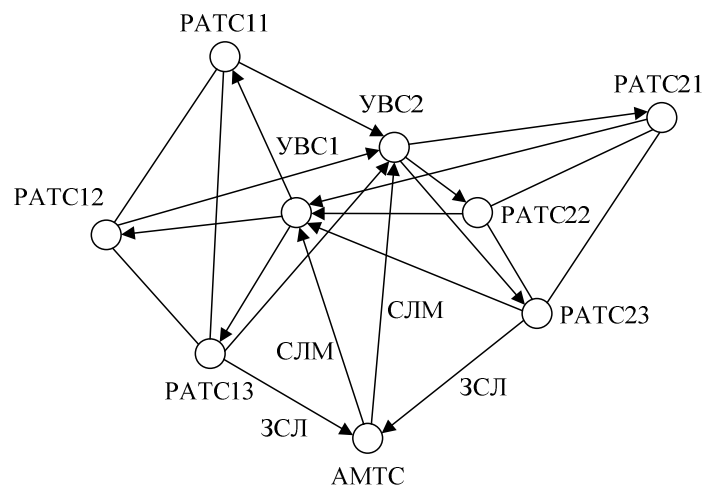


Рисунок 6. Модель ГТС с узлами входящего сообщения

Сети с УВС, как правило, создаются в городах, являющихся центрами субъектов Федерации. Принципами построения ТФОП предусматривают установку АМТС в центре каждого субъекта Федерации.

На первом этапе модернизации телефонной сети АМТС заменяется оборудованием МК или используется вместе с ним. Трафик речи, данных и видео в форме IP пакетов передается через МК, а АМТС обслуживает телефонную нагрузку в режиме коммутации каналов. Сеть IP, поддерживающая нормированные показатели QoS, при внутрizonовой, междугородной или международной связи, передает пакеты через МК.

На первом этапе характер модернизации сети с УВС будет определяться числом заменяемых РАТС. Целесообразно выделить два варианта модернизации рассматриваемой структуры ГТС, которые радикально отличаются друг от друга. Вариант I подразумевает одновременную замену всех РАТС одного узлового района. Очевидно, что такое решение требует существенных разовых инвестиций, но обеспечивает эффективный путь перехода к NGN. Для варианта II замена одной РАТС узлового района рассматривается как отдельный этап модернизации ГТС. Начальные затраты Оператора в этом случае будут минимальны, но процесс формирования NGN будет сложнее. По всей видимости, варианты I и II будут заметно различаться по суммарным затратам, необходимым для построения NGN. С этой точки зрения вариант I выглядит предпочтительнее.

На рисунке 7 показан вариант I для первого этапа модернизации сети с УВС. Нижняя плоскость иллюстрирует структуру городской сети, предназначенную для обмена информацией между терминалами пользователей. Изменения в системе сигнализации показаны в верхней плоскости рисунка 7. Поскольку коммутационное оборудование первого узлового района относится к современным системам распределения информации, замене подлежат УВС2 и обслуживаемые им аналоговые РАТС. Вместо трех аналоговых РАТС устанавливаются шесть концентраторов МАК. Эта величина выбрана условно. Методика определения оптимального

числа концентраторов – самостоятельная задача. Аналогично, сеть IP изображена в виде облака без уточнения числа используемых в ней маршрутизаторов.

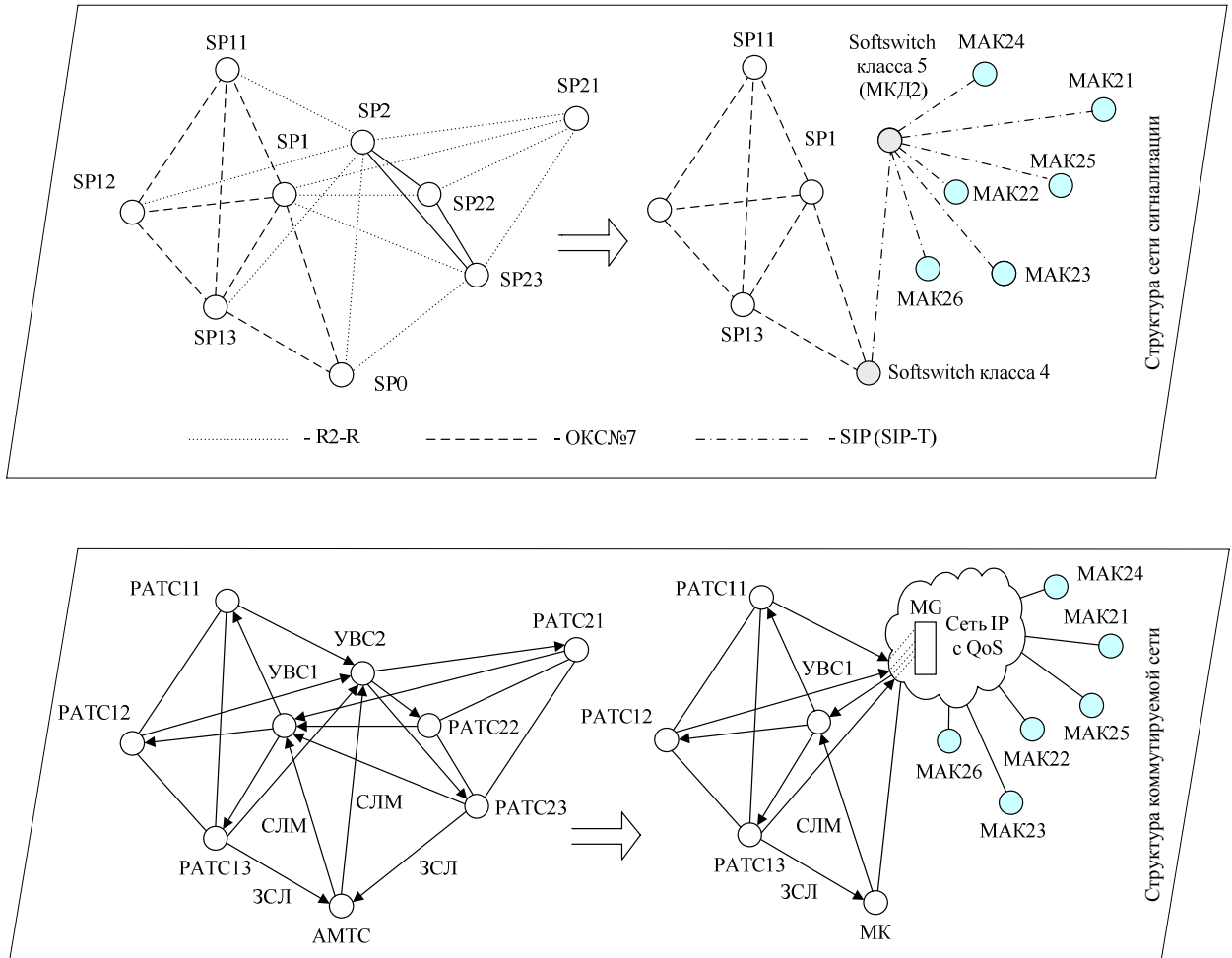


Рисунок 7. Первый этап модернизации ГТС с УВС. Вариант I

Между IP сетью и УВС1 должна быть создана линия передачи, обеспечивающая обслуживание входящего трафика ко всем ПАТС первого узлового района. Никаких других изменений в составе той части ГТС, которая использует технологию "коммутация пакетов", не требуется. Обслуживание абонентов второго узлового района осуществляется шестью концентраторами, управляемыми МКД.

Для обеспечения функций взаимодействия между МАК и МКД используется протокол SIP (SIP-T). Этот же протокол применяется для связи МКД и Softswitch класса 4, который устанавливается вместе с МК. Обмен сигналами управления и взаимодействия между сетью IP и коммутационным оборудованием первого узлового района может осуществляться через Softswitch класса 4. Именно такая структура сети сигнализации показана в верхней части рисунка 7. Если ресурсы используемого Softswitch класса 4 не обеспечивают такую возможность, то необходимо устанавливать звенья сигнализации между SP1 и IP сетью.

Вариант II, представленный на рисунке 8, подразумевает замену только одной РАТС. Предполагается, что демонтируется РАТС23. Абоненты, которых обслуживала эта станция, переключаются в два концентратора – МАК21 и МАК22. Необходима установка МКД2, выполняющего функции Softswitch класса 5 и шлюза сигнализации GS, надобность в котором – при реализации варианта I – отсутствует. Шлюз MG должен иметь высокую пропускную способность, так как он обслуживает значительный трафик. Кроме того, данный шлюз, если проанализировать реальные характеристики эксплуатируемых ГТС с УВС, должен обеспечивать подключение большого числа пучков СЛ.

или для их ремонта. Процесс замены РАТС21 и РАТС22 может растянуться на неопределенное время. Поэтому часть демонтируемого оборудования может оказаться востребованной.

На рисунке 9 показана структура сети, образующаяся после замены РАТС21 двумя концентраторами (МАК23 и МАК24). Оба концентратора включаются в сеть IP, что позволяет им поддерживать процессы обмена информацией любого рода в форме пакетов. Функции управления этими концентраторами возложены на МКД – Softswitch класса 5. МКД был установлен на первом этапе модернизации сети с УВС. Поэтому в плоскости, выделенной для сети сигнализации, не происходят столь же существенные изменения, которые характерны для нижнего фрагмента рассматриваемой модели.

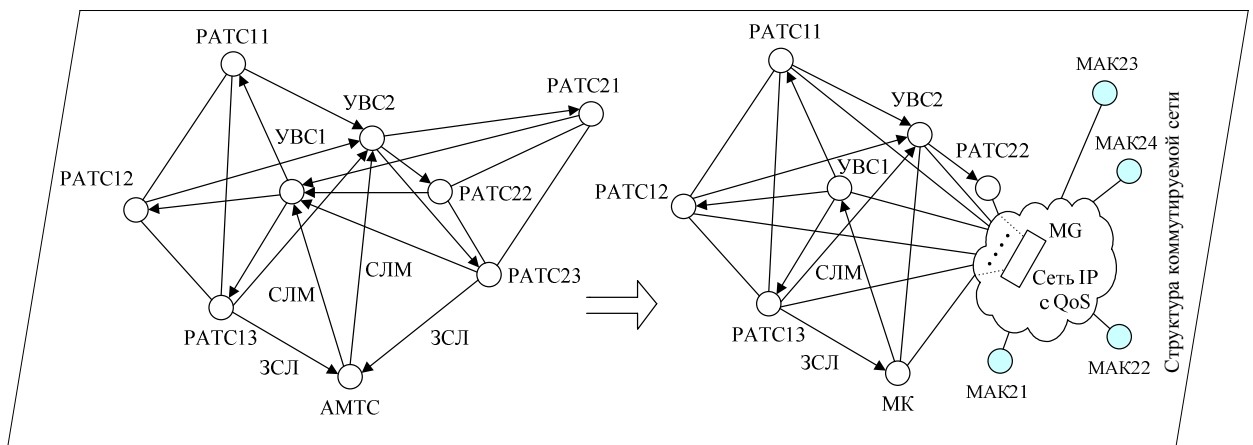
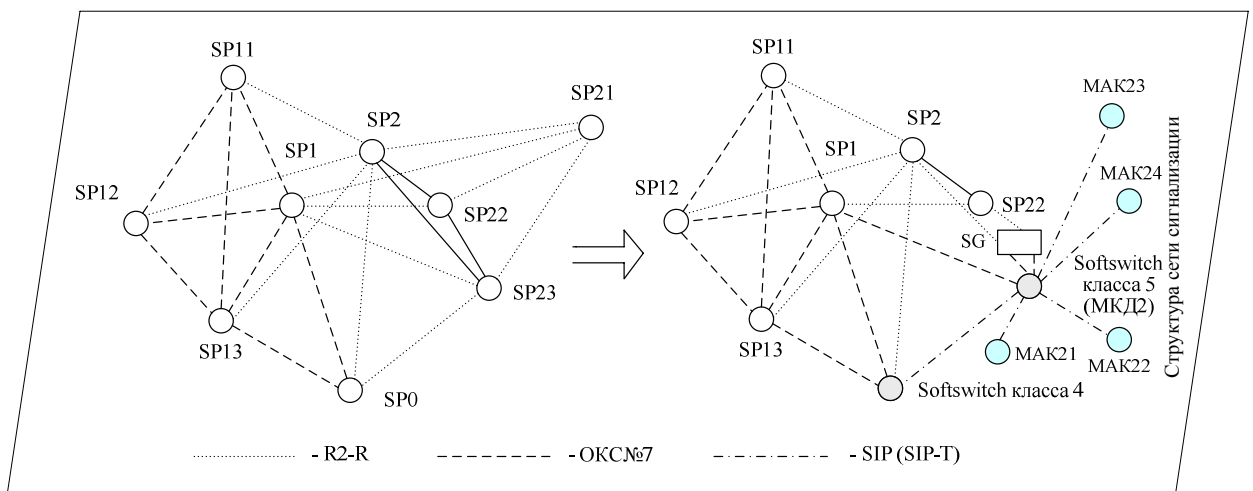


Рисунок 9. Второй этап модернизации ГТС с УВС. Вариант II

Следующий этап – замена РАТС22. В результате сформируется сеть, топология которой будет очень похожа на структуру, показанную на рисунке 7. Различия могут заключаться в количестве и местах расположения концентраторов МАК. Возможно, что не совпадут и места размещения МКД2.

Не исключено, что процесс демонтажа аналоговых РАТС еще не закончится, а уже возникнет необходимость замены цифровых коммутационных станций. И в этом случае подход к формированию NGN остается неизменным.

Вернемся к рисунку 7, который фиксирует состояние процесса построения NGN, практически идентичное для вариантов I и II. Далее будут заменяться цифровые РАТС первого узлового района. Эта операция может быть одномоментной – вариант I. Другие решения подразумевают постепенную замену цифровых РАТС. Если на каждом этапе модернизации ГТС будет заменяться только одна цифровая РАТС, то процесс становится похожим на вариант II. Его анализ был приведен выше, а структуры сетей показаны на рисунках 8 и 9. Поэтому далее рассматривается вариант I, когда все три цифровые коммутационные станции заменяются одновременно, а УВС1 ликвидируется.

Структура NGN, образующаяся после замены всех тех РАТС, которые использовали технологию "коммутация каналов", представлена на рисунке 10. Численность МАК и МКД выбрана произвольно – по аналогии с рисунками в разделе 2 для ГТС без узлов. Все одиннадцать концентраторов связаны с сетью IP двумя независимыми трактами (как показано на рисунке 3). Такая возможность обеспечивается применением кольцевых топологий при построении транспортной сети. Связь всех коммутаторов Softswitch обоих классов (пятого и четвертого) по принципу "каждый с каждым" гарантирует надежность сети сигнализации.

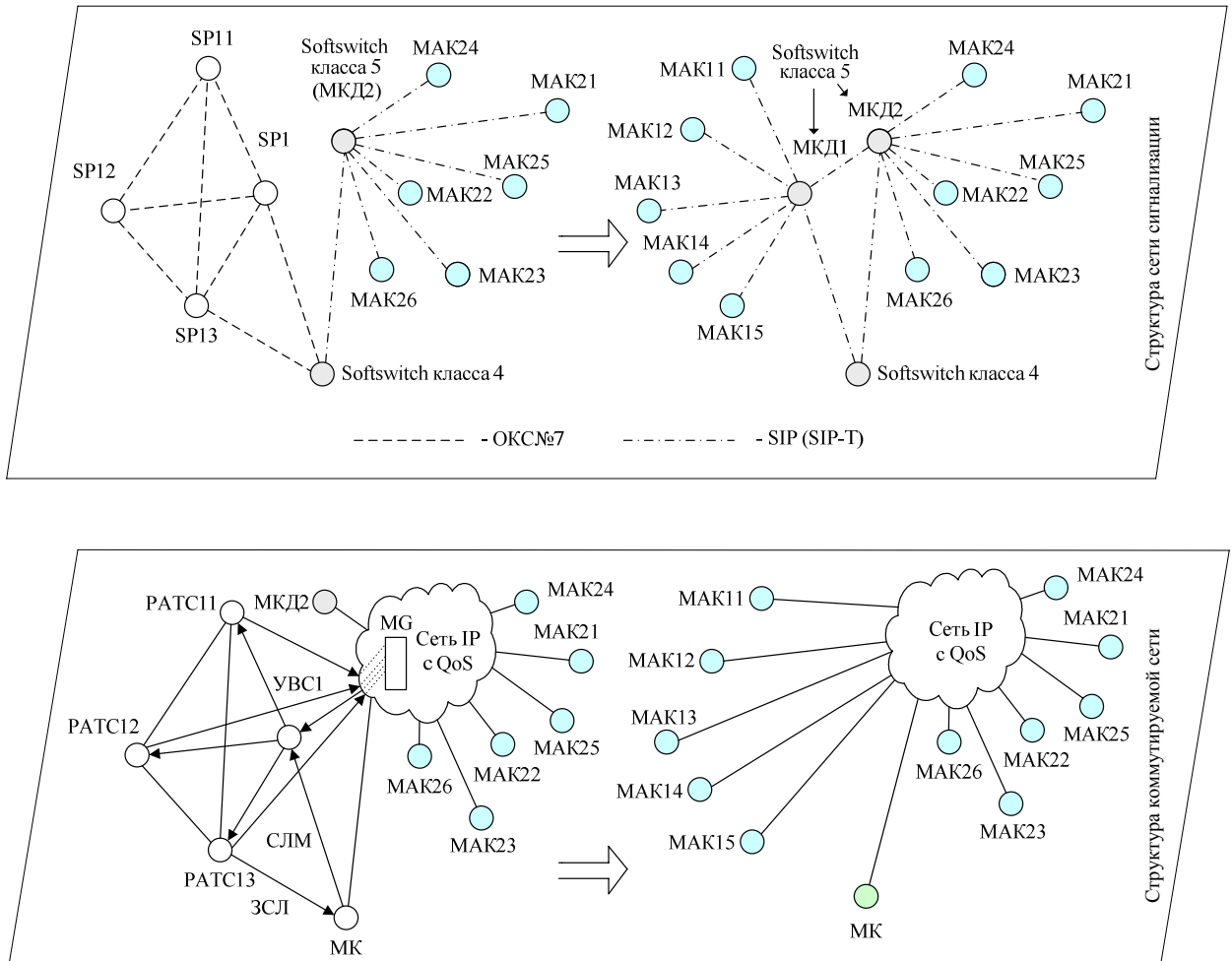


Рисунок 10. Заключительный этап модернизации ГТС с УВС. Варианты I и II

Правые нижние фрагменты рисунков 5 и 10 очень похожи. Это означает, что идеология NGN позволяет унифицировать структуру ГТС вне зависимости от ее емкости. Следует отметить, что и аппаратно-программным средствам, которые предназначены для построения NGN, также свойственна высокая степень унификации.

4. Модернизация телефонной сети с УИС и УВС

Телефонные сети в крупных российских городах помимо УВС используют узлы исходящего сообщения (УИС). В некоторых случаях устанавливаются узлы исходящего и входящего сообщения (УИВС). Во всех российских ГТС с УИС и УВС или с УИВС местный номер абонента состоит из семи знаков. В тот период времени, когда основным коммутационным оборудованием были электромеханические АТС, переход к сетям с УИС и УВС становился неизбежным при емкости ГТС свыше 800 тысяч номеров [2]. На самом деле переход к сетям с УИС и УВС осуществлялся при меньшей емкости ГТС.

Модель сети, построенной с УИС и УВС, показана на рисунке 11. Она состоит из двух узловых районов. В каждом таком районе изображены три РАТС. В первом узловом районе все три РАТС связаны между собой через свои узлы. Все РАТС во втором узловом районе связаны между собой по принципу "каждая с каждой". Предполагается, что пучки ЗСЛ и СЛМ организованы между АМТС и УИС/УВС соответственно. В отличие от модели, рассмотренной в предыдущем разделе, не вводится никаких предположений о типе систем коммутации в обоих узловых районах.

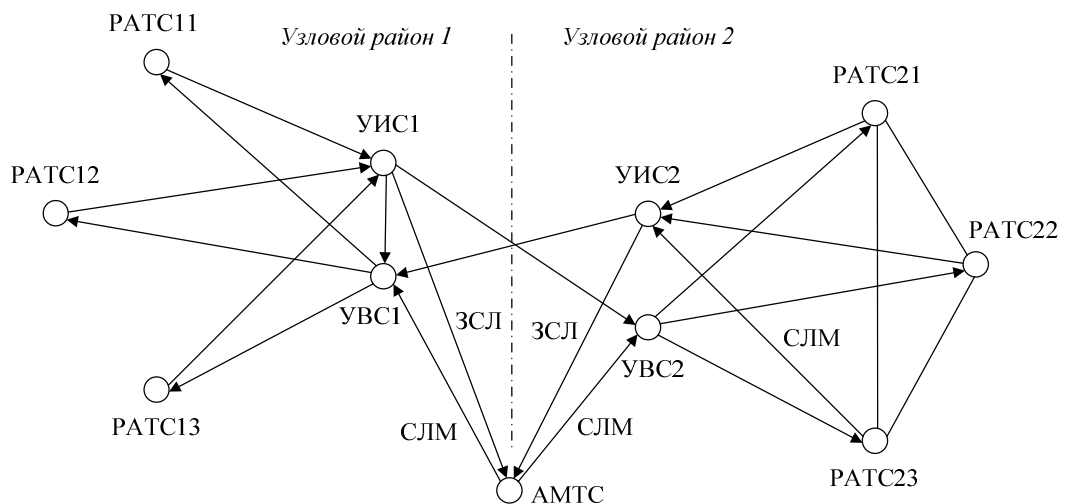


Рисунок 11. Модель ГТС с узлами исходящего и входящего сообщения

Формирование сети сигнализации при модернизации ГТС с УИС и УВС происходит по тем же принципам, которые были рассмотрены в разделах 2 и 3. Поэтому далее плоскость "структура сети сигнализации" в состав иллюстраций не включается. Основное внимание уделяется методологическому подходу к модернизации ГТС большой емкости. Вводится ряд предположений о формировании IP сети, поддерживающей показатели QoS.

Информация об основных характеристиках эксплуатируемой системы электросвязи и прогностические оценки спроса на современные инфокоммуникационные услуги позволяют определить оптимальную структуру NGN сети на момент завершения процесса модернизации ГТС. Пример такой структуры представлен на рисунке 12. Количество МАК и транзитных коммутаторов (ТК) в IP сети выбрано произвольно.

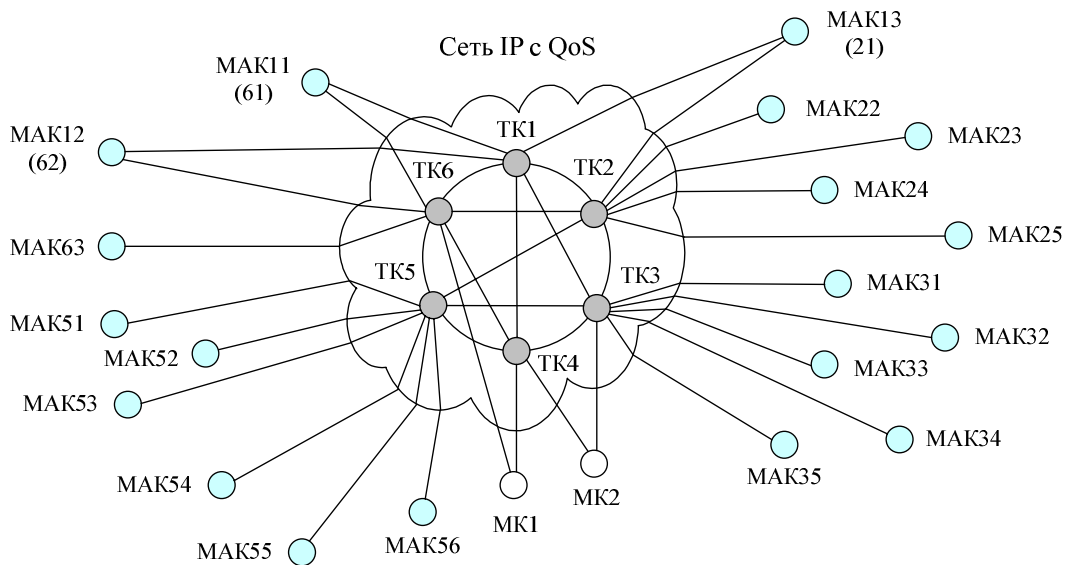


Рисунок 12. Модель оптимальной структуры NGN для крупного города

Каждый концентратор включается в опорный коммутатор двумя трактами, проходящими по независимым (в терминах теории надежности) путям. Принципы такого решения были показаны на рисунке 3. Для некоторых МАК может оказаться необходимым включение в два (и даже

более) опорных коммутатора. На рисунке 12 такая возможность иллюстрируется для МАК11, МАК12 и МАК13. Для этих трех концентраторов в скобках указаны их "вторые" номера. Первая цифра данного номера указывает на тот ТК, в который МАК включен для повышения надежности связи.

Сеть IP – в используемой модели – состоит из шести ТК. Каждый ТК можно считать маршрутизатором. Задача ТК заключается в надежной передаче IP пакетов в соответствии с заранее выбранным маршрутом. На рисунке 12 показана структура связи ТК между собой, близкая к полносвязному графу. Выбор оптимальной структуры связи между ТК – один из характерных примеров той группы задач, которые не входят в перечень рассматриваемых вопросов. В качестве другого примера можно назвать выбор структуры связи между ТК и МК. Для крупных городов будут устанавливаться два или более МК. Их связь с шестью ТК иллюстрирует очевидное требование: к каждому МК должны подходить тракты не менее чем из двух узлов IP сети. При этом каждый тракт между МК и ТК должен быть организован по двум независимым трассам. Пример такого решения – кольцевая структура, приведенная на рисунке 3.

Задача проектировщика заключается в поиске рациональных путей к переходу от ГТС с узлами к сети NGN, оптимальная структура которой известна. На рисунке 13 приведена структура сети NGN, формируемой на первом этапе модернизации ГТС с УИС и УВС. Предполагается, что уже введен один МК и началось формирование IP сети. В обоих узловых районах заменяется по одной РАТС. На рисунке 13 показано также включение трех IP-УАТС. Слова "Вариант I" подчеркивают особенность рассматриваемой модели: УИС и УВС обоих узловых районов остаются в эксплуатации. В некоторых случаях процесс формирования NGN целесообразно начинать с замены УИС и УВС. Подобный вариант эволюции ГТС – ему присвоен номер II – будет рассмотрен позднее.

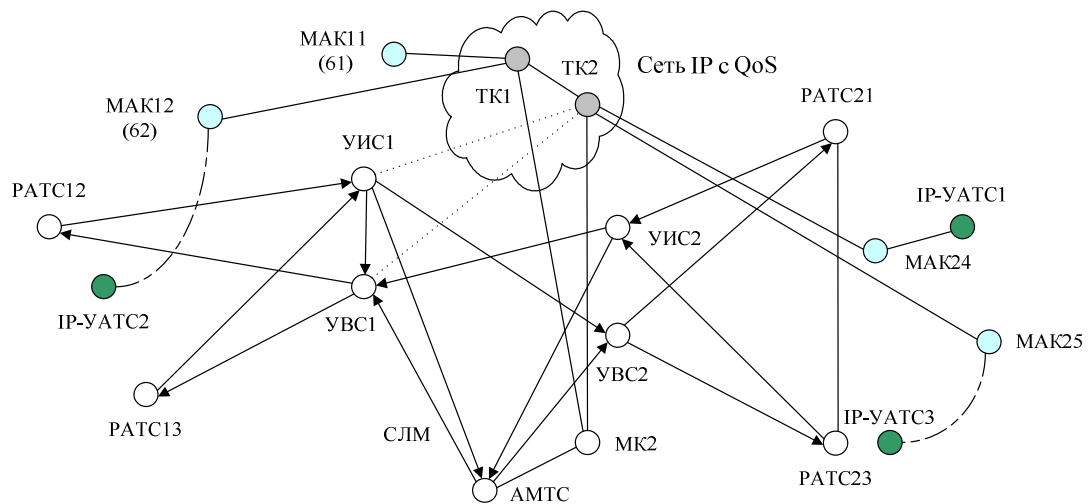


Рисунок 13. Первый этап модернизации сети с УИС и УВС. Вариант I

Абонентские терминалы, обслуживаемые ранее РАТС12 и РАТС21, переключаются в четыре концентратора. Для подключения этих концентраторов необходимы два ТК. Их установкой начинается процесс формирования IP сети с поддержкой показателей QoS. Оба транзитных коммутатора связаны с МК2, который, в свою очередь, обеспечивает транзит трафика в форме IP пакетов в ГТС и в сети дальней связи через АМТС, которая осуществляет переход на технологию "коммутиция каналов". Магистральный коммутатор решает и "обратную" задачу. Он преобразует информацию, поступающую из АМТС по трактам Е1, в IP пакеты для их последующей маршрутизации до соответствующего МАК.

Изменение технологии коммутации может осуществляться не только на участке АМТС – МК2. Пунктирными линиями показаны связи ТК2 с УИС1 и УВС2. Это означает, что для транзита местного трафика могут использоваться другие тракты. Выбор способа взаимодействия коммутационного оборудования с разными технологиями коммутации может быть сделан после сравнения затрат, которые необходимы для каждого возможного решения данной задачи.

Первая IP-УАТС находится в зоне обслуживания МАК24. Задача проектировщика – выбрать трассу для связи этих двух элементов сети

доступа и рассчитать пропускную способность тракта, обеспечивающего обмен IP пакетами. Сложнее обстоит дело с двумя другими IP-УАТС. Они расположены вне зон обслуживания всех четырех МАК. Понятно, что включение IP-УАТС в РАТС нельзя считать разумным решением, так как ухудшаются показатели качества телефонной связи и возникает ряд сложных проблем с поддержкой многих современных услуг.

Целесообразно воспользоваться возможностью полупостоянной коммутации в МВК транспортной сети. Полупостоянные тракты на участках IP-УАТС2 – МАК12 и IP-УАТС3 – МАК25 изображены на рисунке 13 пунктирными линиями. По мере появления МАК вблизи этих IP-УАТС от полупостоянных соединений целесообразно отказаться. При этом IP-УАТС переключается в ближайший к ней МАК.

На втором этапе модернизации ГТС с узлами двух типов происходит расширение IP сети и одновременное сокращение численности коммутационных станций, использующих технологию "коммутация каналов". На рисунке 14, иллюстрирующем этот процесс, показан демонтаж РАТС12 и РАТС21, а также установка нескольких концентраторов. В один из них переключается IP-УАТС2.

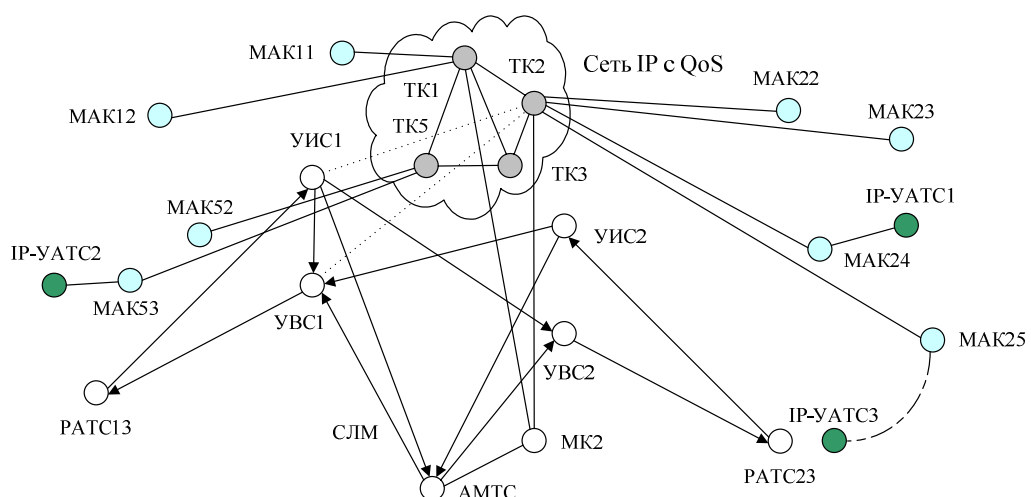


Рисунок 14. Второй этап модернизации сети с УИС и УВС. Вариант I

В каждом узловом районе остаются УИС и УВС, обслуживающие одну РАТС. На третьем этапе, который будем считать завершающим, выполняются следующие операции:

- заменяются все УИС и УВС, а также РАТС13 и РАТС23, то есть технология "коммутация каналов" в сети Оператора городской инфокоммуникационной системы более не используется;
- АМТС заменяется магистральным коммутатором (ему на рисунке 12 был присвоен первый номер);
- окончательно формируется сеть IP, в которой устанавливаются еще два ТК и организуются предусмотренные ранее транспортные ресурсы;
- вводятся все предусмотренные в процессе планирования сети концентраторы, в один из которых переключается IP-УАТС3.

На рисунке 15 воспроизведена структура сформированной NGN. Она повторяет топологию, выбранную в качестве оптимальной – рисунок 12. Различие иллюстраций состоит в том, что ранее не были показаны три IP-УАТС, подключаемые к различным концентраторам.

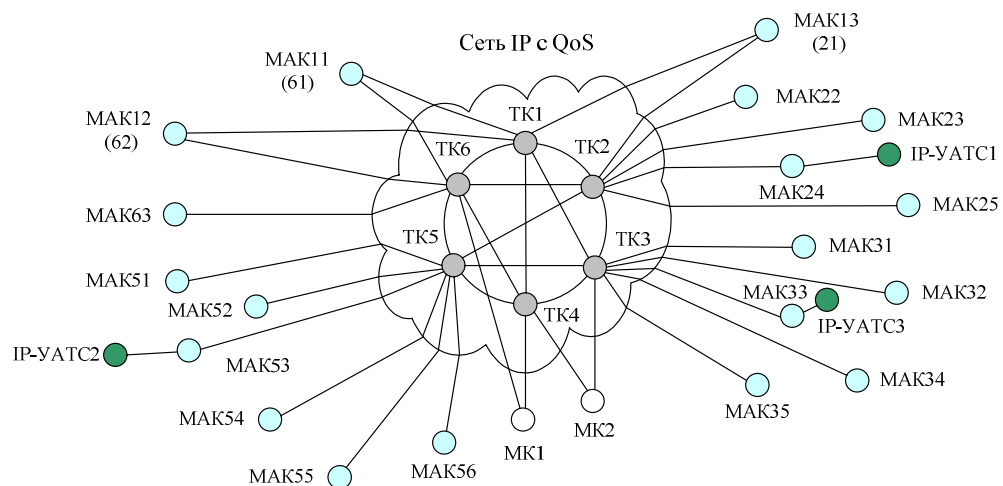


Рисунок 15. Структура NGN, создаваемая в результате модернизации ГТС

Второй вариант модернизации ГТС с узлами основан на превентивной замене УИС и УВС. Основные принципы такого пути формирования NGN иллюстрирует рисунок 16. Показан радикальный способ перехода к NGN – одновременная замена всех узлов, что подразумевает и установку МК вместо АМТС. Некоторые детали, идентичные для обоих вариантов, на рисунке 16 не показаны.

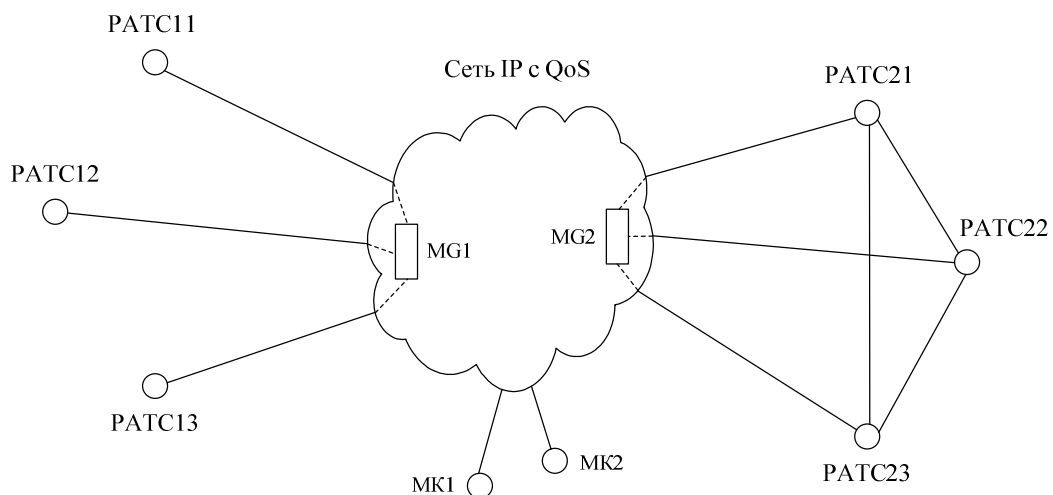


Рисунок 16. Первый этап модернизации сети с УИС и УВС. Вариант II

На первый взгляд вариант II выглядит предпочтительнее. К сожалению, подобные решения не всегда можно подкрепить экономическим обоснованием. Следует упомянуть три причины, существенно повышающие затраты Оператора, которые необходимы на первом этапе модернизации ГТС:

- шлюзы MG, надобность в которых в перспективе отпадает, должны иметь высокую пропускную способность для обслуживания трафика, создаваемого всеми РАТС узлового района;
- IP сеть с поддержкой показателей QoS должна создаваться практически сразу из-за демонтажа узлов, использующих технологию "коммутация каналов";

- трафик, направляемый в сеть дальней связи, представлен в форме IP пакетов, что определяет необходимость установки одновременно двух МК.

Важная положительная особенность варианта II заключается в возможности замены РАТС в течение длительного периода и с минимальными затратами. На рисунке 17 показан второй этап модернизации ГТС. Предполагается, что заменяются РАТС11 и РАТС23.

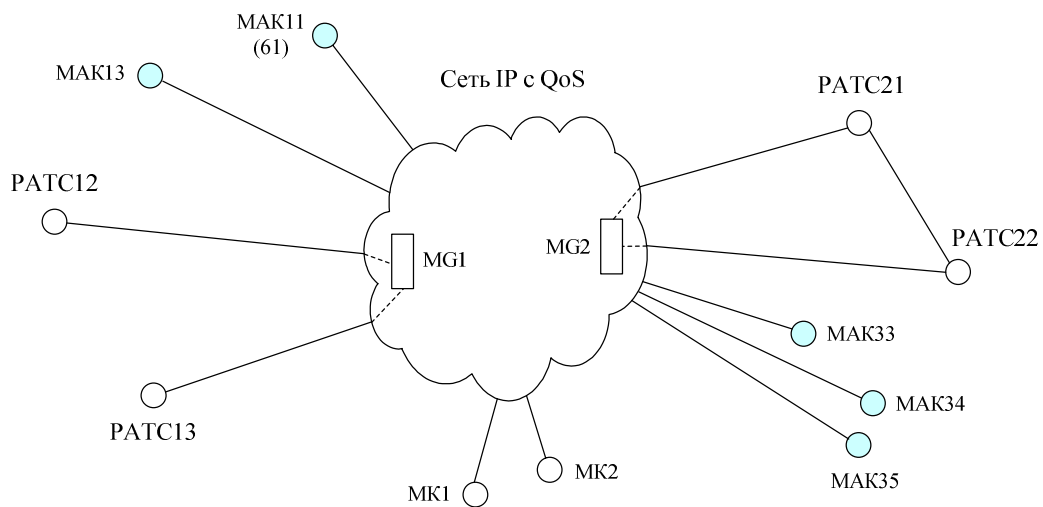


Рисунок 17. Второй этап модернизации сети с УИС и УВС. Вариант II

Постепенная замена всех остающихся РАТС концентраторами приведет к созданию NGN, структура которой была выбрана ранее в качестве оптимальной. Оператор получает возможность проведения более гибкой политики в отношении эксплуатируемых РАТС. В качестве доказательства этого утверждения можно привести еще один вариант создания NGN, похожий на идею построения выделенной сети. Безусловно рассматриваемый ниже вариант (под третьим номером) возможен при условии, что создана сеть IP с поддержкой показателей QoS. Основная идея варианта III показана на рисунке 18. Изображены две РАТС, для которых обслуживание определенной группы пользователей целесообразно перевести на технологию "коммутация пакетов".

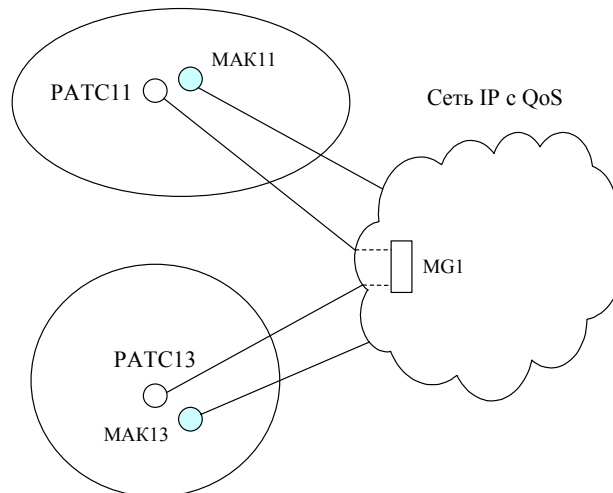


Рисунок 18. Модернизация сети с УИС и УВС. Вариант III

В помещении (чаще всего – в кроссе) каждой РАС устанавливается концентратор, назначение которого состоит в подключении терминального оборудования пользователей, заинтересованных в иной технологии коммутации. Решение похоже на апробированную практику установки мультимедиев DSLAM для организации высокоскоростного доступа с помощью оборудования ADSL. Не исключено, что при реализации варианта III замена значительной части РАС (в частности, цифровых коммутационных станций) может стать задачей на далекую перспективу. Это решение служит основой прагматического подхода к созданию NGN. Оно подробнее рассматривается в шестом разделе данного раздела.

5. Модернизация сельской телефонной сети

Сценарии модернизации системы сельской телефонной связи можно представить с помощью модели, приведенной в левой верхней части рисунка 19. Следует отметить, что структура типичной российской СТС оставалась

неизменной при смене нескольких поколений систем передачи и коммутации.

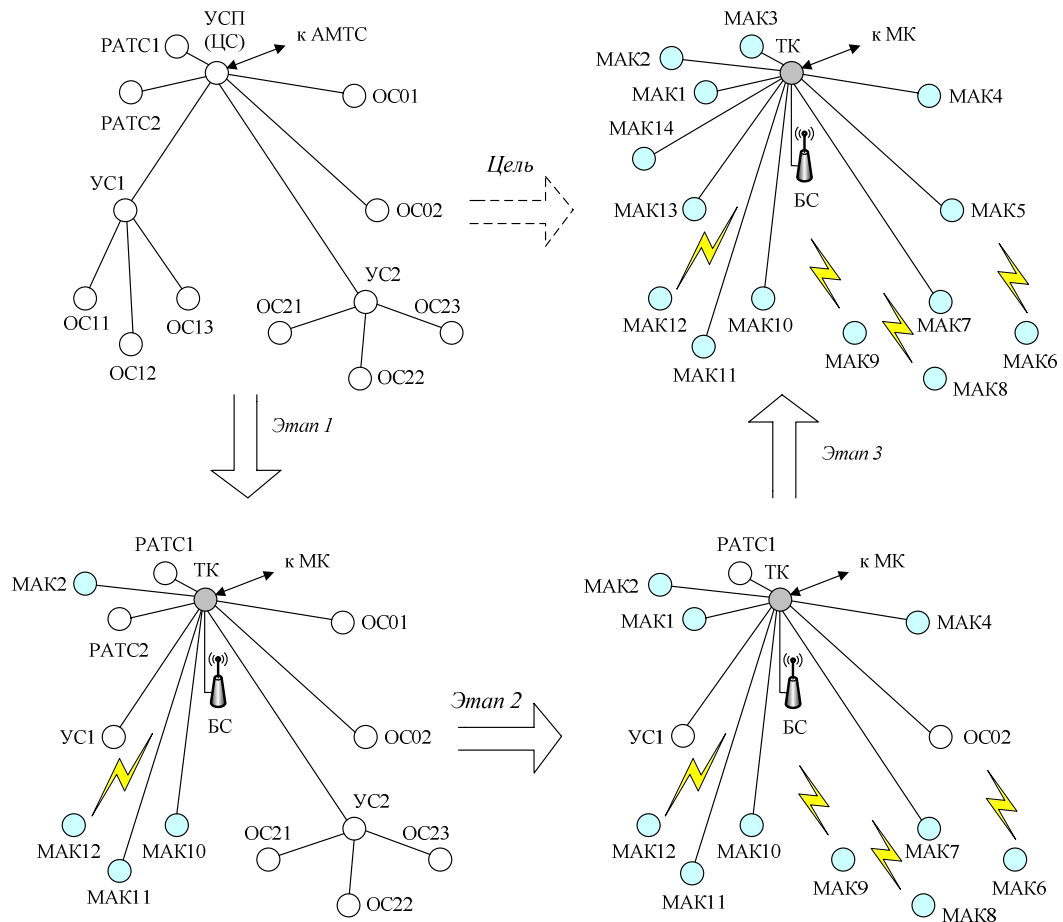


Рисунок 19. Типичный сценарий модернизации СТС

В административном центре каждого сельского района устанавливается УСП или центральная станция (ЦС). Они служат для подключения узловых (УС) и оконечных (ОС) станций к ТФОП. Общие функции ЦС и УСП – установление соединений между терминалами, включенными в разные УС и ОС, а также обеспечение связи с АМТС, которая расположена в центре субъекта Федерации. Различие УСП и ЦС заключается в том, что коммутационное оборудование ЦС обслуживает и абонентский трафик, а в УСП включаются только пучки СЛ. Похожее различие можно найти между

УС и ОС. На самом деле УС представляет собой комбинированную АТС. В ней можно выделить ОС (коммутационное оборудование, обеспечивающее обслуживание абонентского трафика) и транзитную станцию. Эта транзитная станция позволяет подключить "свою" и ряд других ОС к ЦС или УСП сельского административного района.

В центре сельского района создается ГТС. Она может состоять всего из одной ЦС, которая обслуживает трафик ГТС и СТС. В крупных районных центрах создаются ГТС, состоящие из нескольких РАТС. На рисунке 19 показан именно такой случай. РАТС1 и РАТС2 обслуживают абонентов ГТС районного центра. Две ОС включены в УСП (ЦС) непосредственно. Такой способ связи называется радиальным. Радиально-узловой способ подразумевает включение ОС через УС. На рисунке 19 такое решение показано для двух УС, каждая из которых обеспечивает обслуживание трех ОС.

Справа от рассматриваемой модели показана оптимальная структура NGN, которая должна быть создана в результате модернизации СТС. Введены такие предположения:

- для подключения пользователей, расположенных на территории районного центра, целесообразно установить три концентратора;
- связь четырех концентраторов с транзитным коммутатором районного центра следует реализовать за счет системы беспроводного доступа;
- целесообразно установить концентратор (МАК14) в том населенном пункте, где ранее не было коммутационной станции.

Теперь необходимо найти рациональную программу по достижению известной цели. На рисунке 19 выделено три этапа в решении поставленной задачи – переходу к NGN. Первый этап основан на очевидных первоочередных преобразованиях: появление МК на уровне междугородной сети и замена УСП (ЦС) транзитным коммутатором. На рисунке 19 не показана структура сети сигнализации и принципы ее развития. Аспекты,

касающиеся сигнализации, будут изложены позднее – в комментариях к следующему рисунку.

На первом этапе в ГТС районного центра и в СТС происходят следующие важные изменения:

- для включения группы пользователей вводится МАК2, поддерживающий, как и все одноименные концентраторы, обслуживание класса triple-play services;
- устанавливается оборудование беспроводного доступа (на рисунке показана связь базовой станции с транзитным коммутатором), которое на первом этапе предназначено только для подключения МАК12;
- все ОС, включенные в УС1, демонтируются, а вместо них устанавливаются концентраторы (МАК10, МАК11 и МАК12).

После всех преобразований, запланированных на первый этап модернизации СТС, формируется базовая сеть – основа NGN. Следующие этапы эволюции системы сельской телефонной связи направлены на замену УС и ОС, основанных на технологии коммутации каналов. Кроме того, вводится концентратор в том населенном пункте, где ранее не было ОС. Радикальные изменения происходят с транспортными ресурсами для населенных пунктов, где ранее размещались ОС21, ОС22 и ОС23. Включение трех МАК, заменяющих эти ОС, предусмотрено за счет оборудования беспроводного доступа.

Структура сети к моменту завершения второго этапа модернизации СТС показана в правой нижней части рисунка 19. Из ранее установленного оборудования коммутации в эксплуатации остаются лишь РАТС1, УС1 и ОС02. Ресурсы беспроводного доступа – после установки МАК6, МАК8 и МАК9 – задействованы полностью. Задача Оператора на третьем (завершающем) этапе формирования NGN состоит в следующем. Необходимо заменить РАТС1, УС1 и ОС02, а также ввести в эксплуатацию МАК14. После проведения соответствующих работ поставленная цель будет

достигнута: Оператор создаст сеть NGN, структура которой показана в правой верхней части на рисунке 19.

Изменения в системе сигнализации в значительной мере определяются принципами модернизации телефонной сети районного центра. Два основных варианта формирования NGN на территории районного центра показаны на рисунке 20. Эта иллюстрация, как и несколько предыдущих, состоит из двух плоскостей, позволяющих разделить принципы построения сетей для передачи информации между терминалами пользователей и для сигнализации.

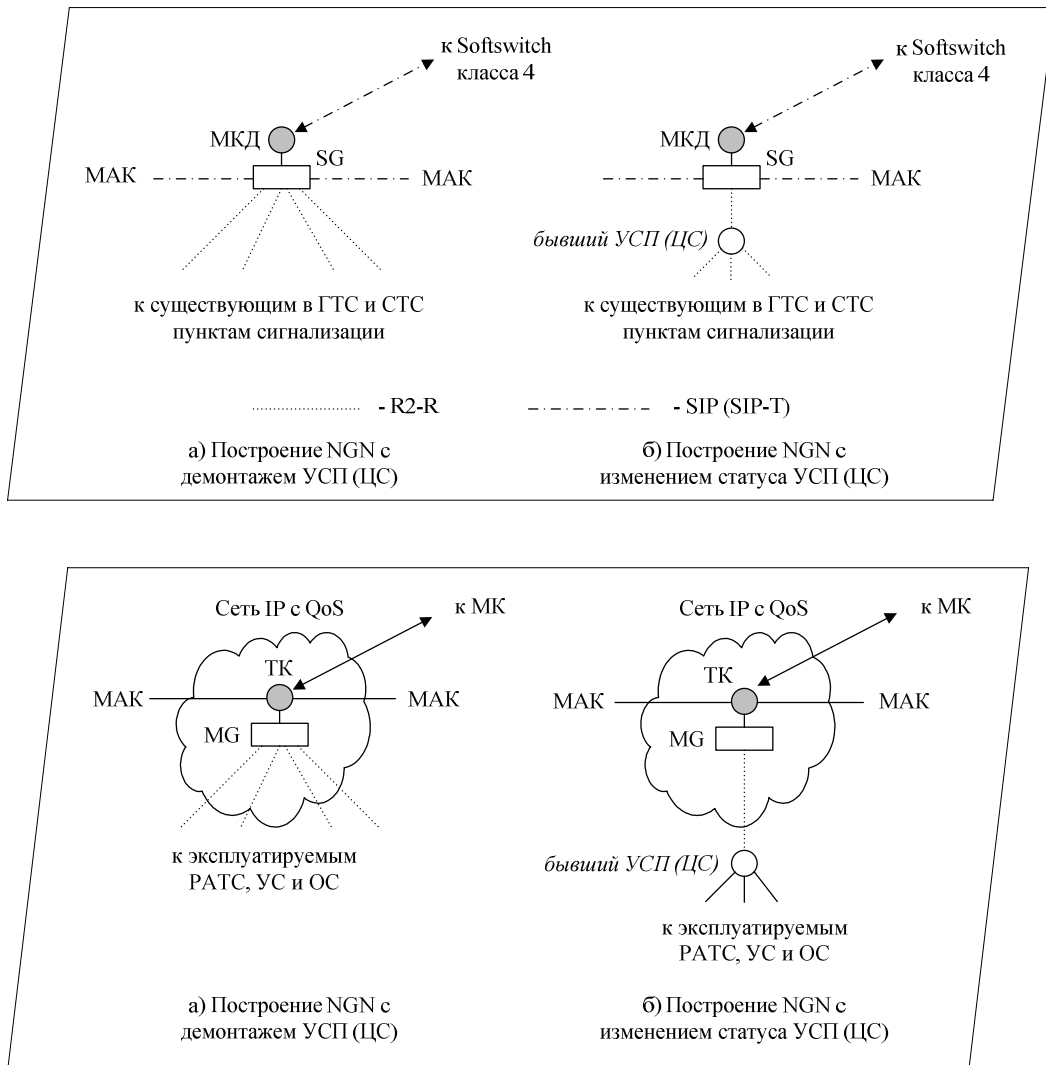


Рисунок 20. Два варианта модернизации телефонной сети районного центра

Вариант (а) предусматривает демонтаж УСП (ЦС), что требует переключения всех коммутационных станций в ТК. Эксплуатируемые АТС, которые используют технологию "коммутация каналов", подключаются к ТК через шлюз MG. Пропускная способность этого шлюза должна рассчитываться исходя из объема трафика, обрабатываемого всеми коммутационными станциями, которые подключены к шлюзу MG. Соответствующие изменения в сети сигнализации показаны в верхней плоскости рисунка 20. Очевидно, что производительность шлюза сигнализации SG должна рассчитываться с учетом всех типов сообщений, которыми МКД обменивается с пунктами сигнализации, созданными в СТС и в ГТС районного центра.

Вариант (б) основан на изменении статуса УСП (ЦС). Новый статус оборудования коммутации этого уровня иерархии ближе всего к шлюзу. В нижней плоскости модели УСП (ЦС) можно рассматривать как шлюз, согласующий две технологии коммутации – каналов и пакетов. Этот шлюз позволяет применять аппаратно-программные средства MG всего с одним типом интерфейса и с небольшой пропускной способностью. Для верхней плоскости рассматриваемой модели оборудование УСП (ЦС) целесообразно трактовать как шлюз сигнализации. Он позволяет ограничить номенклатуру интерфейсов, которые должны поддерживаться аппаратно-программными средствами SG. Производительность шлюза SG будет меньше, чем величина, необходимая для реализации варианта (а).

Сельским районам в России и в ряде других стран свойственны заметные различия, касающиеся численности потенциальных пользователей и характера их расположения в границах сети Оператора связи, размеров обслуживаемой территории, уровня спроса на инфокоммуникационные услуги, климатических условий, а также других факторов. Городам не присущи столь существенные различия перечисленных выше атрибутов, весьма важных для инфокоммуникационной системы. Поэтому принципы модернизации развития системы сельской связи (учитывая особенности

отдаленных пунктов) требуют тщательной проработки. Это утверждение подтверждается активностью сектора развития МСЭ, а также ряда других международных и национальных организаций, занимающихся вопросами построения сетей электросвязи в сельской местности.

6. Прагматический подход к построению NGN

Анализ принципов перехода к NGN, выполненный последовательно для местных телефонных сетей различной структуры [10, 11, 12, 13, 14], основан на рациональных путях модернизации ТФОП за счет изменения технологий коммутации. Правомерна и другая постановка задачи: обеспечить подключение к NGN терминального оборудования тех абонентов, которые заинтересованы в новых видах обслуживания и готовы оплачивать предоставляемые услуги.

Такой подход обусловлен рядом особенностей российской инфокоммуникационной системы, среди которых следует выделить два аспекта, существенных с точки зрения перехода к NGN:

1. Темпы модернизации ТФОП остаются низкими. За двадцать лет, прошедших с момента установки первой цифровой коммутационной станции, уровень цифровизации ТФОП достиг 50%. Причем в мегаполисах этот показатель ниже общероссийского. Это означает, что в ТФОП функционирует множество цифровых АТС, замена которых оборудованием NGN экономически нецелесообразна. Соответствующие затраты еще не окупились.

2. Спрос на современные инфокоммуникационные услуги для сравнительно малых (по численности) абонентских групп формируется очень быстро. Эти абонентские группы обычно распределены по всей территории, обслуживаемой местной телефонной сетью. При ожидаемых темпах создания

NGN значительная часть абонентов, которая приносит Оператору существенный доход, уйдет к конкурирующим компаниям.

Если объединить две стратегии (построение "наложенной" и выделенной сетей) под эгидой одного Оператора, то можно сформулировать еще один подход к развитию системы телефонной связи. Он может рассматриваться как прагматическая стратегия перехода к NGN. Эта стратегия позволит эффективно модернизировать ТФОП с учетом перечисленных выше особенностей российской телекоммуникационной системы.

На рисунке 21 показан фрагмент ГТС, который состоит из двух АТС. Первая станция является цифровой, а вторая – аналоговой. Будем считать, что в зоне обслуживания первой АТС насчитывается K_1 абонентов, для которых интересны услуги, предоставляемые NGN. При этом, L_1 абонентов в таких услугах пока не нуждается. Очевидно, что в ближайшее время $L_1 \gg K_1$. Аналогичная картина будет характерна для второй АТС, то есть $L_2 \gg K_2$.

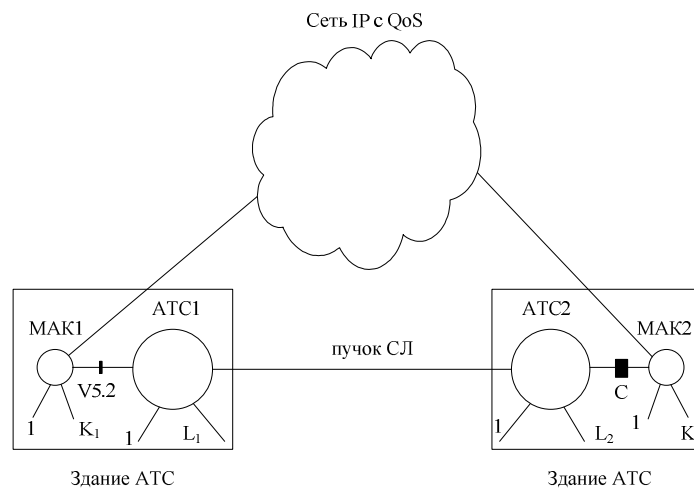


Рисунок 21. Начальный этап формирования NGN

В зданиях АТС устанавливаются мультисервисные абонентские концентраторы (МАК). В первый и во второй МАК включаются K_1 и K_2 портов соответственно. Стык между МАК1 и АТС1 соответствует

интерфейсу V5.2. Для сопряжения аналоговой АТС2 и МАК2 необходим конвертор (С). При переключении абонентских линий из АТС в МАК не меняется номер абонента в ТФОП, что привлекательно для многих пользователей, вложивших, например, значительные средства в рекламу своего номера.

Оба МАК включаются в сеть IP, которая поддерживает все показатели качества обслуживания (QoS), специфицированные для NGN. Это означает, что всем абонентам, включенным в МАК, доступны услуги, входящие в набор Triple-play services.

Таким образом, оба МАК функционируют в двух сетях. Во-первых, они становятся концентраторами АТС. Во-вторых, они являются коммутаторами доступа в сети NGN. Для Оператора существенно то, что обе АТС могут использоваться до того времени, пока они удовлетворяют требованиям ТФОП, так как поддержка всех новых видов услуг возлагается на МАК. В ряде случаев, для цифровых АТС отпадает необходимость замены версий программного обеспечения, что позволяет Оператору экономить средства на модернизацию сети.

Эволюция ТФОП заключается в постепенном росте величин K_j (числа абонентов, обслуживаемых аппаратно-программными средствами МАК). Это означает, что величина L_j (число эксплуатируемых портов в АТС) снижается. Процесс будет продолжаться до полного вывода АТС из коммерческой эксплуатации. Завершающая фаза модернизации ГТС показана на рисунке П6.22. В данном примере обмен IP пакетами между двумя МАК осуществляется по транспортному протоколу реального времени (RTP).

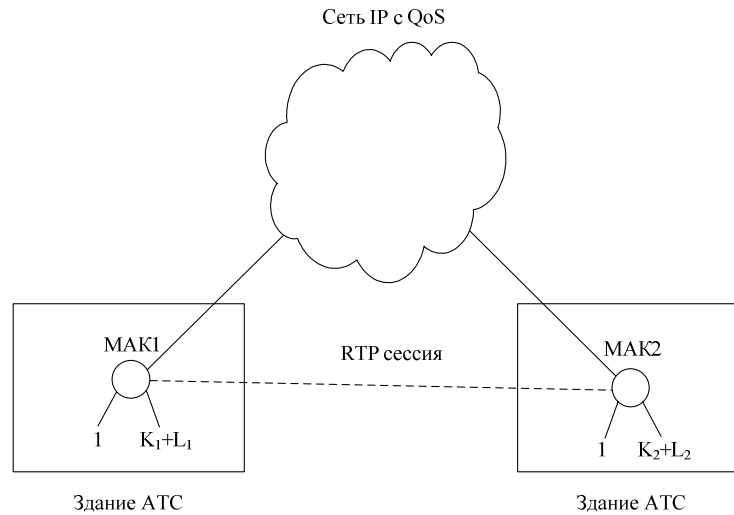


Рисунок П6.22. Завершение процесса формирования NGN

Построение выделенной сети NGN осуществляется в соответствии с идеологией "наложенной" сети, но с двумя отличиями:

- выделенная сеть создается практически сразу для всех абонентских групп в границах местной телефонной сети (на площадках всех АТС);
- емкость каждого концентратора МАК на начальном этапе формирования NGN существенно меньше, чем емкость любого коммутатора NGN при реализации "наложенной" сети (такое же утверждение, как правило, будет справедливым для транспортных ресурсов на участке МАК – сеть IP).

Это означает, что предлагаемая прагматическая стратегия идентична практике перехода к NGN, реализуемой в развитых странах. Ее отличие состоит в том, что учитывается различие спроса на новые инфокоммуникационные услуги и обеспечивается защита тех инвестиций, которые были сделаны (как правило, не так давно) в развитие цифровой ТФОП с коммутацией каналов.

Наряду с очевидными преимуществами предлагаемого подхода к формированию NGN следует выделить ряд недостатков, свойственных прагматической стратегии. Они, как правило, объясняются экономическими

соображениями, для анализа которых следует провести качественный анализ кривых чистой текущей стоимости – *NPV* для стратегий перехода к NGN, интересных с практической точки зрения. Целесообразно рассмотреть три альтернативных выбора Оператора:

- организация "наложенной" сети;
- построение выделенной сети;
- реализация прагматической стратегии.

Построение выделенной сети рассматривается как отказ Оператора от поддержки услуг NGN. Иными словами Оператор ограничивается основными и дополнительными услугами, обеспечиваемыми ТФОП. Кстати, эти услуги обеспечивают самый большой доход региональным Операторам ОАО "Связьинвест".

Для построения кривых *NPV*, которые показаны на четвертом рисунке, введен ряд предположений. Во-первых, замена всех РАС (если это необходимо в рассматриваемой стратегии) осуществляется в разное время. Во-вторых, при полном завершении процесса реализации прагматической стратегии все АТС остаются в эксплуатации и обслуживают только трафик речи. В-третьих, численность этапов модернизации и моменты времени, когда заменяется оборудование АТС, при построении "наложенной" и выделенной сетей совпадают.

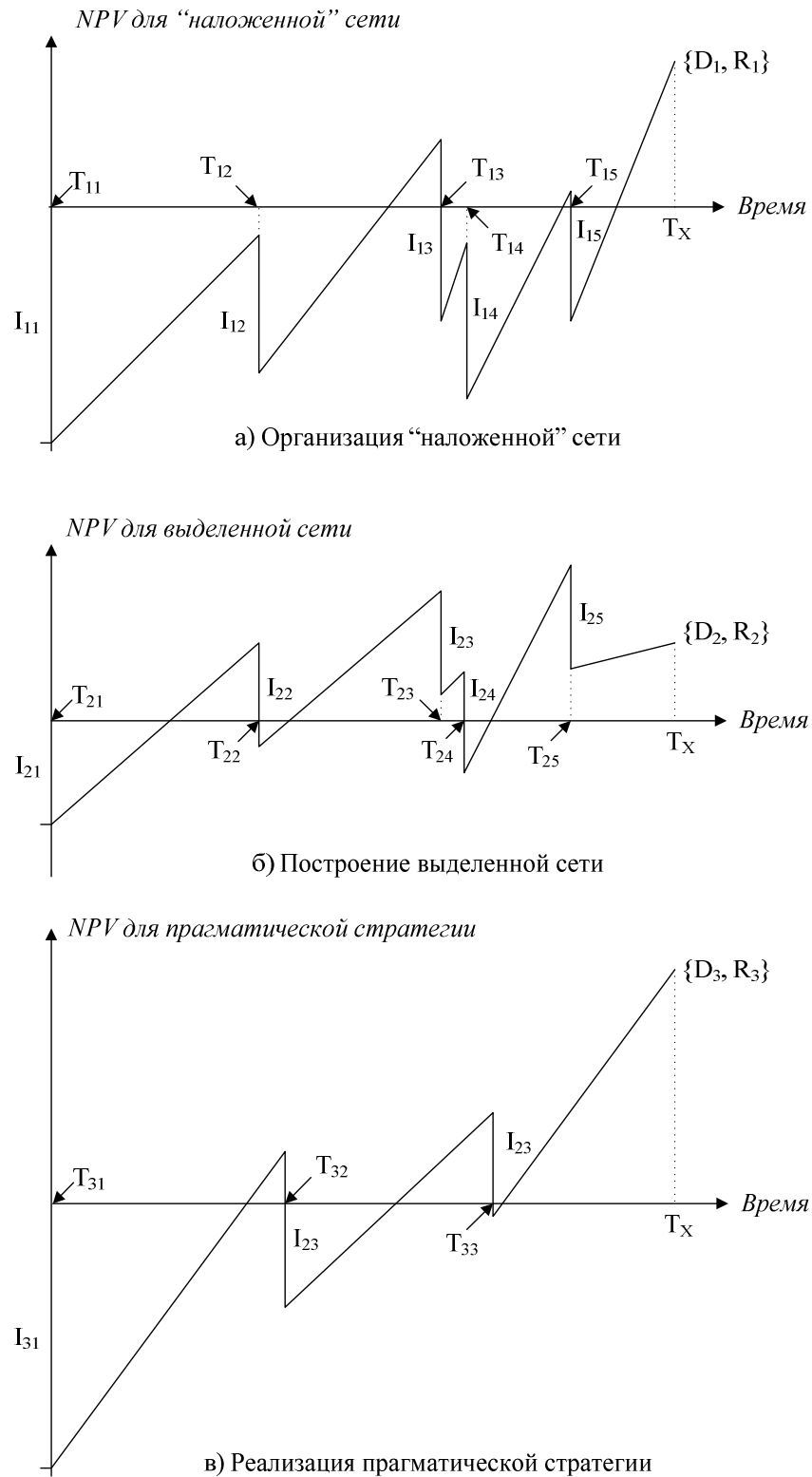


Рисунок 23. Поведение кривых NPV для трех стратегий развития ТФОП

Для рассматриваемых стратегий развития ТФОП предполагается, что начальное значение NPV равно нулю. Это не накладывает никаких

ограничений на сравнительный анализ возможных путей эволюции телекоммуникационной системы. Для каждой i -ой стратегии ($i=1,2,3$) в j -ый момент времени – T_{ij} необходимы затраты, равные I_{ij} . Для всех стратегий на оси "Время" выбрана общая точка T_x . В этой точке оценивается мера эффективности каждой стратегии парой величин: значение $NPV - D_i$ и риск R_i . Между всеми точками на временной оси функция $NPV(t)$ считается линейной.

При выборе Оператором стратегии "наложенная" сеть начальные инвестиции – I_{11} весьма существенны. Должна быть создана база IP сети. Кроме того, устанавливается один МАК вместо демонтируемой АТС. В принципе, абоненты, ранее включенные в демонтируемую АТС, могут обслуживаться за счет установки нескольких МАК, но это обстоятельство не столь существенно для анализа кривой NPV . К моменту времени T_{12} за счет доходов, получаемых от обслуживания абонентов, функция $NPV(t)$ возрастает. Для показанной зависимости она приближается к нулю, но возможны также положительные значения NPV . Далее необходимы инвестиции для замены второй АТС. Этот процесс продолжается вплоть до момента времени T_{15} , когда заменяется последняя АТС, а IP сеть реализуется в полном объеме.

Вторая стратегия подразумевает создание выделенной сети NGN некой новой компанией. Задачи Оператора, который ограничивает свой бизнес предоставлением абонентам основных и дополнительных услуг телефонной связи, известны. Он должен реализовать оптимальную структуру цифровой ГТС и минимизировать эксплуатационные расходы. Начальные инвестиции – I_{21} будут не столь существенными, как при выборе других стратегий развития ТФОП. Это утверждение справедливо и для других моментов времени T_{2j} . Более того, инвестиции в эти моменты времени будут примерно равными. Они необходимы для замены эксплуатируемых АТС новым оборудованием коммутации, которое обеспечивает, например, все услуги

цифровой сети интегрального обслуживания (ЦСИО), доступ к платформе Интеллектуальной сети и другие возможности.

Прагматическая стратегия имеет важное конкурентоспособное преимущество: всем потенциальным клиентам могут быть предоставлены услуги NGN за счет переключения их линий доступа в МАК. Такая возможность требует сравнительно высоких начальных инвестиций. Необходимо обеспечить установку МАК (правда, с небольшой начальной емкостью) рядом с каждой действующей АТС, а также построить IP сеть, способную объединить все концентраторы. Последующие два этапа развития телекоммуникационной системы связаны с расширением емкости МАК и, при необходимости, с повышением пропускной способности IP сети.

Очевидно, что $I_{31} > I_{11} > I_{21}$. Можно ожидать, что в точке T_x будет справедливо похожее неравенство для величин NPV: $D_3 > D_1 > D_2$. Значения величин D_i можно оценить по результатам реализации внедрения оборудования NGN. Сложнее оценить риск, который свойственен каждой стратегии. Вторая стратегия, безусловно, ведет к стагнации, но время экономически выгодной эксплуатации сети, поддерживающей только услуги телефонной связи (точнее – виды обслуживания, для которых достаточны коммутируемые соединения в полосе канала тональной частоты или доступ ЦСИО) составляет не менее десяти лет. По этой причине данной стратегии развития ТФОП свойственен минимальный риск, то есть $R_2 < R_1$ и $R_2 < R_3$. Для оценки соотношения между величинами R_i был использован метод экспертных оценок. Результаты опроса группы специалистов приведены в первой таблице. Рассчитаны средние значения исследуемых величин – $R_i^{(1)}$ и коэффициенты вариации – C_i . Средние значения риска определялись в диапазоне от нуля до единицы, что позволяет использовать методы теории вероятностей для всестороннего анализа альтернативных направлений развития ТФОП.

Таблица 1

Величина R_1		Величина R_2		Величина R_3	
$R_1^{(1)}$	C_1	$R_2^{(1)}$	C_2	$R_3^{(1)}$	C_3
0,81	0,25	0,40	0,59	0,35	0,69

Оценки, приведенные в этой таблице, позволяют сделать ряд полезных выводов. Во-первых, практически все участники опроса считают, что отказ Оператора телефонной сети от поддержки – в перспективе – мультисервисных услуг связан с очень высоким риском. Существенно также и то, что эксперты единодушны. Об этом свидетельствует низкий коэффициент вариации величины R_1 . Во-вторых, стратегии модернизации ТФОП, которая была названа в этой работе прагматической, свойственен минимальный риск (по оценке участников опроса). Уровень риска меньше, чем у стратегии, которая основана на постепенной замене АТС коммутационным оборудованием NGN. В-третьих, расхождение мнений экспертов по численной оценке риска прагматической стратегии модернизации ТФОП весьма существенно. Это определяет необходимость дальнейшего изучения предлагаемых решений и проведение повторного опроса после ознакомления всех его участников с полученными результатами.

Прагматическую стратегию перехода от ТФОП к NGN не следует рассматривать в качестве универсального решения Оператора. Тем не менее, она представляется весьма продуктивной для большинства местных телефонных сетей. По всей видимости, самый существенный эффект ее реализация принесет Операторам, которые добились высокого уровня цифровизации местных телефонных сетей.

Важно отметить одну проблему прагматической стратегии перехода от ТФОП к NGN: что делать с АТС, устаревшей морально или физически? Предположим, что группа абонентов, обслуживаемых МАК, практически не

растет. Остальным абонентам вполне достаточны услуги цифровой АТС. Эти проблемы требуют отдельного изучения, хотя логичный вывод – замена демонтируемой АТС оборудованием NGN.

Литература

1. Н.А. Соколов. Телекоммуникационные сети. Глава 3. – М.: Альварес Паблишинг, 2004.
2. И.М. Жданов, Е.И. Кучерявый. Построение городских телефонных сетей. – М.: Связь, 1972.
3. R. A. Thompson. Telephone Switching Systems. – Artech House, Boston, London, 2000.
4. N. Wilkinson. Next Generation Network Services. Technologies and Strategies. – John Wiley & Sons, Ltd., 2002.
5. А.Б. Гольдштейн, Б.С. Гольдштейн. – СПб.: "БХВ – Санкт-Петербург", 2006.
6. А.Б. Гольдштейн, В.В. Саморезов. Softswitch: сегодня и в перспективе. – Специальный выпуск "АТС-2005", Технологии и средства связи, 2005.
7. Н.А. Соколов. Телекоммуникационные сети. Глава 2. – М.: Альварес Паблишинг, 2003.
8. А.М. Меккель. Перспективы развития магистральных транспортных сетей. – Информ Курьер Связь, 2005, №6.
9. А.М. Горнак. Услуги, технологии и стандарты городских сетей класса Ethernet. – Документальная электросвязь, январь 2005.
10. А.В. Пинчук, Н.А. Соколов. Модернизация ГТС без узлов. – Вестник связи, 2005, №12.
11. А.В. Пинчук, Н.А. Соколов. Модернизация ГТС с узлами входящего сообщения. – Вестник связи, 2006, №1.

12. А.В. Пинчук, Н.А. Соколов. Модернизация ГТС с узлами исходящего и входящего сообщения. – Вестник связи, 2006, №3.
13. А.В. Пинчук, Н.А. Соколов. Модернизация сельских телефонных сетей. – Вестник связи, 2006, №4.
14. А.В. Пинчук, Н.А. Соколов. Прагматическая стратегия перехода к NGN. – Вестник связи, 2006, №6.