

# Программа ADSL — 80 %. Максимально и грамотно использовать ресурс медных линий

УДК 621.317.33/.35

**А.В. КОЧЕРОВ**, главный метролог ООО “Аналитик-ТС”, кандидат технических наук, **Д.Б. ЖАРЕНКО**, начальник отдела организации эксплуатации сетей доступа МРФ “Юг” ОАО “Ростелеком”, **Б.В. МЕТЕЛЕВ**, начальник отдела подбора и развития персонала, **В.М. ПОДОСИННИКОВ**, заместитель технического директора по развитию Астраханского филиала МРФ “Юг” ОАО “Ростелеком”, **Д.В. ЗАДОРЖНЫЙ**, инженер электросвязи ЛКУ № 4

Уровень доступности населению ресурсов сети Интернет сегодня рассматривается как важнейшая характеристика страны. Оптические сети доступа активно строятся по всему миру и позволяют передавать широкий спектр современных услуг. Все это правильно. Однако на сетях абонентского доступа успешно используется еще много сотен тысяч километров медных линий. Как технология организации услуг ШПД в районах индивидуальной застройки, включая сельскую местность, ADSL сегодня наиболее распространена, кроме того, подключение по ней новых абонентов наименее затратно.

Поэтому максимальное использование имеющейся сети доступа на основе медных кабелей — это огромный ресурс повышения эффективности бизнеса.

Как же максимально и грамотно использовать ресурс медных линий?

## Эффективный бизнес — эффективное использование ресурсов сети

ADSL — технология передачи данных, позволяющая использовать обычную телефонную линию для подключения телефона одновременно со скоростным доступом в Интернет, включая IPTV. 20-летнее развитие стандарта ADSL обеспечило практически полное задействование динамического и частотного диапазонов медной пары. Проще говоря, современные приемопередатчики ADSL2+ максимально используют пропускную способность пары в широких диапазонах по скорости и длине линии, что дает оператору гибкий инструмент для предоставления услуг. Поэтому хоронить медную абонентскую линию — преждевременно.

Мировая практика показывает, что не всем и не везде нужна оптика.

Развивать сети доступа необходимо избирательно, добываясь в первую очередь экономической эффективности, обеспечить которую может рост проникновения услуг на основе ADSL. Однако это приводит к увеличению коэффициента уплотнения пар линиями ADSL и ограничивается влиянием переходных помех, что приводит к необходимости обеспечения эксплуатационной надежности системы ШПД при коэффициенте уплотнения многопарных кабелей до 80 % [1]. Обозначим для краткости эту задачу как “Программа ADSL — 80 %”.

В том, что уплотнение кабелей линиями ADSL до 80 % не является фантастикой, можно убедиться, зная средний размер европейской семьи и рассмотрев отчет Организации экономического сотрудничества и развития [2], согласно которому в ведущих странах Европы количество пользователей ADSL (ADSL, ADSL2+, VDSL2, VDSL2 vectoring, ...) характеризуется показателями, приведенными в табл. 1.

Таким образом, европейская практика показывает, что путь развития телекоммуникаций на основе, в первую очередь, экономической эффективности возможен и реализован. Достижению этой главной задачи способствуют исследование ресурсов и разработка методов, обеспечивающих максимальную загрузку парной емкости многопарных кабелей.

Такая методика включает в себя указания по восстановлению параметров кабелей, нормализации кабельной структуры, замене устаревшей кабельной арматуры. Указанные процессы обеспечиваются как в ходе ежедневного развития и обслуживания сети

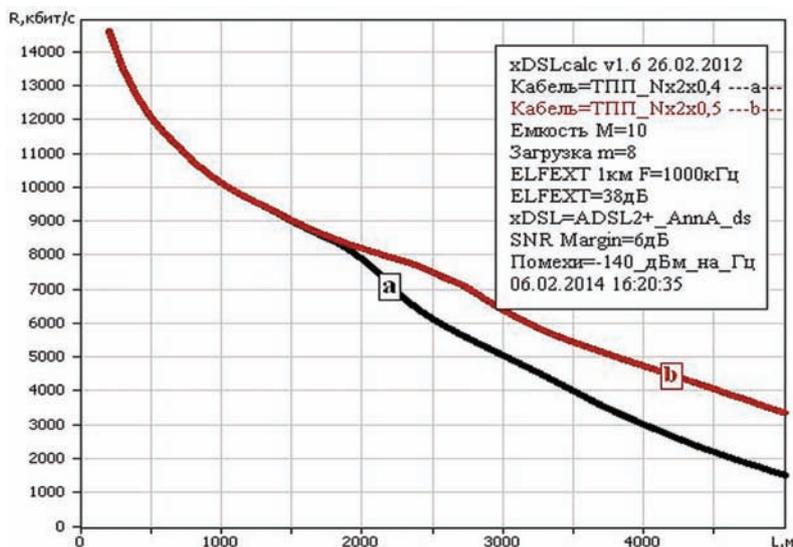


Рис. 1. Нормы — минимально допустимые значения скорости ADSL2+



Таблица 1

Страны Европы	Доля ADSL среди технологий фиксированного доступа, %	Количество пользователей ADSL на 100 жителей	Средний размер семьи, чел.	Средний коэффициент проникновения ADSL, %
Великобритания	73,1	25,5	2,3	58,7
Германия	82,3	28,4	2,1	59,6
Франция	91,9	34,0	2,4	81,6
Италия	97,8	21,9	2,6	56,9

Таблица 2

Описание нормы	Обозначение	Ед. измерения	
Уровень доверия	P	ед.	%
Соответствие кабельных линий норме скорости	минимальный коэффициент соответствия	q=1 – p	0,90
	максимальный коэффициент несоответствия	p	0,10

Таблица 3

K – всего проверено многопарных кабелей	N – допустимое количество несоответствующих кабелей	K – N – количество кабелей, которые должны соответствовать по скорости	Оценка коэффициента соответствия, %
21	0	21	100,0
37	1	36	97,3
51	2	49	96,1
64	3	61	95,3
77	4	73	94,8
90	5	85	94,4
...	...	...	...
1006	88	918	91,3
...	...	...	...
2006	183	1823	90,9

Таблица 4

Кабель	РШ 56-31 ЗП 43/1x D=0,4 мм, L=2336 м	РШ 56-02 ЗП 40/1x D=0,5 мм, L=1600 м
Время мониторинга	с 15:21 22.11.2013 г. до 15:14 23.11.2013 г.	с 12:05 18.11.2013 г. до 08:52 19.11.2013 г.
Суточный ход изменения нагрузки, оцениваемой по изменению запаса помехозащищенности	Запас после ночного повышения из-за низкого трафика снижается около 8 ч (пользователи включают IPTV). По мере снижения нагрузки (пользователи расходятся по делам) запас с 11 ч растет. С 14 ч начинается активное использование сети (школьники и студенты возвращаются) — запас понижается. Запас возрастает около 24 ч (абоненты отходят ко сну)	В первой половине дня при росте нагрузки с 14 ч на парах 40/19 (розовая), 40/10 (синяя), 40/17 (голубая) и 40/12 (зеленая) наблюдается существенное изменение и падение запаса помехозащищенности. Запас возрастает около 24 ч
Характер изменения запаса помехозащищенности	Случаи падения запаса ниже 0 дБ не наблюдаются	При падении запаса ниже 0 дБ соединения переустанавливаются, запас восстанавливается, скорость снижается
Характер изменения скорости	Скорость стабильна	После переустановки соединения скорость стабильна
Результат мониторинга	Минимальная скорость, выявленная на паре 43/10 (синяя), составляет R <sub>m</sub> =11436 кбит/с, т. е. 173 % от нормы	Минимальная скорость, выявленная на паре 40/15 (оранжевая) составляет R <sub>m</sub> =11116 кбит/с, т. е. 157 % от нормы

тельства возможности уплотнения кабелей должны устанавливать тот факт, что выбранная кабельная линия с вероятностью (коэффициент соответствия) не менее 90 % будет соответствовать норме скорости [1]. При этом вероятность принятия верного решения на

основе анализа выборки ограниченного объема (уровень доверия) не должна быть менее 90 %.

Применив метод биномиального распределения вероятности [3], получим формулу, связывающую вероятность P(n<N) наступления того

факта, что количество несоответствующих кабелей не превысит N с заданной нормой максимально допустимого несоответствия кабелей норме скорости p и числом проверенных кабелей K.

$$P(n < N) = \sum_{k=0}^N C_K^k p^k (1-p)^{(K-k)}$$

Возможность заполнения кабелей линиями ADSL на 80 % может быть признана доказанной, если выполнены условия табл. 3, к которой полезно дать комментарий:

проверяемый кабель заполняется линиями ADSL на 80 %, линии активируются, контролируется скорость на каждой паре, определяется наименьшее значение скорости  $R_m$ , и кабель квалифицируется по этому значению относительно нормы  $R$  — кабель или соответствует, или не соответствует;

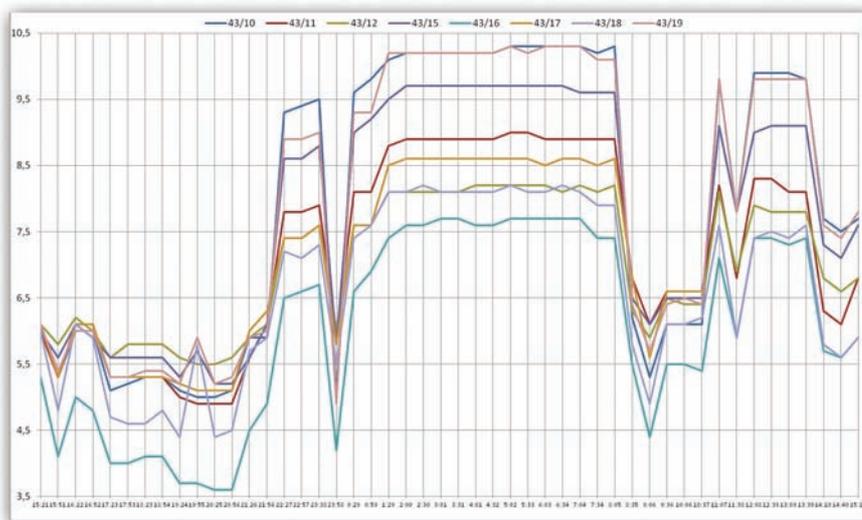
если при заполнении на 80 % 21-го кабеля число несоответствующих по скорости равно 0, гипотеза о возможности заполнения может считаться доказанной;

если после обследования 21-го кабеля среди них будет обнаружен хотя бы один несоответствующий, то следует увеличить число обследуемых кабелей до 37; если после проверки 37-ми кабелей число несоответствующих равно 2, то нужно суммарно обследовать 51 кабель, и т. д.;

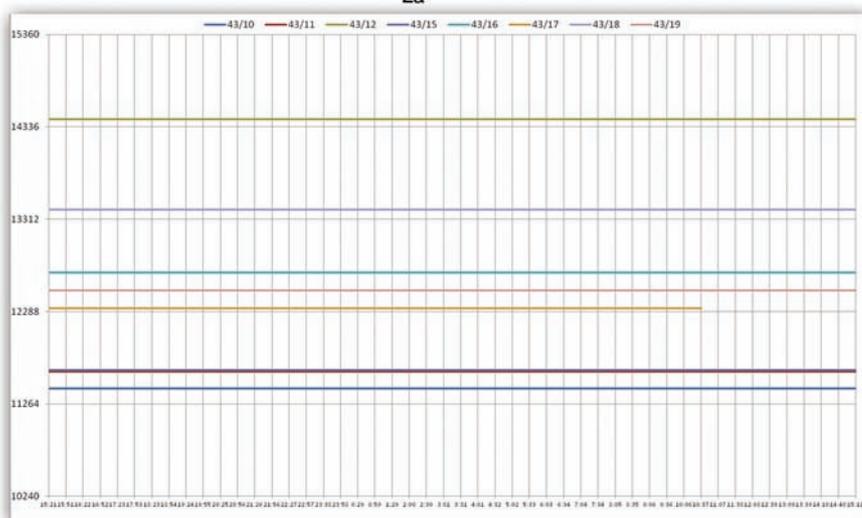
материал табл. 3 показывает, что при увеличении числа обследованных объектов оценка коэффициента соответствия (крайняя правая колонка) стремится к заданному в табл. 2 требованию  $q = 90\%$ ; однако оценка коэффициента соответствия приближается к требуемому значению равному 90 % при очень высоком количестве обследованных кабелей  $K > 1000$ .

Детальное обследование значительного количества кабелей весьма трудоемко. С другой стороны, при определении факта годности кабеля не используется информация о мере соответствия, т. е. о том, насколько фактическая скорость соединения  $R_m$  на самом деле превышает требуемую норму скорости  $R$ .

Если же эту меру соответствия рассматривать как случайную величину, то анализ ее фактического распределения позволит существенно сократить объем работ при помощи метода толерантных пределов [4], идея которого состоит в следующем: выбирается очередная кабель; в соответствии с его фактическими данными (тип, диаметр жил, длина, норма переходных влияний) определяется норма скорости  $R$ ; обследуется кабель, уплотненный на 80 %; измеряются скорости



2а



2б

Рис. 2. РШ 56-31 ЗП 43/1х. Мониторинг запаса помехозащищенности SNR\_Margin (вверху) в дБ и скорости ADSL2+ в кбит/с

линий на всех задействованных парах; определяется наименьшее значение скорости на наихудшей паре  $R_m$ ; при необходимости проводятся работы по устранению неисправностей в целях подъема скоростных характеристик, и вновь определяется скорость на наихудшей паре; для каждого кабеля вычисляется мера соответствия скорости норме. По выборке оцениваются математическое ожидание, среднеквадратичное отклонение от среднего (СКО) и определяется толерантная граница  $X$ : если  $X > 100\%$ , то возможность уплотнения линиями ADSL на 80 % считается доказанной; если  $X < 100\%$ , то работа продолжается до выполнения условия  $X > 100\%$ .

Два метода представлены с целью их возможного применения операторами для доказательства или, напротив, опровержения возможности

уплотнения парной емкости кабелей до 80 % с гарантией работы всех линий на скорости не менее нормы. Мы же представим экспериментально полученные данные, которые доказывают такую возможность.

### Результаты практических исследований

Измерение скоростных характеристик линий ADSL2+ выполнено осенью 2013 г. на многопарных кабелях городской сети Астрахани. На рис. 2 и 3 представлены наиболее показательные примеры изменения запаса помехозащищенности и скорости передачи в нисходящем направлении в течение суток. Таблица 4 комментирует результаты мониторинга.

Сводка данных мониторинга кабелей и оценка соответствия нормам,

Таблица 5

К	Обозначение	Дата мониторинга, ноябрь 2013 г.	Уплотнение, %	Длина линии L, м	Диаметр жил D, мм	Норма скорости R, кбит/с	Минимальная скорость в кабеле R <sub>m</sub> , кбит/с	Мера соответствия скорости норме r=R <sub>m</sub> /R·100, %
1	РШ 56-02 ЗП 47/5х	06 — 07	80	1647	0,5	8744	12506	143,02
2	РШ 56-02 ЗП 40/1х	18 — 19	80	1600	0,5	8836	11116	125,80
3	РШ 56-11 ЗП 34/3х	20 — 21	80	2960	0,5	6500	3703	56,97
4	РШ 56-24 ЗП 63/8х	21 — 22	80	3049	0,4	4956	5824	117,51
5	РШ 56-31 ЗП 43/1х	22 — 23	80	2336	0,4	6604	11436	173,17
6	РШ 56-10 ЗП 27/9х	25 — 26	80	2170	0,4	7236	12395	171,30
7	РШ 56-23 ЗП 61/5х	27 — 28	80	2470	0,4	6212	6088	98,00
8	РШ 56-04 ЗП 0/8х	28 — 29	80	2930	0,4	5208	8190	157,26
Среднее значение m								130,38
СКО от среднего d								14,99
Толерантная граница X = m – k(K)·d при k(8)=1,735 согласно табл. А.3 из [4]								104,37

Таблица 6

Основные положения	1	Для обеспечения гибкости планирования, полного использования скоростного потенциала кабеля при недопущении выхода на границу устойчивой работоспособности линий ADSL2+ необходимо разрабатывать тарифные планы с шагом выбора скорости равным 1 Мбит/с	Формат электронного паспорта и система норм даны в статье [1] и здесь не повторяются
	2	В целях обеспечения квалифицированного скоростного планирования представляется необходимым лишить абонента возможности произвольного увеличения скорости тарифного плана. Изменением скорости можно и нужно управлять с учетом реализуемых возможностей, т. е. на основе принятых норм	
	3	Производить увеличение скорости тарифного плана только после предварительных измерений и оценки возможности повышения скорости с учетом норм и состояния кабеля	
	4	Выполнять комплекс измерений в соответствии с разработанным электронным паспортом и отработанной системой норм, позволяющей выявить неисправность пары и негодность пары по скорости	
	5	Сосредоточить усилия на использовании возможности снижения потребной линейной скорости применением эффективных современных способов сжатия видеопотока IPTV	
	6	Определять и учитывать характеристики каждого кабеля	
	7	Разработать методические указания и проводить обучение сотрудников, занимающихся выполнением “Программы ADSL — 80 %”	
Основные этапы работы с каждым абонентом и каждой линией ADSL	1	Коммерческий и технический блоки совместно обрабатывают заявку абонента с учетом нормы скорости (рис. 1), вычисляемой по учетным данным (длина, диаметр жил, ...)	Целесообразна доработка соответствующего программного обеспечения, позволяющего абоненту видеть диапазон скоростей доступа и соответствующие тарифные планы, которые могут быть гарантированно обеспечены на конкретной линии
	2	При несоответствии желаемого тарифного плана абонента норме выполняется пересогласование тарифного плана	
	3	Заявка на рассмотрение технической возможности подключения передается универсальному монтеру (УМ) путем начального создания электронного паспорта по линии (заявке)	
	4	УМ проводит комплекс измерений, результаты вносятся в электронный паспорт. Выясняется годность пары к ШПД. При несоответствии кабель передается в ремонт	На основе данных, поступающих в БД от УМ, вооруженных средствами ведения электронных паспортов, открывается возможность наполнения БД реальными результатами измерений, что способствует как выявлению ошибок в системе учета, так и открывает возможности ведения постоянного аудита сети доступа
	5	Окончательное согласование тарифного плана с абонентом, заключение договора	
	6	Подключение абонента, настройка оборудования, ограничение скорости на порту согласно норме	
	7	Сдача электронного паспорта линии в технический учет (базу данных — БД)	

выполненная по методу толерантных пределов, представлена в табл. 5. Рассчитанная по результатам мониторинга скорости толерантная граница равна X=104,37 %. Полученное

значение удовлетворяет условию X>100 %. Таким образом, статистическая обработка результатов мониторинга линий ADSL2+ по скорости показала, что не менее чем на 90 %

кабелей, заполненных линиями ADSL2+ на 80 %, минимальная скорость составляет не менее 100 % от норм, предложенных в [1] и представленных на рис. 1.

## Программа ADSL — 80 % — это реальность

Доказательство на характерном фрагменте сети получено. Что теперь? Стабилизировать скорость и генерировать доход наращиванием абонентской базы, подкрепленным конкретными мероприятиями “Программы ADSL — 80 %”, сведенными в табл. 6.

### Выводы

Проведенные практические исследования доказали возможность уплотнения парной емкости линиями ADSL2+ до 80 %. В ходе доказательства этого на сети Астрахани были использованы методы, опубликованные прошедшим летом [1] и к настоящему времени детально отработанные. Соответствующая программа деятельности в этом направлении определена.

На сегодняшний день доступ с использованием ADSL преобладает, а его возможности далеко не исчерпаны. Грамотное использование ресурсов сети доступа — это огромный ресурс повышения эффективности бизнеса. Полученные результаты демонстрируют, что этот ресурс измерим и доступен к использованию посредством отработанных методик, предлагаемых к дальнейшему развитию и широкому распространению.

#### Литература

1. А.В. Кочеров, Д.Б. Жаренко, Б.В. Метелев, В.М. Подосинников, Д.В. Задорожный.



3а



3б

Рис. 3. РШ 56-02 ЗП 40/1х. Мониторинг запаса помехозащитенности SNR\_Margin (вверху) в дБ и скорости ADSL2+ в кбит/с

ADSL2+. Поднять уплотнение парной емкости с 30 до 80 % //Вестник связи. — 2013. — № 8. — С.16 — 23.  
2. OECD Broadband Portal.

3. Б.Л. Ван дер Варден. Математическая статистика. М. ИИЛ, 1960 г. 434 с.  
4. ГОСТ Р ИСО 16269-6-2005.

# Векторы эволюции терминалов фиксированной связи

Очередная выставка CSTB, состоявшаяся в конце января, дала возможность познакомиться с новейшими трендами эволюции абонентских устройств, предназначенных для сетей фиксированной связи. Попробуем сформулировать их на примере решений, представленных французской группой компаний Sagemcom (ранее называлась Sagem Communications), которая ежегодно участвует в московской выставке с момента открытия своего российского представительства. В ее состав входит компания

Sagemcom Broadband SAS, основным направлением работы которой (наряду с фемтосотами) как раз является производство CPE — абонентского оборудования для фиксированных сетей.

Особый интерес данная компания представляет, поскольку в течение многих лет является одним из основных поставщиков терминального оборудования как для французских, так и большинства ведущих европейских операторов связи, кабельного ТВ (КТВ) и спутникового ТВ. Как правило, оборудование дорабатывается в сотрудни-

честве со специалистами того или иного оператора. В последние годы компания производит кастомизированные терминалы и для российских компаний (Ростелеком, Таттелеком, НТВ+ и др.).

Недавно Sagemcom открыла офис в США и начала экспансию на североамериканский рынок, и сегодня среди покупателей ее абонентского оборудования уже числится ряд крупных операторов Нового света, в частности Bell Canada и Windstream Communications.