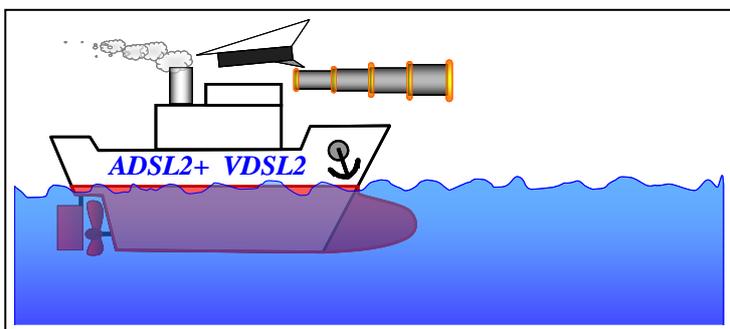


ADSL2+ и VDSL2. Нормирование и управление эксплуатационной надежностью сети ШПД

Кочеров А.В. Главный метролог ООО «Аналитик-ТС»

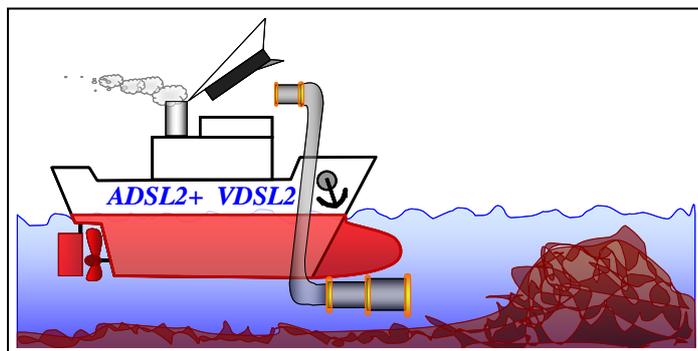
Хвостов Д.В. Генеральный директор ЗАО «Самара-импэкс-кабель»

Эксплуатационная надежность сетей широкополосного доступа (ШПД) в первую очередь зависит от устойчивой работы цифровых линий на физическом уровне. Затухание сигнала и уровень собственных помех приемника определяют скоростной потенциал линии, а переходные помехи



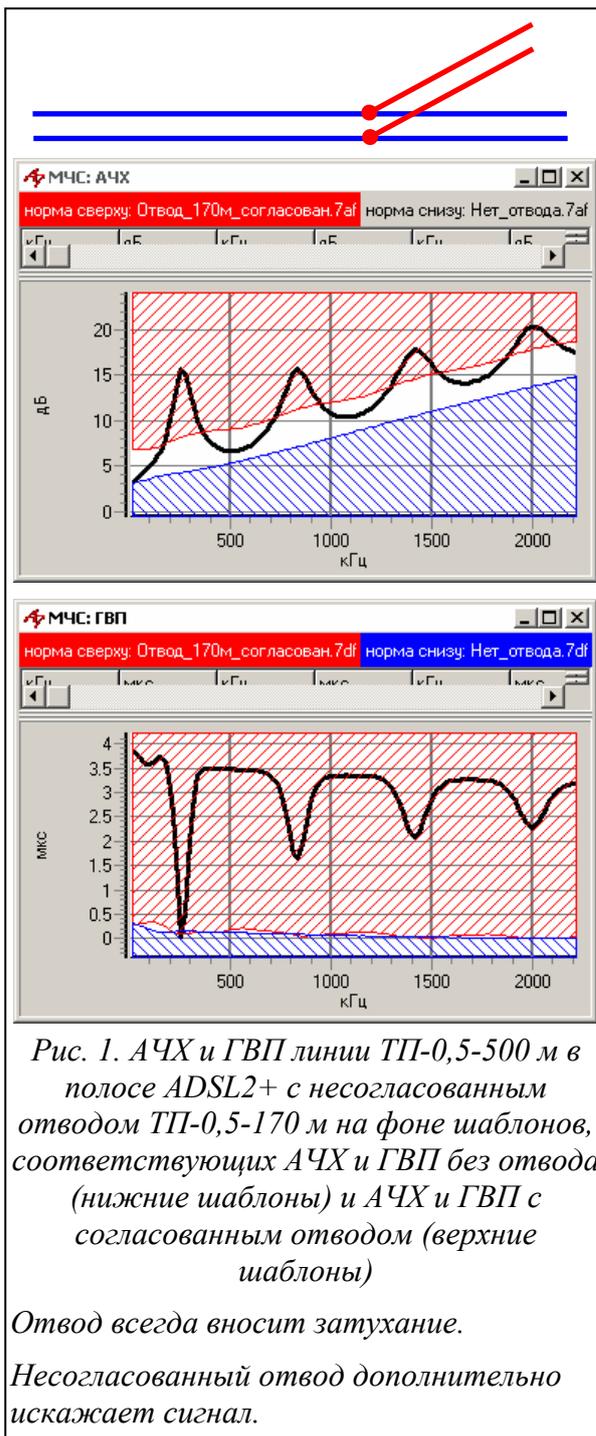
его ограничивают. Приближение к этому ограничению часто выглядит не как лекальный процесс, но как удар о «подводный камень» не приметных при поверхностном рассмотрении условий ЭМС цифровых линий.

Точка зрения с уровня верхней палубы должна быть опущена хотя бы до уровня киля сети ШПД (а, как известно, от того уровня требуется еще 7 футов запаса), что обусловлено необходимостью понимания предела, до которого можно



поднимать скорость доступа в сети. То есть прежде чем устраивать гонки необходимо либо расчистить фарватер, либо пригласить знающего лоцмана, но в любом случае следует знать конструкцию судна и должна быть карта.

Что определяет скорость ADSL2+ и VDSL2?



Затухание определяется длиной, диаметром и материалом изоляции жил используемого кабеля. Любая неоднородность приводит к отражению и рассеиванию мощности полезного сигнала, а, следовательно, вызывает увеличение затухания.

В системах передачи предыдущих поколений неоднородности составляли непреодолимые препятствия, устранению которых еще недавно (ISDN, HDSL) уделялось значительное внимание, так как помимо повышения рабочего затухания неоднородность способствует существенному искажению формы «быстрого» широкополосного сигнала.

Однако если неоднородность не является обрывом или коротким замыканием, то затухание на неоднородности составляет около 3 дБ – см. Рис.1.

Наиболее часто встречающейся неоднородностью на абонентских линиях является отвод. Если отвод (Bridged Tap) несогласован, то его влияние состоит в повышении спектральной плотности (СПМ) непосредственно ненаблюдаемых интерференционных помех ADSL2+ и VDSL2. Уровень помех в «дБ» увеличивается при росте длины отвода l_{BT} в соответствии с (1).

$$\Delta I_{BT}(l_{BT}) \approx 3,0 \sqrt{l_{BT} / 100m} \quad (1)$$

Так как длина отвода обычно не превышает 400 м, то и уровень эквивалентных помех повышается не более чем на 6 дБ. Таким образом, суммарное влияние отвода из-за повышения затухания и уровня помех не превысит 9 дБ, что в соответствии с приводимой ниже моделью (2)-(3) может привести к снижению скорости передачи на величину до 6 Мбит/с для ADSL2+ и до 20 Мбит/с для VDSL2.

В этом снижении проявляется адаптивный механизм «медленной» многочастотной модуляции (DMT). «Медленность» ADSL2+ и VDSL2 заключается в том, что скорость модуляции $M = 4$ кбод на три порядка меньше ширины полосы используемых частот. Кроме того, устойчивость к влиянию отражений придает частотное разделение направлений передачи в ADSL2+ и VDSL2, что позволяет отказаться от применения эхокомпенсаторов¹.

Применение DMT (канальный интервал $\Delta F = 4,3125$ кГц) с адаптацией по скорости в каждом частотном канале позволяет максимально полно использовать весь динамический диапазон, предоставляемый каждой цифровой линией в многопарном кабеле, задействованном в сети ШПД.

Запас «неидеальности приемника» по отношению к предсказанному К.Шенноном пределу помехозащищенности в ADSL2+ и VDSL2 составляет 10 дБ (точнее $\Delta SNR_0 = 9,75$ дБ – см. п. 8.12.3.7 рек. ITU-T G.992.1 06/1999 – параметр SNR gap) и неизменен вот уже 10 лет. Это позволяет считать, что окончное оборудование достигло высокого уровня совершенства и скоростной потенциал сети ШПД лимитирован лишь помехами, анализ которых традиционно принято начинать с переходных помех в кабелях связи.

Переходные влияния можно рассмотреть как показатель, который, характеризуя кабель, замечательно демонстрирует технологический уровень завода-изготовителя и абсолютно понятен строителю сетей ШПД, т.к. легко пересчитывается в скорость доступа R_{DMT} в «кбит/с», если предварительно для каждого i -го частотного канала DMT² с частотой $f_i = i\Delta F$ вычислить кратность модуляции $K(f_i)$.

$$R_{DMT} = M \times \sum_{i=i_0}^{i_1-1} K(f_i) \quad (2)$$

$$\begin{cases} K(f_i) \approx \left[\frac{SNR(f_i) - \Delta SNR_0 - \Delta SNR}{3} \right] \\ 0 \leq K(f_i) \leq K_{\max} = 9 \dots 15 \end{cases} \quad (3)$$

где

$SNR(f_i)$ - фактическая канальная защищенность в полосах частот согласно табл. 1,

¹ Результаты испытаний систем передачи цифровых абонентских линий показали, что спектральная плотность собственных помех приемника составляет минус 138 дБм/Гц для ADSL и минус 117 дБм/Гц для линий SHDSL, в которых применяется эхокомпенсация.

² Номера частотных подканалов DMT рассчитываются по формулам $i_0 = F_0 / \Delta F$ и $i_1 = F_1 / \Delta F$. Для VDSL2 суммарная скорость определяется сложением скоростей в трех полосах частот для upstream и в двух – для downstream.

ΔSNR_0 - запас «неидеальности приемника» (SNR gap) и

ΔSNR - заданный запас помехозащищенности (обозначается как SNR Margin, или NM, или Noise Margin; обычно $\Delta SNR = 6$ дБ).

Спектр сигнала на входе приемника зависит от затухания в линии $S(f_i) = S_{Tx}(f_i) - \alpha(f_i) \times l$. Спектральная плотность суммарных помех на входе приемника определяется суммой ненаблюдаемых интерференционных помех $I(f_i)$, собственных помех приемника $N_{RxADSL}(f_i)$ и спектром помех на входе приемника $N_{Rx}(f_i)$, который может быть непосредственно измерен.

Пренебрегая влиянием интерференционных помех и уровнем собственных помех приемника (это справедливо на коротких линиях), а также не рассматривая иные источники помех, можно считать, что помехи полностью определяются частотной характеристикой защищенности³ $ELFEXT(f_i, m, l)$.

$$N(f_i) \approx N_{Rx}(f_i) = S(f_i) - ELFEXT(f_i, m, l)$$

Тогда защищенность сигналов ADSL2+ и VDSL2 на выходе многопарного кабеля сети ШПД, образованной однородными приемопередатчиками составит

$$SNR(f_i) = S(f_i) - N(f_i) \approx ELFEXT(f_i, m, l).$$

Табл. 1. Полосы частот ADSL2+ и VDSL2

Тип линии	Направление	Полосы частот передачи $F_0 \dots F_1$, кГц				
		26... 138	138... 2208	3750... 5200	5200... 8500	8500... 12000
ADSL2+ Annex A. Режим без перекрытия спектров	Upstream	26... 138				
	Downstream		138... 2208			
VDSL2 Annex B. Table B-1/G.993.2 план частот 998-1	Upstream	26... 138		3750... 5200		8500... 12000
	Downstream		138... 3750		5200... 8500	

Для обеспечения предельной⁴ кратности модуляции $K_{\max} = 15$ защищенность согласно (3) должна составить $SNR_{K=15}(f_i) = 61$ дБ. Заметим, что такая защищенность должна обеспечиваться вплоть до максимальной частоты, составляющей 2204 кГц для ADSL2+ и 12 МГц для VDSL2.

³ ELFEXT – Equivalence Level of Far End croSsTalk – уровень переходных помех на дальнем конце с учетом затухания сигнала в линии.

⁴ Действующие редакции рекомендаций ITU-T G.992.5 (ADSL2+) и G.993.2 (VDSL2) не предусматривают более высокого значения кратности модуляции, чем 15.

Согласно стандарту ANSI T1.417-2001 нормы⁵ переходного затухания на ближнем конце и защищенности на дальнем конце для действующих линий определяются следующими законами:

$$\left\{ \begin{array}{l} NEX T_{normANSI}(f, m) = \\ = NEX T_{normANSI}(f = 300kHz, m = 2) - \\ - 6 \times \lg(m - 1) - \\ - 15 \times \lg(f / 300kHz) \\ NEX T_{normANSI}(f = 300kHz, m = 2) = 59dB \end{array} \right. \quad (4)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} ELFEXT_{normANSI}(f, m, l) = \\ = ELFEXT_{normANSI}(f = 300kHz, m = 2, l = 1km) - \\ - 6 \times \lg(m - 1) - \\ - 20 \times \lg(f / 300kHz) - \\ - 10 \times \lg(l / 1km) \\ ELFEXT_{normANSI}(f = 300kHz, m = 2, l = 1km) = 56dB \end{array} \right. \quad (5)$$

То есть требования к кабелю пучковой скрутки при полном заполнении десятипарного пучка цифровыми линиями $m = 10$ с длиной $l = 0,5$ км для ADSL2+ и $l = 0,1$ км⁶ для VDSL2 составят:

$$\begin{aligned} ELFEXT_{normADSL2+(K=15)}(300kHz, 1km) &= \\ &= 61 + 6 \times \lg(9) + 20 \times \lg(2204kHz / 300kHz) + 10 \times \lg(0,5km / 1km) \geq 81dB \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} ELFEXT_{normVDSL2(K=15)}(300kHz, 1km) &= \\ &= 61 + 6 \times \lg(9) + 20 \times \lg(12000kHz / 300kHz) + 10 \times \lg(0,1km / 1km) \geq 81dB \end{aligned} \quad (7)$$

Заметим, что снижение требований по кратности модуляции на $\Delta K(f_i) = 1$ согласно (3) уменьшает требования к защищенности на $\Delta SNR(f_i) = 3$ дБ. Поэтому, если привести требования к уровню 2002 года (ADSL2 ITU-T G.992.3 07/2002 - $K_{max} = 12$), то

$$ELFEXT_{normADSL2(K=12)}(300kHz, 1km) = ELFEXT_{normVDSL(K=12)}(300kHz, 1km) \geq 72dB \quad (8)$$

Имеющиеся по состоянию на февраль-март 2008 года и представленные в табл. 2 данные кабельных заводов, результаты измерений кабелей и плинтов, требования к кроссам по ОСТ 45.169-2000 свидетельствуют о фактическом состоянии уровня нормирования и контроля кабелей и ЛКС, используемых для развития ШПД.

⁵ Норма определена для 1% наихудшего случая (1% worst case) путем статистической обработки совокупности реализаций случайного процесса изменения переходного влияния в зависимости от частоты.

⁶ На больших длинах кратность модуляции ограничивается не переходными влияниями, а рабочим затуханием и чувствительностью приемника. Частота 300 кГц используется в качестве измерительной в спецификациях многих цифровых линий.

Согласно данных ассоциации «Электрокабель» - сайт www.elektrokabel.ru - кабели связи телефонные (код ОКП РФ 357200) выпускают 23 завода. Из них в табл. 2 представлены данные только 6 заводов, которые или приводят данные переходных влияний на сайтах, или предоставили образцы продукции для проведения испытаний, то есть стремятся квалифицированно позиционировать свою продукцию для использования в сетях ШПД.

Табл. 2. Нормирование переходных влияний

Тип кабеля и источник данных		Маркоразмер кабеля	$NEXT_{norm}$ (300kHz), дБ	$ELFEXT_{norm}$ (300kHz, 1km), дБ
Требования к переходным влияниям со стороны ADSL2+ и VDSL2, полностью обеспечивающие их скоростные возможности		-	-	72...81
Переходное влияние в плинтах по измерениям ЛОНИИС		-	85	
Требование к переходному затуханию в кроссах по ОСТ 45.169-2000		-	70	
Требования к линиям связи	ANSI T1.417-2001	Для любых кабелей	59	56
	ITU-T L.19	Для любых кабелей	52	48 ⁷
Витая пара	МВПЗхЭ-5, «Эликс-Кабель» www.elixcable.ru	(4...100)х2х(0,51...0,64)	70	Нет данных
	ТНВП кат.«5», «Электрокабель» Кольчугинский завод» www.elcable.ru	(10...100)х2х0,51	70	Нет данных
	КМЦП, «Самарская кабельная компания» www.samaracable.ru	(2...5)х2х(0,5...0,9)	63	55
	КАПП, «Беларускабель» www.belaruskabel.by/ru	(1...10)х2х(0,5...0,64)	59	46
Телефонный	КЦПП, «Самарская кабельная компания» www.samaracable.ru	(5...100)х2х(0,4...0,7)	57	55
	ТПП, «Нева Кабель» ⁸ www.nevacables.ru	(5...600)х2х(0,4...0,7)	54	Нет данных
	ТПП, «Андижанкабель» ⁹ www.cable.uz	(10...600)х2х(0,4...0,5)	52	50
	ТНВП кат.«3», «Электрокабель» Кольчугинский завод» www.elcable.ru	(10...100)х2х0,51	49	Нет данных

В частности, по инициативе ЗАО "Самара-импекс-кабель" ОАО «Электрокабель» Кольчугинский завод» были разработаны кабели ТНВП, которые успешно поставляются (250 км в 2006, 750 км в 2007 годах) для выполнения программы построения сети ШПД "Стрим", реализуемой ОАО «Комстар-ОТС».

Сопоставление представленных данных – скоростные характеристики цифровых линий (рис. 2 и рис. 3), необходимые запасы защищенности (6)-(8) и переходные влияния в кабелях (табл. 2) - показывает, что достигнутый в современных образцах кабеля уровень ограничения переходных влияний не позволяет полностью поддержать возможности, обеспечиваемые современным конечным оборудованием.

⁷ Норма задана без указания длины линии.

⁸ Данные получены по результатам измерений образца кабеля в 2005 году в ЛОНИИС.

⁹ Данные получены по результатам измерений образца кабеля в 2008 году в ЛОНИИС.

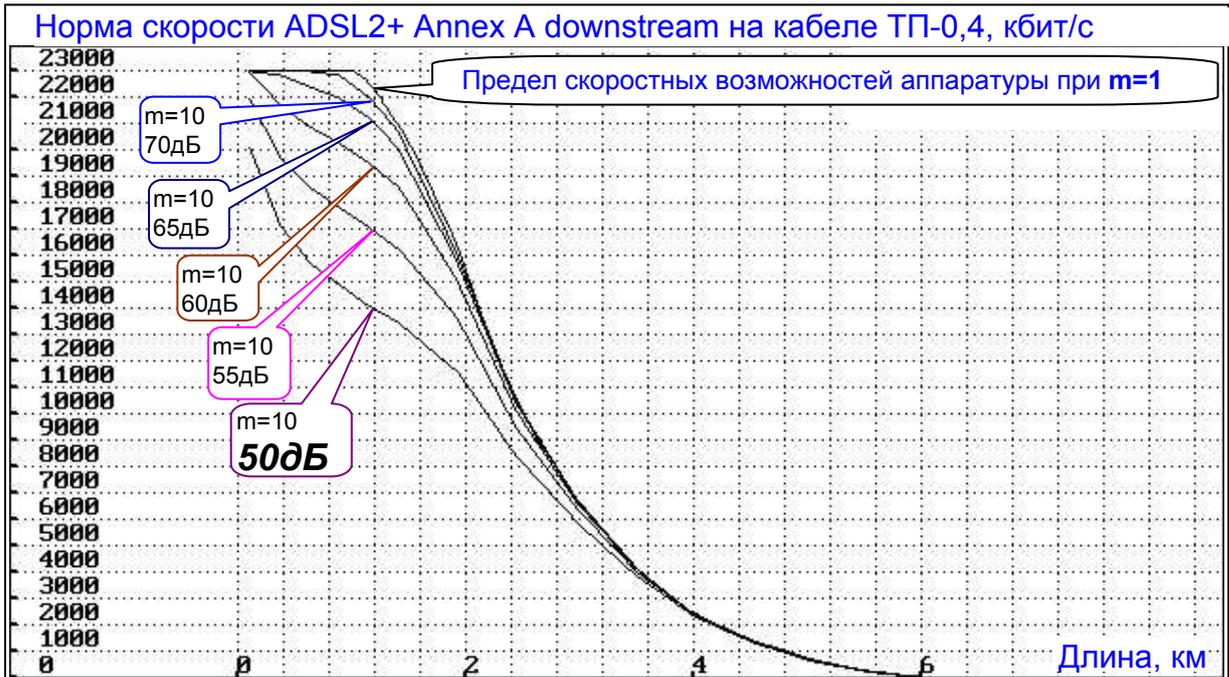


Рис. 2. Скоростные характеристики ADSL2+ downstream при $D=0,4$ мм, $m=10$, $ELFEXT_{norm}(300кГц, 1км)=50...70$ дБ, $SNR\ Margin=6$ дБ

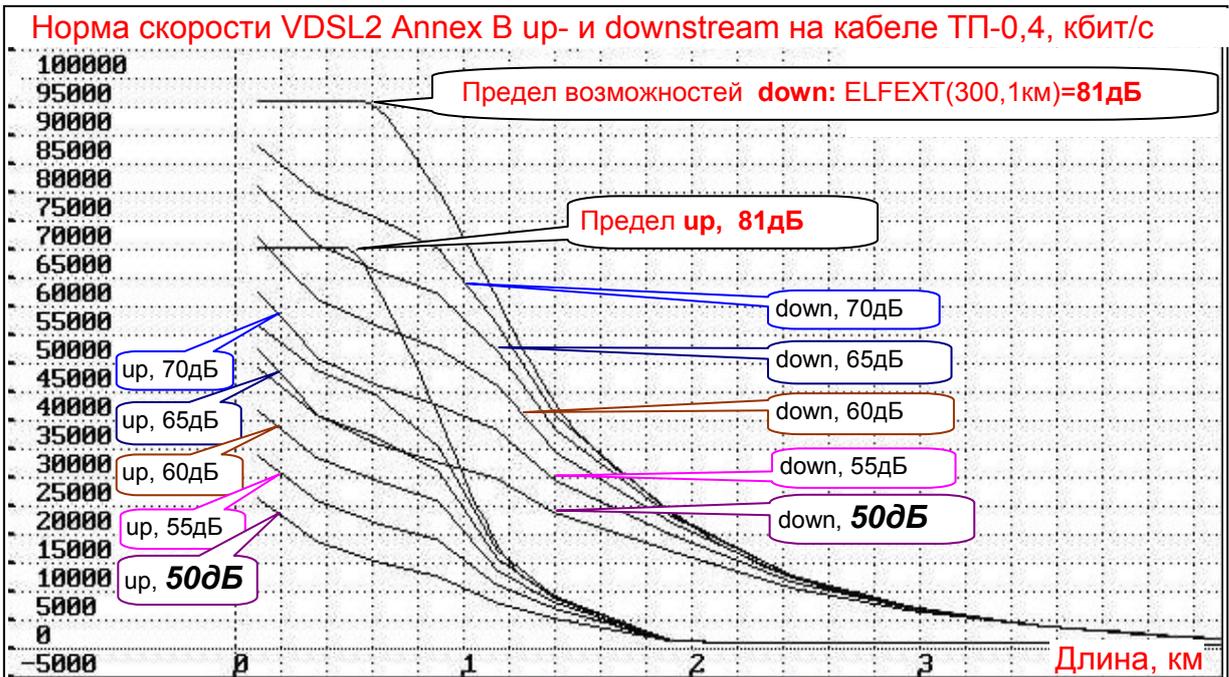


Рис. 3. Скоростные характеристики VDSL2 downstream при $D=0,4$ мм, $m=10$, $ELFEXT_{norm}(300кГц, 1км)=50...70$ дБ, $SNR\ Margin=6$ дБ

Поэтому следует критически относиться к предельным характеристикам нового оконечного оборудования, поступающего на сеть, даже если пробные инсталляции были весьма успешны и «подтвердили» высокие скоростные характеристики оборудования. При увеличении числа цифровых линий в нормируемых по переходным влияниям кабелях скорость доступа может упасть на 40...60%, причем наиболее болезненным будет подключение к пучку пар второй цифровой линии.

Следует не забывать и про разброс величин переходных влияний, который на исправном и соответствующем норме кабеле, достигая 32 дБ¹⁰, приводит к разбросу скорости линии, что существенно дезориентирует персонал оператора связи.

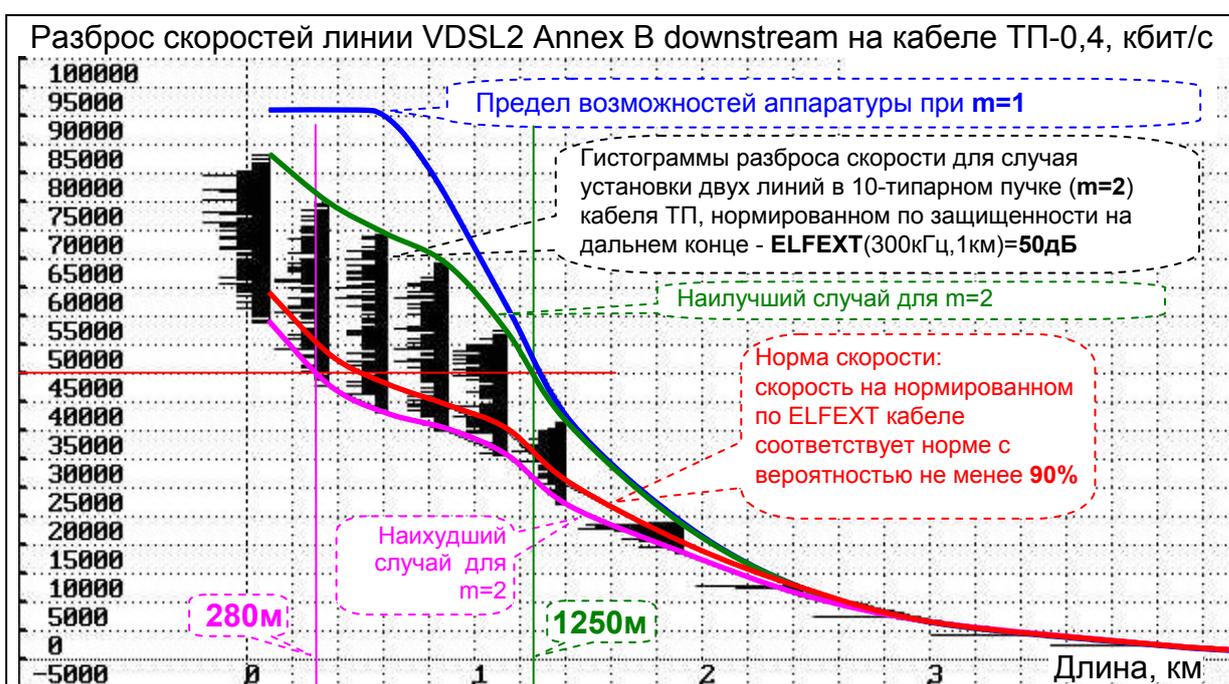


Рис. 4. Гистограммы разброса скоростных характеристик VDSL2 downstream при $D=0,4\text{мм}$, $m=2$, $ELFEXT_{norm}(300\text{кГц}, 1\text{км})=50\text{ дБ}$, $SNR\ Margin=6\text{ дБ}$ и имитации протекания ЧХ $ELFEXT(f,l)$ как случайных процессов по частоте в зависимости от длины линии.

Инсталляция 2-й линии может вдвое снизить скорость ранее установленной линии.

Разброс значений скорости достигает 70% от наихудшего значения.

Закон распределения случайных значений скорости ближе к равномерному чем к интуитивно ожидаемому нормальному.

Значимость учета разброса скорости может быть проиллюстрирована следующим примером - см. рис. 4. Разброс длины линии, при которой на одном и том же кабеле с нормированным затуханием между двумя парами -

¹⁰ Среднеквадратическое отклонение переходного затухания внутри элементарного пучка составляет $\sigma=8,1\text{ дБ}$ (см. И.И. Гроднев, С.М. Верник. Линии связи. Москва. Радио и связь. 1988). Если считать закон распределения нормальным и усеченным по $\pm 2\sigma$, то разброс случайных значений может достигать $4\sigma=32,4\text{ дБ}$.

$ELFEXT_{norm}(300\text{кГц}, 1\text{км})=50\text{дБ}$ - обеспечивается работа VDSL2 со скоростью 50 Мбит/с, составит от 280 до 1250 м.

Это первый подводный камень – соотношение возможностей аппаратуры и кабелей связи.

Подводные камни на кабельных заводах.

Заводской ОТК соблюдает ТУ, контролируя переходные влияния по NEXT. Однако малопарный кабель не толст, на катушку можно намотать более 1 км, против чего никто, включая заказчика, не возражает.

Но уже на верхней частоте ADSL2+ рабочее затухание маскирует шунтирующее влияние снижающих переходное затухание между парами дефектов во внутренних витках, удаленных от окончаний. Было бы честным ограничить строительную длину величиной 300 м, проводя контроль по NEXT с двух сторон.

Если же заводу удобно отгружать кабель с чрезмерной длиной, то следует контролировать длинный кабель по FEXT\ELFEXT. Однако этот вид контроля лимитирован чувствительностью применяемых средств измерений (СИ).

Если считать, что норма защищенности от переходных влияний между двумя парами $ELFEXT_{norm}(300\text{kHz}, 1\text{km}) = 60$ дБ (см. табл. 2), то на частоте 2204кГц (ADSL2+), для всех комбинаций пар необходимо контролировать затухание, величина которого должна превышать норму.

$$\begin{aligned} FEXT_{norm}(2204\text{kHz}, l) &= ELFEXT_{norm}(2204\text{kHz}, l) + \alpha(2204\text{kHz}) \times l \\ &= 60 - 20 \times \lg(2204\text{kHz} / 300\text{kHz}) - 10 \times \lg(l / 1\text{km}) + \alpha(2204\text{kHz}) \times l \\ &\approx 42,7 - 10 \times \lg(l / 1\text{km}) + \alpha(2204\text{kHz}) \times l \end{aligned}$$

Организация контроля кабеля по ELFEXT потребует от СИ определенных возможностей по диапазону измерения затухания – см. табл. 3.

Табл. 3. Требования к СИ, применяемым для контроля кабелей по FEXT\ELFEXT

Строительная длина контролируемого по FEXT\ELFEXT кабеля l , км		Измеряемое затухание FEXT на частоте 2208 кГц не менее, дБ	Реализуемость xDSL-анализатором	Режим измерений
D=0,4мм	D=0,5мм			
0,5	0,62	61	Один прибор	Быстро широкополосно
1,0	1,24	74	Два прибора	Быстро широкополосно
1,5	1,86	88	Два прибора	Быстро широкополосно
2,0	2,48	103	Два прибора	Почастотно
2,5	3,10	117	Два прибора	Почастотно
3,0	3,72	132	Два прибора	Почастотно, с увеличенным временем усреднения

Второй камень гряды - странная традиция. Нормирование переходных влияний осуществляется на одной-двух контрольных частотах¹¹. Это корректно, так как законы изменения норм предопределены - (4),(5).

Но ошибочным является выполнение контроля кабелей на тех же заданных частотах. Частотная характеристика переходных влияний весьма прихотлива (см. рис. 5), а ее неравномерность по затуханию, как указывалось выше, может достигать 32 дБ и составляет 400...1500 кГц по частоте, поэтому контроль на фиксированных частотах может приводить к завышенной оценке качества или пропуску брака.

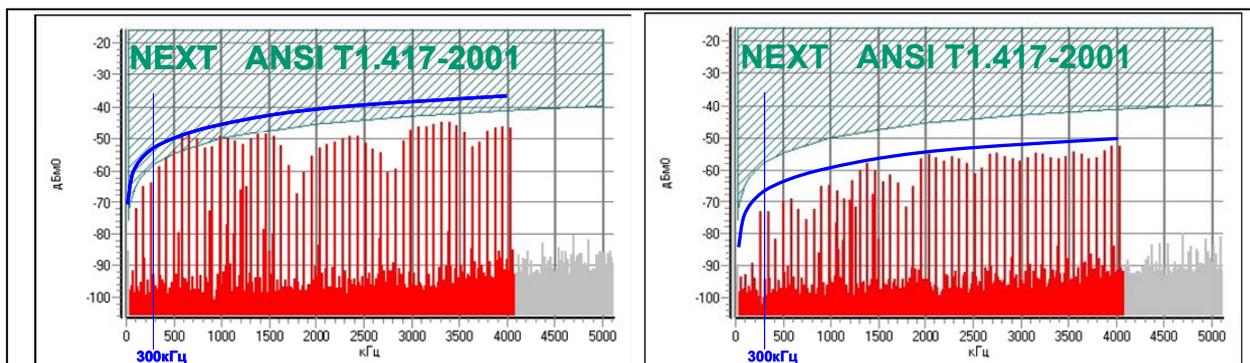


Рис. 5. Наихудший (пара1 - пара2) и наилучший (пара1 – пара10) случаи протекания спектров переходных помех на кабеле ТППЭп 10х2х0,4 1000 м. Март 2008. ЛОНИИС.

В обоих случаях переходное затухание на измерительной частоте равной 300 кГц соответствует норме ANSI с запасом 4 и 15 дБ.

Однако неравномерность спектра помех относительно ограничивающей кривой (убывание NEXT при увеличении частоты со скоростью 15 дБ/дек.) достигает 25 дБ и поэтому только широкополосный контроль выявляет несоответствие норме.

Третий камень гряды – смешение жанров. Известны случаи выпуска многопарных кабелей на основе витой пары по спецификациям кабелей СКС, что, само по себе может быть весьма похвальным, если бы не организация контроля с применением неадекватных средств измерений.

Для проведения испытаний многопарных кабелей связи применяются ровно те же приборы, что и для контроля четырехпарных кабелей СКС, а искусство испытателя состоит в выборе ограниченного количества контролируемых четырехпарных пучков. Такой подход уже никак не может быть признан корректным, так как обеспечить должную глубину охвата всех комбинаций взаимных влияний пар в этом случае затруднительно.

¹¹ Для диапазонов частот ADSL2+ и VDSL2 можно указать следующие известные значения таких контрольных частот, используемых в различных кабельных ТУ, - 40, 160, 256, 512, 1024 кГц, 0,772, 1, 4, 8, 10 МГц.

Указанные обстоятельства вызывают к необходимости разработки единого нормативного документа, в котором были бы определены требования и описаны методы испытаний кабелей для систем ШПД. Это нужно было бы сделать еще несколько лет назад¹². Но это не поздно сделать и сейчас, используя материалы, представленные в современных нормативных документах. Например:

- IEC 61156. Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications (Кабели многожильные и симметричные парной/четверной скрутки для цифровой передачи),
- IEC 62255. Multi-pair cables used in high bit rate digital access telecommunication networks. Outdoor cables (Кабели многопарной скрутки, применяемые в телекоммуникационных сетях с цифровым доступом с высокой скоростью передачи битов. Кабели наружной прокладки),
- ANSI T1.417. Spectrum Management for Loop Transmission Systems (Спектральный менеджмент цепей систем передачи),
- ITU-T L.19. Multi-pair copper network cable supporting shared multiple services such as POTS, ISDN and xDSL. 11/2003 (Многопарные медные сетевые кабели, обеспечивающие одновременную работу нескольких служб, таких как POTS, ISDN и xDSL).

В этом месте статьи можно было бы заметить, что до выхода такого национального регламента потребитель может самостоятельно организовать входной контроль кабелей. Но в отсутствие официального норматива потребитель лишен возможности предъявления претензий к поставщику кабельной продукции и поэтому входной контроль позволяет лишь определить комбинации пар с необходимым для ADSL2+ и VDSL2 переходным затуханием.

Однако отбор пар несмонтированного кабеля не имеет практического смысла, так как использование информации об отобранных парах в ходе монтажа весьма затруднительно. Но тогда и проведение приемосдаточных испытаний по завершении монтажа лишается какой либо обоснованности, так как для формулирования норм выполнения монтажных работ нет оснований, а заказчик практически лишен возможности контролирования характеристик объекта.

Круг замкнулся и в отсутствие норм его невозможно разорвать. Однако не следует отчаиваться, так как адаптивные свойства ADSL2+ и VDSL2 позволяют развивать сеть ШПД и на существующих кабелях. Вот только при развитии сети не следует забывать о том, что скорость доступа необходимо ограничивать не тогда, когда она уже не может быть обеспечена, а исходно – при проектировании сети.

¹² Н.И. Тарасов, А.В. Кочеров. Эксплуатационная надежность цифровых абонентских линий. «Вестник связи». №6 2005.

Подводные камни на станции.

Не только защищенность от переходных помех на дальнем конце ограничивает скорость ADSL2+ и VDSL2. Не менее важными являются ограничения, связанные с асимметрией пар.

Контроль симметрии обычно производится по сопротивлению жил и емкости каждой жилы относительно экрана. Однако неравномерность наложения жильной изоляции может вызывать локальную асимметрию по длине линии, которая компенсируется при контроле асимметрии по емкости, но способна привести к существенной неравномерности ЧХ асимметрии (см. рис. 6).

Сама по себе асимметрия не страшна, неприятности возникают тогда, когда

- контур помехи замыкается в направлении вдоль кабеля,
- а поскольку подобные помехи обычно являются помехами от импульсных источников питания, то их частоты, составляя сотни килогерц, попадают непосредственно в диапазоны ADSL2+, VDSL2,
- а так как потребление питаемых источником устройств обычно составляет десятки и более Ватт, то даже после ослабления в блоке питания и подавления продольной помехи в нормированном по асимметрии кабеле ее уровень соизмерим с уровнем принимаемого сигнала,
- что собственно и составляет существенные трудности, так как контроль этого явления возможен только при подключении пары к функционирующему оконечному оборудованию.

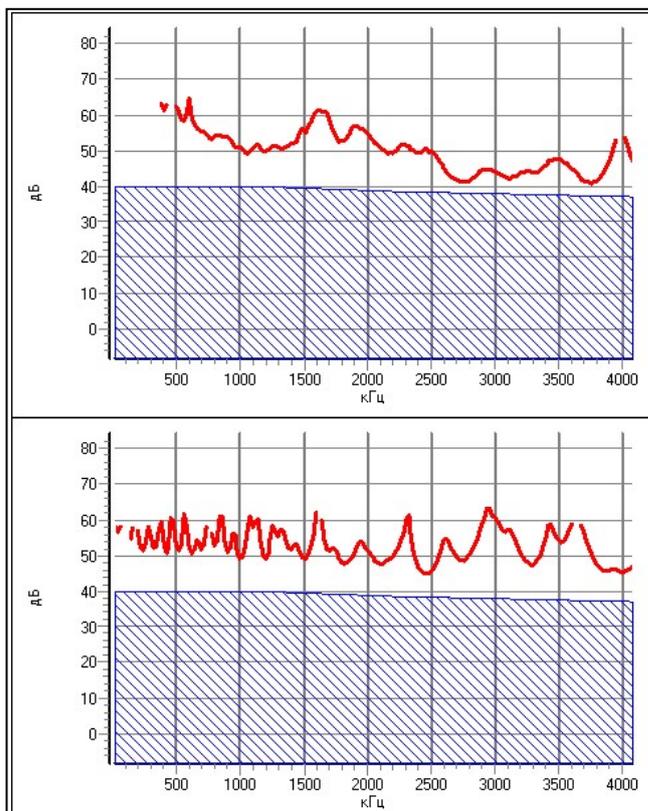


Рис. 6. Варианты ЧХ затухания асимметрии ТППЭп 10х2х0,4 1000 м (пары 2 и 8) производства «Андижанкабель» в сопоставлении с нормой по ITU-T L.19. Февраль 2008. ЛОНИИС

Станционные помехи, образуемые, например, при объединении цепей сигнального и защитного заземлений на станционной стороне, приводят к формированию переменного потенциала на корпусах стоек и оконечного оборудования, а так же, возможно, и на линейных выходах. Стеканию этих помех на землю препятствует высокий импеданс заземления, величина которого близка к нулю на постоянном токе, но не в диапазоне частот ADSL2+ и VDSL2.

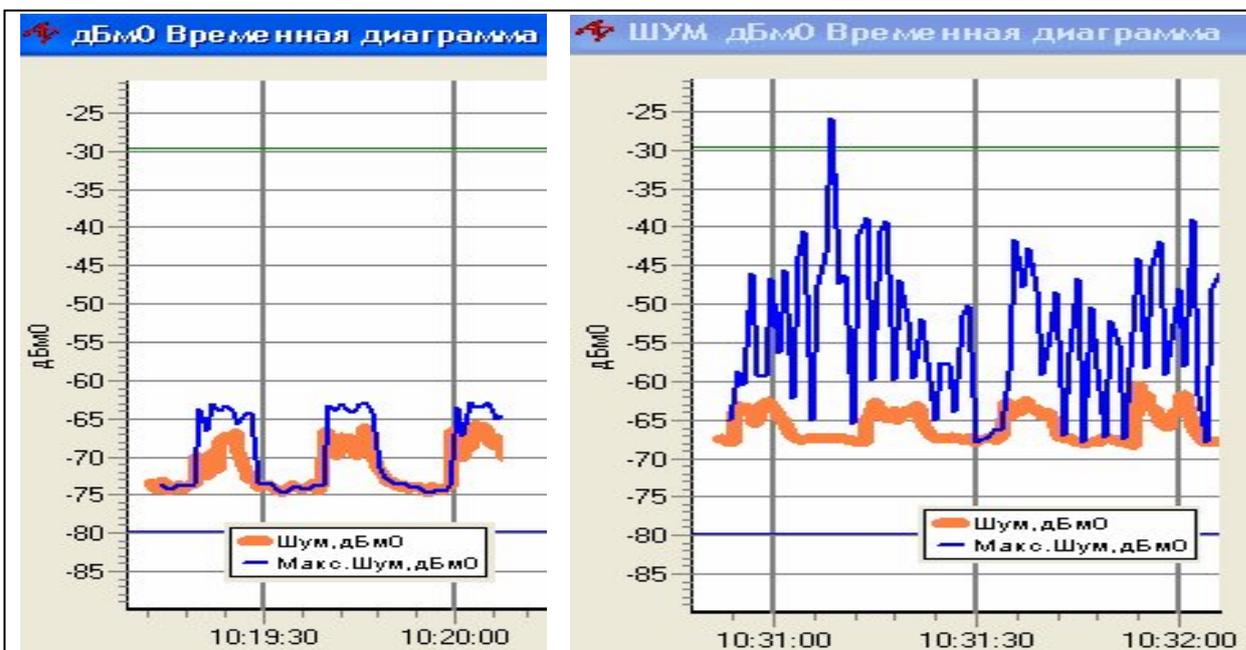


Рис. 7. Мониторинг помех в полосе ADSL2 на окончаниях пар гр-пол.68 АТС-761 со стороны DSLAM. ТПП 300х2х0,4 1300м. Одесская ГТС. ОНИИС. Февраль 2008.

Пара 66 – ADSL2 Callisto 821p(Iskratel) down/up=8294/1024 кбит/с.

Пара 91 – ADSL2 Callisto 821p(Iskratel) down/up=2528/1024 кбит/с.

Уровень усредненных помех – «Шум,дБм0» - отслеживает переходную помеху, создаваемую бесполезными попытками (период около 20 с) установления соединения на соседней паре и не превышает минус 62 дБм0. Для кабеля ТПП 300х2х0,4 1300м сигнал downstream будет ослаблен на принимающей стороне приблизительно на 20 дБ и его защищенность по усредненным шумам составит около $+20\text{дБм}-20\text{дБ}-(-62\text{дБм})=62\text{дБ}$.

Этого вполне достаточно для работы ADSL2 на паре 66 со скоростью 8294/1024 кбит/с, критическая защищенность для которой составляет 43 дБ.

Скорость ADSL2 на паре 91 много ниже. Причина в том, что уровень пиковых помех «Макс.Шум,дБм0» существенно (до 35 дБ) превышает уровень усредненных помех «Шум,дБм0», достигая уровня -26 дБм0 и кратковременно снижая защищенность до $+20\text{дБм}-20\text{дБ}-(-26\text{дБм})=26\text{дБ}$.

Эти обстоятельства приводят к формированию продольных помех, превращающихся в поперечные из-за недостаточной симметрии кабеля, а поведение уровня уже поперечных помех часто имеет нестабильный характер, как на минутном (см. рис. 7), так и на более продолжительных интервалах времени.

Очистка фарватера.

Упомянутые «подводные камни» должны выявляться и устраняться, чем будет обеспечена возможность управления эксплуатационной надежностью сети ШПД путем нормирования скорости каждой линии. В свою очередь, надежность сети закладывается на этапе проектирования и своевременное снижение скоростных аппетитов в сети ШПД¹³ не даст даже повода к развитию систематической нехватки запаса помехозащищенности.

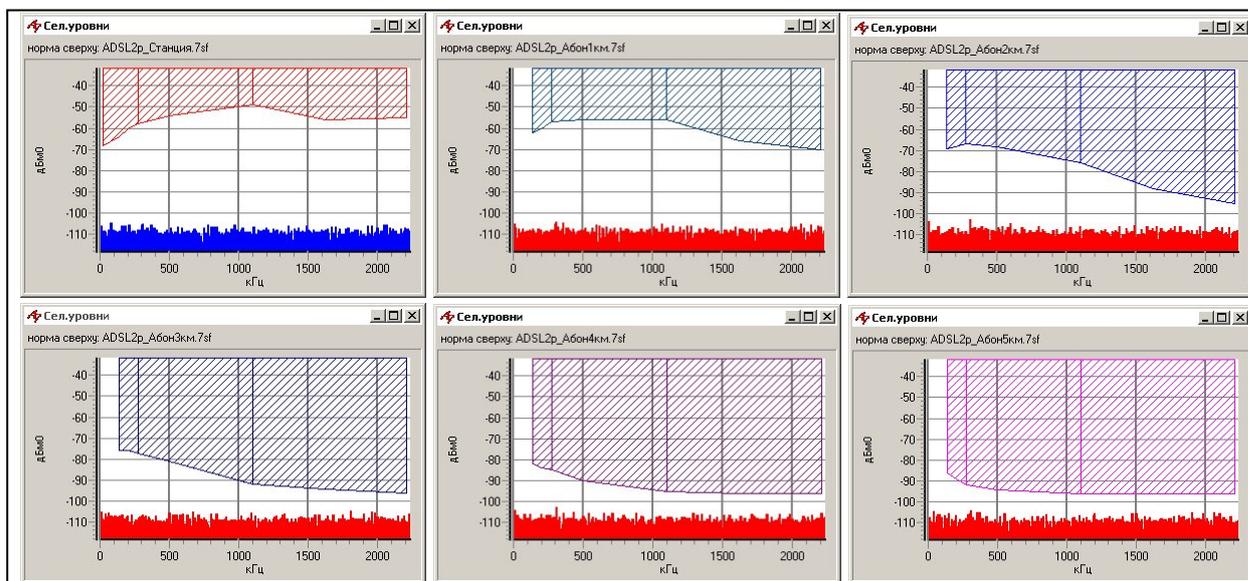


Рис. 8. Нормирование спектров помех на станционном и абонентском окончаниях пары для ADSL2+ в зависимости от длины линии в пределах от 0 до 5 км

На коротких линиях норма помех образована учетом переходных влияний.

На протяженных линиях спектр помех ограничивается интерференционными помехами и собственными помехами приемника.

Нормирование скорости должно производиться как при проектировании сети, так и при установке каждой цифровой абонентской линии с использованием проиллюстрированной выше системы норм для ADSL2+, VDSL2, определяющей и инструментально обеспечивающей контроль выполнения требований ЭМС цифровых линий и ЛКС:

- к скоростным характеристикам линий (рис. 2 и 3);
- к условиям согласованности и симметричности кабелей связи и линейных портов оконечного оборудования (рис. 6);
- к уровню помех (рис. 7) в полосе частот цифровой линии, причем:
 - уровень пиковых помех не должен более чем на 6...12 дБ превосходить уровень усредненных помех, а
 - уровень усредненных помех должен быть стационарен хотя бы на минутном интервале;
- к СПМ предельно допустимых помех (рис. 8), контролируемой в зависимости от длины линии:

¹³ Аппетиты менеджеров должны соизмеряться с возможностями инженеров и не порождать еще один «подводный» камень.

- в продольном и поперечном направлениях,
- в условиях подключения пары к оконечному оборудованию,
- при отключении пары от оконечного оборудования и
- в зависимости от длины линии связи.

Эксплуатационная надежность собственно абонентского фрагмента сети ШПД, организуемого с применением ADSL2+ и/или VDSL2, может и должна быть обеспечена выполнением следующих мероприятий:

- нормирование и адекватный контроль электрических характеристик поступающих на сеть кабелей связи;
- паспортизация эксплуатирующихся кабельных линий, в ходе которой должны определяться характеристики переходных влияний и симметричность пар, а так же планироваться работы, направленные на улучшение этих характеристик;
- использование сертифицированного оконечного оборудования, причем особое внимание в ходе испытаний должно быть уделено контролю симметрии линейных стыков DSLAM'ов и уровню помех, создаваемых ими в продольном направлении;
- планирование и жесткое ограничение скорости доступа с использованием нормированных скоростных характеристик в зависимости от длины линии и переходных влияний, определенных в ходе паспортизации.