

# Сценарии развития телефонной сети общего пользования

УДК 621.394

**Б.С. ГОЛЬДШТЕЙН**, заведующий кафедрой СПбГУТ, доктор технических наук,  
**А.В. НИКИТИН**, технический директор макрорегионального филиала “Северо-Запад”  
ПАО “Ростелеком”, кандидат технических наук, **Н.А. СОКОЛОВ**, технический директор  
ООО “ПРОТЕЙ СпецТехника”, доктор технических наук

В [1] была впервые опубликована оригинальная стратегия реконструкции ГТС, обеспечивающая реализацию перехода МГТС на 10-значный план нумерации. Вскоре после публикации эта реконструкция была успешно реализована — всего за 6 месяцев путем установки медиаторов, обеспечив решение поставленной задачи, а заодно и 100 % цифровизацию сети с переводом ее под управление IMS-ядра. К этому опыту, видоизмененному для решения других, уже не связанных с планом нумерации, задач, обратились связи-

сты нашей второй столицы. Разработанные ими новые сценарии развития сети С.-Петербурга позволяют оперативно решить целый ряд текущих задач в рамках общей стратегии реконструкции сети, включая освобождение зданий, занимаемых АТС, сохранение телефонных номеров при переводе на PON, обеспечение повсеместного введения новых услуг и функциональности СОРМ и ряд других. В публикуемой статье рассматриваются системные аспекты разработанного решения.

## Введение

Телефонная сеть общего пользования (ТфОП) представляет собой классический пример консервативной сложной системы [2] с длительным “жизненным циклом” [3]. По этой причине в ТфОП сосуществуют

несколько поколений систем коммутации, что зачастую ограничивает ее функциональные возможности по предоставлению новых видов инфокоммуникационных услуг и применению современных методов технической эксплуатации. При переходе

на пакетные технологии возникает возможность сократить численность эксплуатируемых поколений систем коммутации при минимальных затратах на модернизацию аналоговых автоматических телефонных станций (АТС). Цель этой статьи

заключается в дальнейшем углублении методологического подхода, изложенного в [1], его творческом переосмыслении с учетом изменившихся за прошедшие 5 лет тенденций эволюции телекоммуникационной системы [4, 5, 6] и оценках эффективности этого подхода в рамках общей стратегии развития телекоммуникационной сети макро-регионального филиала “Северо-Запад” ПАО “Ростелеком”.

### Основные этапы развития ТфОП

В качестве классификационного признака, позволяющего выделить основные этапы развития ТфОП, уместно использовать качественные изменения, которые свойственны системе телефонной связи. На рис. 1 показаны такие этапы [7], образующие циклы длительностью примерно 40 лет. Они похожи на “длинные волны”, выявленные выдающимся российским ученым Н.Д. Кондратьевым при исследовании цикличности в экономике [8].

Вскоре после начала успешного применения программного обеспечения стартовал процесс цифровизации ТфОП. В российской ТфОП он еще не завершен. В ряде ГТС — особенно в крупных городах — в эксплуатации осталось значительное количество аналоговых АТС координатного типа [9].

Если следовать практике развитых стран, то переход к пакетным технологиям должен начинаться после завершения цифровизации ТфОП. Такое решение соответствует сценарию “К” (классика), который обозначен штрихпунктирной линией на рис. 1. Альтернативный сценарий “М” показан на этом же рис. 1: применение так называемого медиатора [1], плана нумерации. Это название обусловлено одной из основных причин использования соответствующего оборудования — необходимостью перехода столичной ГТС на новый план нумерации. Разработанные и установленные аппаратно-программные средства медиатора обеспечили радикальное изменение функциональных возможностей аналоговых АТС, что иллюстрирует рис. 2. В реконструированной аналоговой станции медиатор заменяет оборудование группового искания, что позволяет предоставить абонентам основные услуги, характерные для технологии IMS — IP мультимедийной подсистемы [5]. При этом в качестве транспортных ресурсов используются тракты Gigabit Ethernet, а обмен сигналами управления и взаимодействия осуществляется по протоколу SIP [1].

Применение медиатора после его установки —  $T_{СП}$  (точка смена парадигмы) на рис. 1 — позволяет

реализовать сценарий “М”. В некотором смысле данный сценарий позволяет “преодолеть пропасть в два прыжка”. Невозможность такого решения была сформулирована Дэвидом Ллойд Джорджем, занимавшим пост премьер-министра Великобритании с 1916 по 1922 г., применительно к сфере деятельности, которая не относится к современным телекоммуникационным системам. В технике же (по крайней мере, в области электросвязи) такой подход оказался реализуем. В результате сокращается на некое время  $T_X$  процесс модернизации ТфОП. По оценке авторов статьи, величина  $T_X$  может составить около 10 лет.

Применение медиаторов порождает также эффект минимизации рисков, обусловленных возможным появлением качественно новой концепции развития ТфОП и телекоммуникационной системы в целом, отличной от идей, которые обсуждаются в [4, 5]. Если цикличность эволюции ТфОП сохранится, то ближе к 2040 г. можно ожидать возникновения новой концепции модернизации ТфОП. Кроме того, если продлить срок службы аналоговых АТС в составе сегодняшней телекоммуникационной сети за счет установки медиаторов, то можно получить весьма существенный экономический эффект.

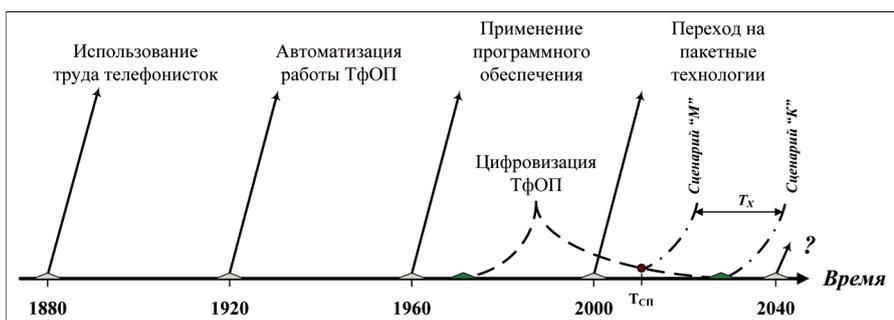


Рис. 1. Качественные изменения в развитии системы телефонной связи

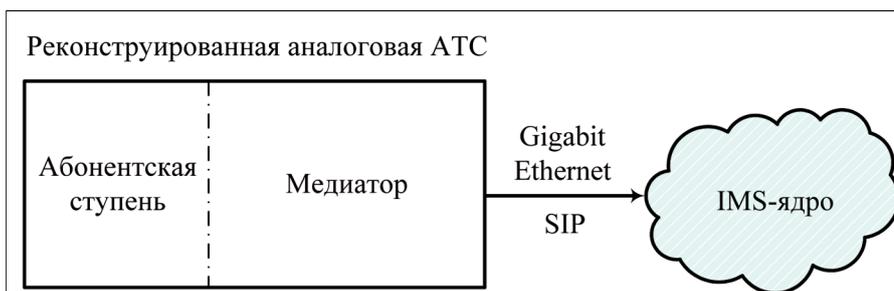


Рис. 2. Использование медиатора в координатных АТС

### Перспективы использования медиаторов в ближайшие годы

В настоящее время представляется целесообразным использовать медиаторы для радикальной модернизации аналоговых АТС координатного типа [9]. В первую очередь, речь идет об оборудовании АТСК и АТСК-У в ГТС, а также АТСК 100/2000 в СТС. Данное утверждение становится справедливым в случае приемлемого состояния оборудования абонентской ступени с точки зрения экономичности процедур его технического обслуживания. Тогда применение медиаторов, как уже показал первый опыт эксплуатации модернизированных координатных АТС в С.-Петербурге, оправданно.

Особенности медиаторов, которые используются в указанном проекте, заключаются в следующем. Во-первых, используется современная элементная база, что позволяет добиться более высоких показателей надежности. Во-вторых, добавлены новые функции, направленные на расширение спектра предоставляемых услуг. В-третьих, обеспечены возможности совершенствования эксплуатационных процессов. Важным обстоятельством следует считать и тот факт, что оборудование медиатора на 100 % является отечественным. Использование методики оценки предпочтений при выборе вида телекоммуникационного оборудования, предложенной в [10], подтверждает целесообразность применения медиаторов для модернизации аналоговой коммутационной техники.

### Перспективы использования медиаторов в будущем

Новое поколение медиаторов предназначено и для модернизации цифровых АТС. Далее соответствующие аппаратно-программные средства называются “Медиатор-Ц”. В первую очередь, “Медиатор-Ц” эффективен для реконструкции тех типов цифровых АТС, для которых невозможно или неэкономично осуществлять обновление версий программного обеспечения и/или разработку новых аппаратных средств.

В подобных случаях экономически эффективным решением становится установка аппаратно-программных средств “Медиатор-Ц” на выходе цифровой АТС. Такое решение показано на рис. 3. Следует подчеркнуть, что IMS-ядро при этом качественно не меняется, необходимо только увеличить его производительность. Не меняются и спецификации стандартов Gigabit Ethernet и SIP.

“Медиатор-Ц” может устанавливаться на каждой цифровой АТС. Существует возможность реализации решения, похожего на злоупотребление в ГТС [11]. Такой вариант модернизации нескольких цифровых АТС показан в нижней части

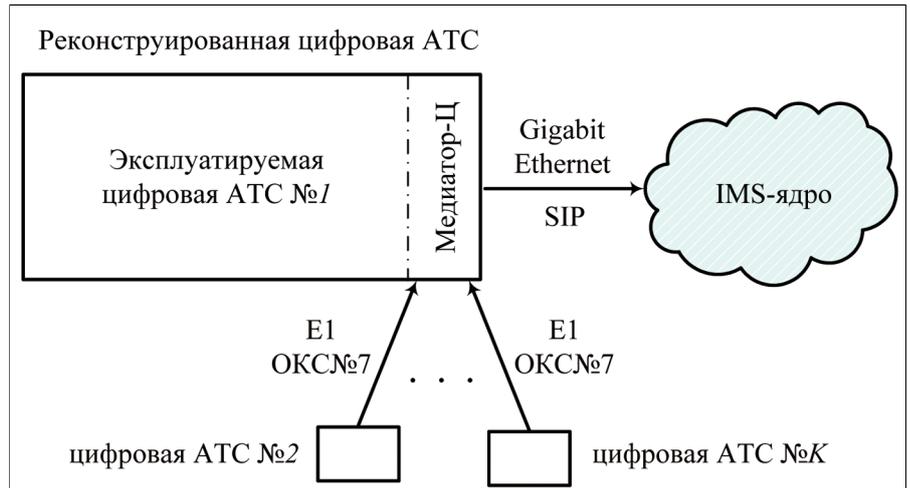


Рис. 3. Использование медиатора в цифровых АТС

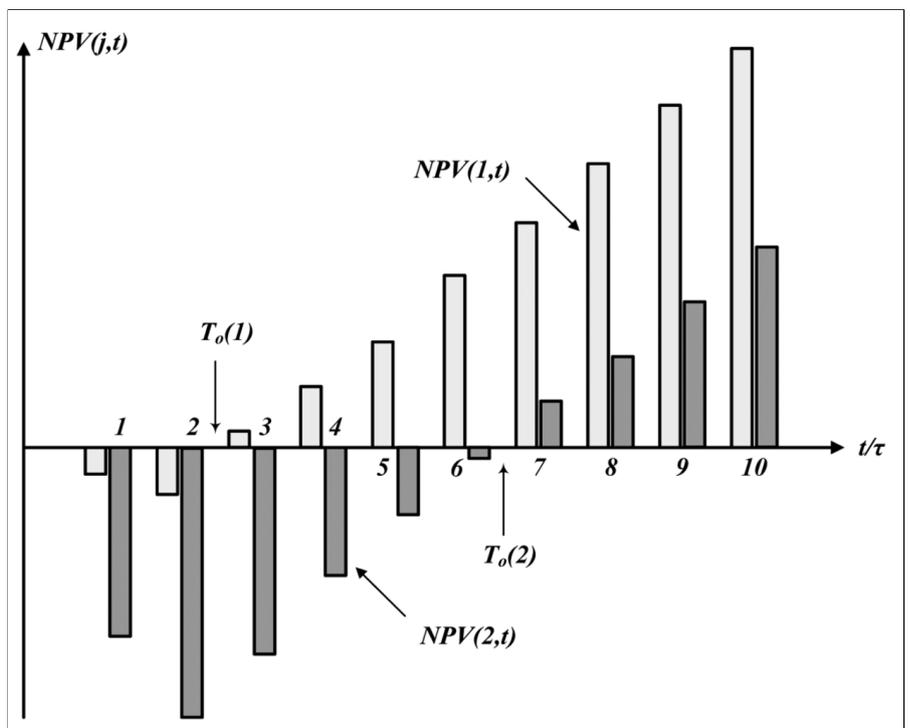


Рис. 4. Изменение функций чистой текущей стоимости

рис. 3. В медиатор включены цифровые АТС численностью  $K-1$  посредством стандартных трактов E1, пропускная способность которых равна 2048 кбит/с. Для обмена сообщениями управления и взаимодействия используется общий канал сигнализации (ОКС); цифра “7” определяет номер стандарта по классификации Международного союза электросвязи (МСЭ).

Выбор величины  $K$  осуществляется на этапе разработки проектной документации. Модульная конструкция оборудования “Медиатор-Ц” позволяет находить экономичные решения при разном количестве подключаемых цифровых

АТС. Также экономичным остается решение, когда  $K=0$ , т. е. при оснащении оборудованием “Медиатор-Ц” каждой модернизируемой цифровой АТС.

### Технико-экономическое обоснование предлагаемого решения

Опыт проведения технико-экономического анализа показывает, что полученные результаты в значительной мере определяются спецификой того объекта, для которого реализуются инновационные решения. Чтобы не ограничивать общность дальнейших рассуждений условиями конкретного бизнес-

кейса конкретной ГТС, для оценки эффективности применения медиаторов как для аналоговых, так и для цифровых АТС авторы решили использовать модель гипотетического фрагмента ТфОП. В качестве функции, позволяющей оценить потенциальный технико-экономический эффект, в последние годы часто выбирают чистую текущую стоимость (NPV, Net Present Value). Для любого  $j$ -го сценария эволюции ТфОП величина чистой текущей стоимости зависит от времени  $t$  [12]. По этой причине логично исследовать функцию  $NPV(j, t)$ , по поведению которой можно судить об эффективности различных сценариев развития ТфОП.

Переменную  $t$  удобно заменить безразмерной величиной  $k$ . Она вычисляется делением  $t$  на некий период времени  $\tau$ , который в зависимости от рассматриваемого проекта может составлять месяц, квартал или год. Для построения функции  $NPV(j, t)$  для  $j$ -го сценария развития ТфОП необходимо знать следующие величины [12]:

- $CF_k(j)$  — приток денежных средств в  $k$ -м периоде;
- $I_k(j)$  — сумма инвестиций в  $k$ -м периоде;
- $r$  — ставка дисконтирования;
- $n$  — суммарное количество периодов (время действия инвестиции).

После оценки этих величин функция  $NPV(j, t)$  для  $j$ -го сценария развития ТфОП рассчитывается по такой формуле [12]:

$$NPV(j, t) = \sum_{k=1}^n \frac{CF_k(j)}{(1+r)^k} - \sum_{k=0}^n \frac{I_k(j)}{(1+r)^k}.$$

Для гипотетической модели фрагмента ТфОП, в котором модернизация осуществляется за два соседних периода, построены две кривые чистой текущей стоимости (рис. 4). Функция  $NPV(1, t)$  определяет чистую текущую стоимость для сценария, основанного на использовании медиаторов. Сценарию замены цифровой АТС на систему с пакетной коммутацией соответствует зависимость  $NPV(2, t)$ .

Стоимость оборудования медиатора и затраты на его установку

существенно меньше аналогичных статей затрат на новые аппаратно-программные средства. Оценки, полученные при модернизации обеих ГТС обеих столиц, показали, что инвестиции различаются почти на порядок. При этом доходы для обоих сценариев модернизации фрагмента ТфОП примерно одинаковы. Эти обстоятельства определяют заметное различие в сроках окупаемости [12], которые обозначены как  $T_O(1)$  и  $T_O(2)$  для первого и второго сценария развития ТфОП соответственно. Судя по поведению функций  $NPV(j, t)$  сценарий, основанный на использовании медиаторов, предпочтителен. Однако окончательный вывод можно сделать только после анализа рисков, присущих каждому альтернативному пути модернизации ТфОП.

### Аспекты оценки возникающих рисков

Оценка возникающих рисков — одна из самых сложных задач, решаемых при выборе сценария модернизации ТфОП. Данное утверждение обосновано тем, что оператору связи приходится выбирать инновационное решение в условиях неопределенности, что повышает риск и снижает достоверность полученных оценок [13].

Для адекватной формулировки задачи по оценке риска сначала следует проанализировать судьбу ряда концепций развития телекоммуникационной системы, предложенных МСЭ в разное время. Начнем с идеи ISDN (Integrated Services Digital Network) — цифровой сети интегрального обслуживания. Этот путь развития телекоммуникационной системы считался в 80-е годы прошлого столетия основным направлением сетей, обеспечивающих услуги диалога для обмена информацией любого рода. Позднее, в 90-е годы XX века, предпочтение было отдано концепции B-ISDN (Broadband Integrated Services Digital Network) — широкополосной цифровой сети интегрального обслуживания. Она предусматривала интеграцию всех сетей электросвязи, включая те, которые обеспечивали телевизионное и звуковое вещание. Однако тогда же

наметилась тенденция перехода на пакетные технологии передачи и коммутации. В результате в XXI веке была разработана концепция NGN (Next Generation Network) — сеть следующего поколения [11], получившая развитие в рекомендациях МСЭ по post-NGN [4] и Future Networks [5].

Следует напомнить, что концепция ISDN была реализована в некоторых странах, но и там совсем не в том объеме, который прогнозировался в процессе разработки соответствующих рекомендаций МСЭ. Концепция B-ISDN оказалась совсем “мертворожденной”, но справедливости ради отметим, что благодаря ей появилась принесшая гораздо больше пользы технология ATM (Asynchronous Transfer Mode) — асинхронный способ передачи данных. Судя по имеющейся у авторов информации, концепцию NGN в том виде, который определен рекомендациями МСЭ серии Y, операторы связи реализовывать не собираются.

Причины подобных фактов следует считать предметом отдельного исследования. Для вопросов, рассматриваемых в данной статье, важно констатировать следующее: к концептуальным положениям, предлагаемым мировым сообществом, следует относиться с большой осторожностью. С этой точки зрения применение медиаторов позволяет минимизировать риск за счет переноса времени полной замены эксплуатируемого оборудования в будущее. Если верна гипотеза о появлении новой парадигмы развития всей системы телефонной связи ближе к 2040 г., то использование медиаторов можно рассматривать как средство минимизации потенциальных рисков. К сожалению, такой вывод не позволяет перейти к численной оценке риска как вероятностной меры, но он, по крайней мере, служит еще одним весомым аргументом в пользу развития ТфОП за счет установки медиаторов для физически и/или морально устаревающего коммутационного оборудования.

### Заключение

Приведенные выше рассуждения относительно использования медиа-

торов для модернизации аналоговых АТС показывают, что этот путь развития ТфОП отвечает двум важным требованиям. Во-первых, затраты, необходимые для реализации проекта, существенно меньше, чем объем инвестиций на замену коммутационного оборудования, ресурсы которого позволяют эксплуатировать абонентскую часть аналоговых АТС в течение десяти и более лет. Во-вторых, применение медиаторов снижает риск оператора, касающийся выбора стратегии долгосрочного развития телекоммуникационной системы в целом.

По крайней мере, данное утверждение справедливо для АТСК, АТСК-У в ГТС и АТСК100/2000 в СТС. На сельские аналоговые АТС меньшей емкости рассмотренные выше тезисы не распространяются. Предложения по модернизации СТС изложены в [14]. Они заключаются в замене АТСК 50/200, АТСК 50/200М и им подобного коммутационного оборудования малой емкости выносным модулем — концентратором, который включается в центральную станцию [11].

Определенный интерес представляет и поколение “Медиаторов-Ц”, которые рассчитаны на замену тех

типов цифровых АТС, для которых невозможно или экономически нецелесообразно вводить новые функции, обращаясь к производителю коммутационного оборудования. Цифровой медиатор может обеспечить экономичное развитие ТфОП и минимизацию риска за счет перехода на качественно новые технологии передачи и коммутации в более позднее время. Ресурсы цифровых АТС, как правило, могут обеспечить возможность эксплуатации основной части коммутационного оборудования в течение значительного периода времени. По этой причине экономический эффект от применения цифровых медиаторов может оказаться весьма существенным, что нуждается в дальнейшей проработке, так как практический опыт реализации медиаторов для цифровых АТС еще не накоплен в таком объеме, который получен при модернизации аналогового сегмента телекоммуникационной сети.

#### Литература

1. Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А. Об одном пути реконструкции ГТС// Вестник связи. 2011. № 4.
2. Булгак В.Б., Варакин Л.Е., Ивашкевич Ю.К., Москвитин В.Д., Осипов В.Г. Концепция развития

связи Российской Федерации. – М.: Радио и связь. 1995.

3. Федюкин В.К. Управление качеством процессов. – СПб.: Питер. 2004.
4. Гольдштейн Б.С., Кучерявый А.Е. Сети связи пост-NGN. – СПб.: БХВ-Петербург. 2013.
5. Росляков А.В., Ваняшин С.В. Будущие сети (Future Networks). – Самара: ПГУТИ. 2015.
6. Dornheim S. Managing the PSTN Transformation. A Blueprint for Successful Migration to IP-Based Networks. – CRC Press Taylor & Francis Group. 2015.
7. Соколов Н.А. Задачи планирования сетей электросвязи. – СПб.: Техника связи. 2012.
8. Яковец Ю.В. Циклы. Кризисы. Прогнозы. – М.: Наука. 1999.
9. Аваков Р.А., Кооп М.Ф., Лившиц Б.С., Подвидз М.М. Городские координатные автоматические телефонные станции и подстанции. – М.: Связь. 1971.
10. Сергеева М.Ю., Соколов Н.А. Численная оценка предпочтений при выборе вида телекоммуникационного оборудования// Вестник связи. 2015. № 11.
11. Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г. Сети связи. – СПб.: БХВ. 2010.
12. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика. – М.: Дело. 2008.
13. Shuler R. Economic Optimization of Innovation & Risk. – Bibliogov. 2015.
14. Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А. Анализ направлений развития системы связи в сельской местности// Вестник связи. 2013. № 12.

### Сценарии развития телефонной сети общего пользования *Development scenarios of the Public Switched Telephone Network*

В [1] была впервые опубликована оригинальная стратегия реконструкции ГТС, обеспечивающая реализацию перехода МГТС на 10-значный план нумерации. Вскоре после публикации эта реконструкция была успешно реализована — всего за 6 месяцев путем установки медиаторов, обеспечив решение поставленной задачи, а заодно и 100 % цифровизацию сети с переводом ее под управление IMS-ядра. К этому опыту, видоизмененному для решения других, уже не связанных с планом нумерации, задач, обратились связисты нашей второй столицы.

Разработанные ими новые сценарии развития сети С.-Петербурга позволяют оперативно решить целый ряд текущих задач в рамках общей стратегии реконструкции сети, включая освобождение зданий, занимаемых АТС, сохранение телефонных номеров при переводе на PON, обеспечение повсеместного введения новых услуг и функциональности СОРМ и ряд других. В публикуемой статье рассматриваются системные аспекты разработанного решения.

*The original strategy of the urban telephone network reconstruction was published in [1]. A purpose of the proposed approach was introduction of the transition of 10-digit numbering plan in Moscow network. Shortly reconstruction has been successfully implemented. Within 6 month, installation of the mediators has provided solution of the problem. In addition, 100% digitization of the network with the transfer under the control of IMS-core was achieved. This experience was interesting for the specialists of the St. Petersburg for solution other problems.*

*The developed scenarios for the modernization of networks in St. Petersburg allow rapidly solve a number of problems. The typical examples of these problems are exemption of buildings occupied by the telephone equipment, invariableness of the phone numbers under passive optic network installation, introduction of new services including Law Enforcement Support System. In the published article examines the system aspects of the developed solutions.*

**Ключевые слова:** телефонная сеть общего пользования, модернизация, медиатор, аналоговая телефонная станция, чистая текущая стоимость, риск.

**Keywords:** Public Switched Telephone Network, modernization, mediator, scenario, analog telephone exchange, Net Present Value, risk.