
ООО "Аналитик-ТС"

Анализатор систем передачи и кабелей СВЯЗИ

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Состоит из 6 документов:

- Часть 1. Основные характеристики AnCom A-7 (part 1)
- Часть 2. Работа под управлением персонального компьютера AnCom A-7 (part 2)
- Часть 3. Работа в автономном режиме AnCom A-7 (part 3)
- Часть 4. Измерение кабелей связи местных телефонных сетей
Определение скоростного потенциала xDSL-линий AnCom A-7 (part 4)
- Часть 5. Измерение оборудования, линий и каналов связи по ВЧ-ВЛЭП AnCom A-7
(part 5)
- Часть 6. Измерение каналов частоты AnCom A-7 (part 6)

AnCom A-7

(Part 4)

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

4221-009-11438828-03РЭ4

Часть 4. Измерение кабелей связи местных телефонных сетей.
Определение скоростного потенциала xDSL-линий

Документ **A7re4105**. Версия (сентябрь 2004) **D1.05**

2005

1. Измерение кабелей связи местных телефонных сетей.....	3
1.1 Сопrotивление шлейфа и емкость кабеля.....	4
1.2 Частотные характеристики согласования.....	5
1.3 Уровень и спектр помех.....	6
1.3.1 Измерение уровня и спектра шума на ближнем конце.....	6
1.3.2 Измерение уровня и спектра шума на ближнем и дальнем концах.....	8
1.4 Характеристики и параметры передачи.....	9
1.4.1 Измерение частотных характеристик передачи.....	9
1.4.2 Двусторонние измерения параметров передачи на заданной частоте.....	10
1.4.3 Измерение рабочего затухания на заданной частоте в тяжелых условиях.....	12
1.5 Переходное затухание на ближнем конце (NEXT).....	13
1.5.1 Частотная характеристика переходного затухания на ближнем конце.....	13
1.5.2 Переходное затухание на ближнем конце на заданной частоте.....	14
1.6 Переходное затухание на дальнем конце (FEXT).....	15
1.6.1 Частотная характеристика переходного затухания на дальнем конце.....	15
1.6.2 Переходное затухание на дальнем конце на заданной частоте.....	16
1.7 Затухание асимметрии.....	17
1.7.1 Частотная характеристика затухания асимметрии на ближнем конце.....	17
1.7.2 Измерение затухания асимметрии на ближнем конце по гармоническому сигналу.....	18
1.7.3 Частотная характеристика затухания передачи асимметрии на дальний конец.....	19
1.7.4 Измерение затухания передачи асимметрии на дальний конец по гармоническому сигналу.....	20
1.8 Рефлектометрические измерения.....	21
1.8.1 Скорость распространения сигнала при рефлектометрических измерениях.....	21
1.8.2 Рефлектограммы и частотная характеристика затухания.....	21
2. Измерения при установке xDSL-оборудования.....	23
2.1 Контроль линии при установке ADSL-оборудования по G.992.1 (G.dmt).....	24
2.1.1 Рекомендация G.992.1 как источник данных для нормирования.....	24
2.1.2 Техника измерений.....	25
2.1.3 Запас неидеальности ADSL-приемника.....	27
2.2 Контроль линии при установке ADSL-оборудования по G.992.2 (G.lite).....	28
2.2.1 Рекомендация G.992.2 как источник данных для нормирования.....	28
2.2.2 Техника измерений.....	29
2.3 Контроль линии при установке ADSL2- и ADSL2plus-оборудования.....	31
2.3.1 Рекомендации G.992.3, G.992.4, G.992.5 как источники данных для нормирования.....	31
2.3.2 Техника измерений при установке ADSL2-оборудования по G.992.3 (G.dmt.bis).....	31
2.3.3 Техника измерений при установке ADSL2-оборудования по G.992.4 (G.lite.bis).....	33
2.3.4 Техника измерений при установке ADSL2plus-оборудования по G.992.5.....	36
2.4 Контроль линии при установке HDSL-оборудования по G.991.1.....	38
2.4.1 Рекомендация G.991.1 как источник данных для нормирования.....	38
2.4.2 Запас неидеальности и помехозащищенность HDSL-приемника.....	39
2.4.3 Техника измерений.....	40
2.5 Контроль линии при установке SHDSL-оборудования по G.991.2.....	41
2.5.1 Рекомендация G.991.2 как источник данных для нормирования.....	41
2.5.2 Запас неидеальности и помехозащищенность SHDSL-приемника.....	43
2.5.3 Техника измерений.....	44
2.6 Возможные проблемы при выполнении измерений.....	46
2.6.1 Возможные проблемы и рекомендации по их устранению.....	46
2.6.2 Техника измерений при использовании двух анализаторов в ручном режиме.....	46
3. Литература.....	48

1. Измерение кабелей связи местных телефонных сетей

Технические характеристики анализатора систем передачи и кабелей связи AnCom A-7 (далее – анализатор) всех вариантов исполнения приведены в первой части руководства по эксплуатации (далее - РЭ). Кроме того первая часть РЭ определяет эксплуатационные ограничения анализатора и поэтому должна быть обязательно изучена оператором перед выполнением измерений.

Возможности специального программного обеспечения (СПО) анализатора для персонального компьютера (ПК) описаны во второй части РЭ. Работа под управлением от ПК обеспечивается для анализаторов во всех вариантах исполнения. Эта часть должна быть изучена в том случае, когда оператор не располагает анализатором, способным выполнять измерения в автономном режиме (код варианта исполнения анализатора AnCom A-7/1xxxxx/xxx).

Третья часть РЭ определяет порядок применения анализатора в автономном режиме и касается только анализаторов в вариантах исполнения с кодом AnCom A-7/3xxxxx/xxx.

Настоящая, четвертая часть РЭ описывает возможности анализатора применительно к измерению параметров кабелей связи местных телефонных сетей. Особое внимание уделяется конкретным измерительным процедурам, позволяющим установить пригодность той или иной пары в кабеле к «цифровизации» посредством различных методов модуляции, применяемых в технологиях цифровой линии (xDSL).

При измерении кабелей связи рекомендуется использовать следующие формируемые анализатором измерительные сигналы:

- SIN (гармонический) – для определения параметров на заданной частоте,
- МЧС (многочастотный) – для построения частотных характеристик,
- ПСС (псевдослучайный) – при рефлектометрических измерениях.

Ниже приводятся рекомендуемые значения параметров настройки анализатора для выполнения различных видов измерений. Если какие-либо параметры настройки несут существенны для выполнения конкретных измерений, то они не указываются. При практическом выполнении измерений параметры настройки анализатора целесообразно сохранять как файлы-конфигурации. Поэтому приводимые ниже таблицы параметров настройки озаглавлены соответствующим именем файла-конфигурации. Поименованные конфигурации включены в состав СПО.

Использование конфигураций и сценариев является основным рабочим приемом при выполнении рутинных измерений кабелей связи. Техника сохранения и загрузки конфигураций, формирования и использования сценариев описана во второй и третьей частях РЭ.

При описании конфигураций приведены обозначения измеряемых параметров (группа «Сигналы» в таблицах конфигураций; обозначения детально описаны в первой части РЭ). Измеряемые параметры поделены на два класса:

- основные параметры – параметры, для измерения которых предназначена данная конфигурация; эти параметры могут быть нормированы с целью определения соответствия измеряемого объекта нормам;
- дополнительные параметры – параметры, предназначенные для выяснения причин невозможности проведения измерений основных параметров или в случае несоответствия полученных результатов измерений ожидаемым.

В предлагаемых конфигурациях не определяются нормативные значения измеряемых параметров, так как их величина зависит от конкретных условий применения анализатора. Практические измерения, конечно же, производятся с заданием конкретных нормативных значений (так как зачем же что-то измерять, если заранее не определено что такое хорошо и что такое плохо). В этом случае необходимо произвести следующие действия:

- загрузить подходящую исходную конфигурацию;
- произвести необходимые коррекции, например, изменить:
 - o диапазон рабочих частот («Частота»),
 - o величины собственных сопротивлений генератора и измерителя («Импеданс»),
 - o значения уровня и частоты измерительного сигнала,
 - o диапазон частот анализа («ДиапАнализа,кГц»)и т.д.;
- внести в настройки измеряемых параметров необходимые нормативные значения;
- сохранить конфигурацию для последующего применения с новым оригинальным именем (при формировании имени рекомендуется отражать в нем назначение и основные параметры конфигурации, а так же источник нормативных данных).

При выполнении измерений, в которых ведущий анализатор управляет ведомым (удаленным) анализатором, последний должен быть заранее подготовлен следующим образом:

- подключен к измеряемой паре (кабелю) и включен;
- тип подключения к линии должен соответствовать схеме подключения;

- диапазон рабочих частот должен соответствовать диапазону ведущего анализатора;
- генератор должен быть заблокирован, если это не оговаривается особо.

Имена конфигураций построены с применением следующего формата **RESPsgn_modR(XXXXkHz)**, где:

- **RESP** – обозначение вида измерений:
 - o NEXT – переходное затухание на ближнем конце,
 - o FEXT – переходное затухание на дальнем конце,
 - o R&C_ – сопротивление и/или емкость,
 - o ASIM – затухание асимметрии,
 - o ATT_ – затухание передачи (**att**enuation),
 - o TRNS – характеристики передачи (**trans**mitting),
 - o TDR_ – рефлектометр (**T**ime **D**omain **R**eflectometer),
 - o RETL – характеристики согласования (**ret**urn **l**oss),
 - o NOIS – уровень и спектр шума (**noise**);
- **sgn** – обозначение используемого сигнала:
 - o sin – гармонический,
 - o dmt – многочастотный (**d**iscrete **multi-t**one),
 - o rnd – псевдослучайный (**rand**om);
- **mod** – обозначение режима анализатора:
 - o gen – включен генератор,
 - o met – задействован измеритель,
 - o g&m – включен генератор и задействован измеритель;
- **R** – индекс задействования удаленного (**R**emote) анализатора:
- **(XXXXkHz)** – максимальная частота установленного измерительного диапазона частот.

1.1 Сопротивление шлейфа и емкость кабеля

Электрическое сопротивление шлейфа по постоянному току и электрическая емкость пары определяются путем загрузки следующей конфигурации.

«R&C_dmt_g&m_(0004kHz)»			
Опции	Разрешение=1	<i>Результаты - 1 знак после запятой</i>	
Линия	2_Г_И_симм	<i>См. эквивалентную схему в первой части РЭ</i>	
Частота	до 4 кГц	<i>Измерение на низких частотах</i>	
Генератор	Импеданс, Ом=600		
	Лопорн, дБм0=0		
	МЧС	L, дБм0=-15	<i>Измерения производятся с применением многочастотного сигнала (МЧС). МЧС включить</i>
		N=102	
		F1, кГц=0.039	
dF, кГц=0.039 (F2, кГц=3.984)			
Измеритель	Импеданс, Ом=600		
	Лопорн, дБм0=0		
	Lмакс, дБм=4		
	Lмин, дБм0=-60		
	С/Шмин, дБ=5		
	ДиапАнализа, кГц=0.03...4.00		
ИнтервалУсреднения, с=0		<i>Полоса анализа соответствует полосе МЧС</i>	
Сигналы	МЧС	Отметка соответствия	<i>Основные параметры</i>
		Сопротивление, Ом	
		С, нФ	
		Z, Ом	<i>Дополнительные параметры</i>
		Ф, град	
Сел. уровни, дБм0			
Схемы подключения измеряемой пары к анализатору			

	<p>При измерении электрической емкости пары на удаленном конце необходимо установить холостой ход (XX). Результат=C,нФ(1.020 кГц) – по ЧХ. Сопротивление при XX не измеряется</p>
	<p>Для измерения электрического сопротивления шлейфа следует накоротко замкнуть (K3) пару на удаленном конце. Результат=Сопротивление,Ом. Емкость при K3 не измеряется</p>

Пример измерительной задачи. Методом перебора отобрать пары, сопротивление шлейфа которых не превышает 400 Ом.

Загрузить базовую конфигурацию «R&C_dmt_g&m_(4kHz)». Далее:

- настроить «Сигналы»:
 - o «МЧС»\«Сопротивление,Ом»\норма сверху Макс=400;
- сохранить конфигурацию для последующего применения с именем «R_не_более_400ом».

Измерение. Загрузив конфигурацию «R_не_более_400ом» и последовательно подключая к анализатору очередную пару:

- измерять сопротивление;
- контролировать показание «Отметка соответствия»;
- соответствующую норме пару отметить как пригодную.

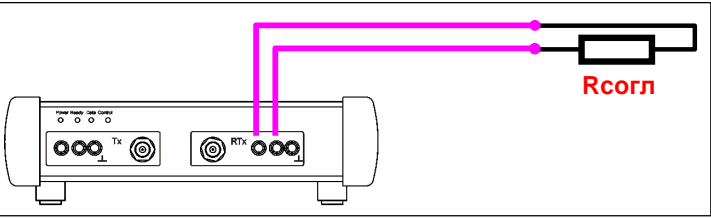
1.2 Частотные характеристики согласования

Анализатор измеряет частотные характеристики (ЧХ) согласования двухполюсника, которым может быть или вход/выход оборудования связи (в т.ч. и оконечного оборудования), или окончание пары в кабеле. Результаты измерений ЧХ согласования могут быть представлены несколькими характеристиками: модуль (Z) и фазовый угол (Ф) полного сопротивления, активная (R) и реактивная (X) составляющие, коэффициент (Кнс) и затухание несогласованности (Анс).

ЧХ могут быть измерены в любом диапазоне частот. Следующая конфигурация позволяет измерить ЧХ согласования в полосе частот до 512 кГц.

«RET_dmt_g&m_(0512kHz)»				
Опции	Разрешение=2	<i>Результаты - 2 знака после запятой</i>		
Линия	2_Г_И_симм	<i>См. эквивалентную схему в первой части РЭ</i>		
Частота	до 512 кГц			
Генератор	Импеданс,Ом=120	<i>Собственное сопротивление анализатора</i>		
	Лопорн,дБм0=0			
	МЧС	L,дБм0= -10	<i>Измерения производятся с применением МЧС. МЧС включить</i>	
		N=204		
		F1,кГц=2,5		
(F2,кГц=510)				
Измеритель	Импеданс,Ом=120	<i>Величина номинального сопротивления для расчета Кнс,% и Анс,дБ¹</i>		
	Лопорн,дБм0=0			
	Lмакс,дБм=11	<i>Среднее из трех возможных значений</i>		
	Lмин,дБм0= -60			
	С/Шмин,дБ=5			
	ДиапАнализа,кГц=5...510 ИнтервалУсреднения,с=5	<i>Полоса анализа соответствует полосе МЧС</i>		
Сигналы	МЧС	Качество,дБ	<i>Основные параметры</i>	
		Отметка соответствия		

¹ Величина $R_{изм}$ =Импеданс,Ом используется для расчета коэффициента и затухания несогласованности: $K_{нс, \%} = \frac{|R+jX-R_{изм}|}{|R+jX+R_{изм}|} \times 100\%$; $Анс, дБ = 20 \times \lg(100\% / K_{нс, \%})$.

		Z, Ом Ф, град	
		R, Ом X, Ом	
		Сел.уровни, дБм0	Дополнительные параметры
		<p>Измеряемую пару следует согласовать на удаленном конце, нагрузив ее:</p> <ul style="list-style-type: none"> - на включенное и заблокированное оконечное оборудование, или - на его эквивалент, или - на номинал волнового сопротивления измеряемой пары 	

Пример измерительной задачи. Найти пары с затуханием несогласованности не менее 16 дБ в диапазоне 10...200 кГц. Величина номинального сопротивления составляет 100 Ом.

Загрузить базовую конфигурацию «RET_dmt_g&m_(0512kHz)». Далее:

- изменить диапазон частот «Частота»=«до 256 кГц»;
- изменить расчетное сопротивление «Измеритель\Импеданс, Ом»=100;
- создать для ЧХ затухания несогласованности «Анс, дБ» маску следующего вида:
 - o кГц дБ
 - o 10 16
 - o 200 16
- сохранить маску с именем «16_дБ»;
- настроить «Сигналы»:
 - o «МЧС»\«Анс, дБ»\норма снизу Мин=«16_дБ»\установить **флаг учета качества**;
 - o «МЧС» - индикацию остальных параметров запретить;
- сохранить конфигурацию с именем «Анс_не_менее_16дБ».

Загрузив конфигурацию «Анс_не_менее_16дБ» и последовательно подключая пары:

- измерять затухание несогласованности;
- считать соответствующую норму пары годной;
- наилучшую пару выбирать по максимуму параметра «Качество, дБ».

1.3 Уровень и спектр помех

При определении уровня шума (помех) всегда следует определить характеристику фильтра, который применяется для выделения шума. Анализатор обеспечивает два способа измерения уровня шума:

- с плоской частотной характеристикой (задаются начало и конец полосы частот анализа),
- и с характеристикой взвешивания произвольной формы.

1.3.1 Измерение уровня и спектра шума на ближнем конце

Следующая конфигурация позволяет измерить уровень шума в полосе частот 5...510 кГц без взвешивания.

«NOIS met (0512kHz)»			
Опции	Разрешение=2	<i>Результаты - 2 знака после запятой</i>	
Линия	2_И_симм	<i>См. эквивалентную схему в первой части РЭ</i>	
Частота	до 512 кГц		
Измеритель	Импеданс, Ом=120	<i>Собственное сопротивление анализатора</i>	
	Флаг «высокоомно» снят	<i>Измерение при согласованном подключении</i>	
	Лопорн, дБм0=0	Расчет уровня относительно 0 дБм²	
	Lмакс, дБм= 11	<i>Среднее из трех возможных значений</i>	
	Lмин, дБм0=80	<i>Параметрическая блокировка алгоритма</i>	
	С/Шмин, дБ=80	<i>распознавания типа входного сигнала</i>	
	ДиапАнализа, кГц=5...510	Полоса частот измерения шума³	
Взвешивающая характеристика	Не задана. Уточняется при измерениях⁴		
ИнтервалУсреднения, с=5			
Сигналы	Шум	Качество, дБ	<i>Основные параметры</i>

² При задании опорного уровня измерителя равным 0 дБм0 отсчет уровня в дБм0 будет производиться относительно мощности 1 мВт. То есть, если Лопорн=0 дБм0, то уровень в дБм0 совпадает с уровнем в дБм.

³ Полоса частот может быть задана произвольно.

⁴ Закон изменения величины затухания взвешивания в зависимости от частоты задается таблично.

		Отметка соответствия	
		Шум,дБм0	
		Взв.шум,дБм0	
		Сел.уровни,дБм0	
		Сел.взв.уровни,дБм0	

	<p>Измеряемую пару следует согласовать на удаленном конце</p>
--	---

Пример измерительной задачи. Найти пары с уровнем шума не более -60 дБм. Уровень шума измерять в полосе 10...200 кГц на нагрузке равной 100 Ом.

Коррекция конфигурации:

- загрузить базовую конфигурацию «NOIS___met_(0512kHz)»;
- изменить диапазон частот «Частота»=«до 256 кГц»;
- изменить расчетное сопротивление «Измеритель\Импеданс,Ом»=**100**;
- изменить полосу частот анализа «Измеритель\ДиалАнализа,кГц»=**10...200**;
- настроить «Сигналы»:
 - o «Шум» - «Шум,дБм0» - норма сверху Макс=**-60.0**;
 - o «Шум» - «Шум,дБм0» - установить **флаг учета запаса** в параметре качества;
 - o «Шум» - индикацию остальных параметров запретить;
- сохранить конфигурацию с именем «**Шум_10_200кГц_не_более_минус60дБ**».

Измерение. Загрузив конфигурацию «Шум_10_200кГц_не_более_минус60дБ_(256кГц)» и последовательно подключая к анализатору очередную пару:

- измерять уровень шума;
- соответствующую норме пару отметить как пригодную;
- наилучшую пару выбирать по максимуму параметра «Качество,дБ».

1.3.2 Измерение уровня и спектра шума на ближнем и дальнем концах

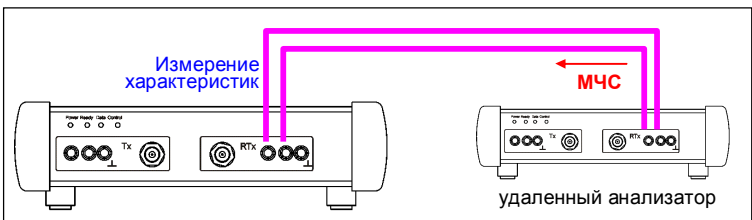
При наличии двух анализаторов уровень шума может быть измерен обоими анализаторами - и ведущим, и удаленным (ведомым). По запросу от ведущего результаты передаются от удаленного к ведущему. Следующая конфигурация позволяет измерить уровень шума в полосе частот 5...510 кГц без взвешивания на обоих окончаниях измеряемой пары.

«NOIS metR(0512kHz)»			
Опции	Разрешение=2	<i>Результаты - 2 знака после запятой</i>	
Линия	2_И_симм	<i>См. эквивалентную схему в первой части РЭ</i>	
Частота	до 512 кГц		
Управление удаленным	Разрешить обмен сообщениями повышенной достоверности		
	Уровень,дБм= 4		
	Полоса,кГц=41.25...102.5		
	Установить соединение		
Измеритель	Импеданс,Ом=120	<i>Собственное сопротивление анализатора</i>	
	Флаг «высокоомно» снят	<i>Измерение при согласованном подключении</i>	
	Лопорн,дБмо=0	<i>Расчет уровня относительно 0 дБм</i>	
	Лмакс,дБм= 11	<i>Среднее из трех возможных значений</i>	
	Лмин,дБм0=80	<i>Параметрическая блокировка алгоритма распознавания типа входного сигнала</i>	
	С/Шмин,дБ=80		
	ДиапАнализа,кГц=5...510	Полоса частот, в которой измеряется шум	
	Взвешивающая характеристика	Не задана	
Сигналы	Шум	Качество,дБ	<i>Основные параметры</i>
		Отметка соответствия	
		Шум,дБм0	
		Взв.шум,дБм0	
		Сел.уровни,дБм0	
		Сел.взв.уровни,дБм0	
			<p>Оба анализатора согласованно нагружают измеряемую пару и измеряют уровень шума.</p> <p>По запросу «Получить результаты» ведомый передает ведущему результаты измерений</p>

1.4 Характеристики и параметры передачи

1.4.1 Измерение частотных характеристик передачи

Измерение частотных характеристик передачи производится с применением двух анализаторов, один из которых является ведущим, а второй – удаленный - ведомым. Ведущий анализатор осуществляет управление ведомым посредством передачи управляющих сигналов по измеряемой паре. Следующая конфигурация позволяет измерить частотные характеристики рабочего затухания (АЧХ), времени прохождения (ГВП) и защищенности (С/Ш).

«TRNSdmt_genR(0512kHz)»					
Опции	Разрешение=2	<i>Результаты - 2 знака после запятой</i>			
Линия	2_Г_И_симм	<i>См. эквивалентную схему в первой части РЭ</i>			
Частота	до 512 кГц				
Управление удаленным	Разрешить обмен сообщениями повышенной достоверности				
	Уровень, дБм= 4				
	Полоса, кГц=41.25...102.5				
	Установить соединение				
Генератор	Импеданс, Ом=120		<i>Собственное сопротивление анализатора</i>		
	Лопорн, дБм=0		<i>Задание уровня относительно 0 дБм</i>		
	МЧС	L, дБм0=0		<i>Измерения производятся с применением МЧС</i>	
		N=204			
		F1, кГц=2.5			
		dF, кГц=2.5 (F2, кГц=510)			
Блокировка уд. МЧС		<i>Блокировка генератора ведущего анализатора</i>			
		<i>Включить удаленный генератор МЧС</i>			
Измеритель	Импеданс, Ом=120		<i>Собственное сопротивление анализатора</i>		
	Лопорн, дБм=0		<i>Расчет уровня относительно 0 дБм</i>		
	Lмакс, дБм=11		<i>Среднее из трех возможных значений</i>		
	Lмин, дБм0= -70		<i>Распознавать МЧС с уровнем >-70 дБм0</i>		
	С/Шмин, дБ=0		<i>Распознавать МЧС с защищенностью >0 дБ</i>		
	ДиапАнализа, кГц=2.5...510		<i>Полоса частот анализа</i>		
	ИнтервалУсреднения, с=5				
	Построение АЧХ относительно опорного уровня		<i>Построение ЧХ затухания выполняется относительно опорного уровня измерителя</i>		
Построение ГВП относительно Миним. времени прохождения		<i>Построение ЧХ ГВП выполняется относительно его минимума в полосе анализа</i>			
Сигналы	МЧС	Качество, дБ		<i>Основные параметры</i>	
		Отметка соответствия			
		АЧХ, дБ			<i>ЧХ рабочего затухания (опоры генерат. и измерителя=0 дБм0; уровень МЧС=0 дБм0)</i>
		ГВП, мкс			<i>ЧХ группового времени прохождения</i>
		С/Ш, дБ		<i>ЧХ защищенности сигнала</i>	
		Сигнал, дБм0		<i>Уровень принимаемого сигнала</i>	
		Сигн/шум, дБ		<i>Средняя защищенность</i>	
		Сел. уровни, дБм0		<i>Спектр</i>	
		<p>Схема подключения измеряемой пары к анализаторам</p> <p>Измерительный сигнал формируется удаленным анализатором. Измерение ЧХ производится измерителем ведущего анализатора</p>			

1.4.2 Двусторонние измерения параметров передачи на заданной частоте

Измерение параметров передачи на заданной частоте выполняется в том случае, если в измерении ЧХ затухания по МЧС нет необходимости или выполнение этого измерения затруднено. Применяются два анализатора – ведущий и ведомый (удаленный).

Следующая конфигурация позволяет измерить рабочее затухание, защищенность от сопровождающих помех, защищенность от нелинейных искажений, защищенность от взвешенных помех с применением гармонического сигнала (SIN). Измерительный сигнал передается от ведомого (удаленного) анализатора к ведущему.

«TRNSsin_genR(0512kHz)»				
Опции	Разрешение=2		Результаты - 2 знака после запятой	
Линия	2_Г_И_симм		См. эквивалентную схему в первой части РЭ	
Частота	до 512 кГц			
Управление удаленным	Разрешить обмен сообщениями повышенной достоверности			
	Уровень, дБм= 4			
	Полоса, кГц=41.25...102.5			
	Установить соединение			
Генератор	Импеданс, Ом=120		Собственное сопротивление анализатора	
	Lопорн, дБм0=0		Задание уровня относительно 0 дБм	
	SIN	L, дБм0=0	Измерения с применением SIN	
		F, кГц=100		
	Блокировка		Блокировать генератор ведущего анализатора	
уд. SIN		Включить SIN-генератор удаленного анализатора		
Измеритель	Импеданс, Ом=120		Собственное сопротивление анализатора	
	Lопорн, дБм0=0		Расчет уровня относительно 0 дБм	
	Lмакс, дБм=11		Среднее из трех возможных значений	
	Lмин, дБм0= -90		Распознавать SIN с уровнем >-90 дБм0	
	С/Шмин, дБ=0		Распознавать SIN с защищенностью >0 дБ	
	ДиапАнализа, кГц=5...510		Полоса частот анализа	
	ИнтервалУсреднения, с=5			
Сигналы	SIN	Качество, дБ	Основ-ные пара-метры	
		Отметка соответствия		
		Затухание, дБ		Обеспечивается измерение рабочего затухания, т.к. опоры генератора и измерителя=0 дБм0, а уровень SIN=0 дБм0
		Сигн/шум, дБ		Защищенность от сумм.искажений
		Сигн/взв. шум, дБ		Защищен. от взвешенных помех
		A23, дБ		Защищенность от 2+3-й гармоник
		Частота, кГц		Частота сигнала
	Сигнал, дБм0	Уровень принимаемого сигнала	Доп. пара-метры	
	Сел. уровни, дБм0	Спектр		

	<p>Схема подключения измеряемой пары к анализаторам.</p> <p>Измерительный сигнал формируемый ведомым (удаленным) анализатором измеряется ведущим анализатором</p>
--	--

Следующая конфигурация отличается от предыдущей только направлением передачи измерительного сигнала и позволяет измерить те же, что и в предыдущей конфигурации параметры, но удаленным анализатором:

- управляющий (ведущий) анализатор:
 - o устанавливает соединение с удаленным (ведомым) и
 - o включает измерительный сигнал SIN;
- удаленный анализатор:
 - o захватывает измерительный сигнал SIN,
 - o производит измерения и
 - o по запросу от ведущего передает ему результаты измерений;
- ведущий анализатор:
 - o принимает результаты измерений от удаленного и
 - o отображает результаты измерений удаленного анализатора.

«TRNSsin_metR(0512kHz)»						
Опции	Разрешение=2	<i>Результаты - 2 знака после запятой</i>				
Линия	2_Г_И_симв	<i>См. эквивалентную схему в первой части РЭ</i>				
Частота	до 512 кГц					
Управление удаленным	Разрешить обмен сообщениями повышенной достоверности					
	Уровень, дБм= 4					
	Полоса, кГц=41.25...102.5					
	Установить соединение					
Генератор	Импеданс, Ом=120		<i>Собственное сопротивление анализатора</i>			
	Лопорн, дБм=0		<i>Задание уровня относительно 0 дБм</i>			
	SIN	L, дБм0=0	<i>Измерения с применением SIN. Включить SIN-генератор управляющего анализатора</i>			
		F, кГц=100				
уд. Блокировка		Блокировать генератор удаленного анализатора				
Измеритель	Импеданс, Ом=120		<i>Собственное сопротивление анализатора</i>			
	Лопорн, дБм=0		<i>Расчет уровня относительно 0 дБм</i>			
	L макс, дБм=11		<i>Среднее из трех возможных значений</i>			
	L мин, дБм= -90		<i>Распознавать SIN с уровнем >-90 дБм0</i>			
	С/Ш мин, дБ=0		<i>Распознавать SIN с защищенностью >0 дБ</i>			
	ДиапАнализа, кГц=5...510		<i>Полоса частот анализа</i>			
Сигналы	SIN	Качество, дБ	<i>Обеспечивается измерение рабочего затухания, т.к. опоры генератора и измерителя=0 дБм0, а уровень SIN=0 дБм0</i>	Основ-ные пара-метры		
		Отметка соответствия				
		Затухание, дБ			<i>Защищенность от сумм.искажений</i>	
		Сигн/шум, дБ			<i>Защищен. от взвешенных помех</i>	
		Сигн/взв. шум, дБ			<i>Защищенность от 2+3-й гармоник</i>	
		A23, дБ			<i>Частота сигнала</i>	
		Частота, кГц			<i>Уровень принимаемого сигнала</i>	Доп. пара-метры
		Сигнал, дБм0			<i>Спектр</i>	
		Сел. уровни, дБм0				
		Схема подключения <i>измеряемой пары</i> к анализаторам				
			<p>Измерительный сигнал формируется ведущим анализатором и измеряется ведомым (удаленным) анализатором.</p> <p>По запросу «Получить результаты» ведомый передает ведущему результаты измерений</p>			

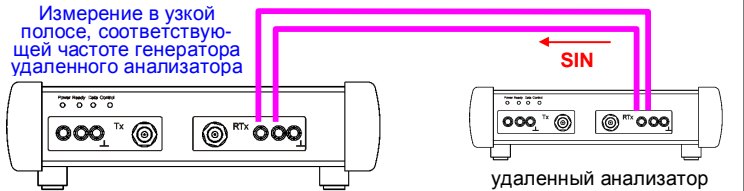
1.4.3 Измерение рабочего затухания на заданной частоте в тяжелых условиях

Измерение параметров передачи может быть отягощено высоким уровнем помех и значительной величиной затухания.

Увеличение уровня помех и затухания может сделать невозможным автоматическое управление удаленным анализатором. В этом случае управление удаленным анализатором должно производиться оператором в ручном режиме. Для обеспечения переговоров между операторами ведущего и ведомого анализаторов должны быть изысканы соответствующие средства.

Дальнейшее увеличение уровня помех и величины затухания может сделать невозможным измерение уровня в широкой полосе частот. Для преодоления этой неприятности следует производить измерение рабочего затухания, применив две следующие конфигурации, в которых:

- используется гармонический сигнал повышенного уровня,
- измерение производится в полосе частот минимальной ширины
- установлена максимальная чувствительность измерителя.

«ATT_sin_gen_(0512kHz)»		<i>Загружается на удаленном анализаторе. Обеспечивает только формирование гармонического сигнала с уровнем повышенной мощности</i>		
Линия	2_Г_симм	<i>См. эквивалентную схему в первой части РЭ</i>		
Частота	до 512 кГц			
Генератор	Импеданс, Ом=120	<i>Собственное сопротивление анализатора</i>		
	Лопорн, дБм=10	Задание уровня относительно +10 дБм		
	SIN	L, дБм=0 F, кГц=100	<i>SIN включить</i>	
«ATT_sin_met_(0512kHz)»		<i>Загружается на измерительном анализаторе. Обеспечивает настройку селективного измерителя в узкой полосе частот. Управление удаленным анализатором не предусматривается</i>		
Опции	Разрешение=2	<i>Результаты - 2 знака после запятой</i>		
Линия	2_И_симм			
Частота	до 512 кГц			
Измеритель	Импеданс, Ом=120	<i>Собственное сопротивление анализатора</i>		
	Лопорн, дБм=10	Расчет уровня относительно +10 дБм		
	L макс, дБм=-9	<i>Минимальное из трех возможных значений – максимальная чувствительность</i>		
	L мин, дБм=-120	<i>Распознавать SIN с уровнем >-120 дБм0</i>		
	ДиапАнализа, кГц =99.375...100.625	<i>Центральная частота диапазона анализа равна ожидаемой, ширина полосы=0 кГц – жду только сигнал известной частоты</i>		
	ИнтервалУсреднения, с=10			
Сигналы	SIN	Качество, дБ	Основ- ные пара- метры	
		Отметка соответствия		
		Затухание, дБ		<i>Обеспечивается измерение рабочего затухания, т.к. опоры генератора и измерителя=+10 дБм, а уровень SIN=0 дБм0</i>
		Частота, кГц		<i>Частота сигнала</i>
		Сигнал, дБм0		<i>Уровень принимаемого сигнала</i>
	Сел.уровни, дБм0	<i>Спектр</i>	Доп. пара- метры	
<p>Измерение в узкой полосе, соответствующей частоте генератора удаленного анализатора</p> 		<p>Схема подключения измеряемой пары к анализаторам</p>		

1.5 Переходное затухание на ближнем конце (NEXT)

1.5.1 Частотная характеристика переходного затухания на ближнем конце

Измерение частотной характеристики переходного затухания на ближнем конце производится одним анализатором с применением следующей конфигурации.

«NEXTdmt_g&m_(0512kHz)»					
Опции	Разрешение=2	<i>Результаты - 2 знака после запятой</i>			
Линия	4_Г_И_симм	<i>См. эквивалентную схему в первой части РЭ</i>			
Частота	до 512 кГц				
Генератор	Импеданс, Ом=120	<i>Собственное сопротивление анализатора</i>			
	Лопорн, дБм0=0	<i>Задание уровня относительно 0 дБм</i>			
	МЧС	L, дБм0=0	<i>Измерения производятся с применением МЧС. Настроить параметры, МЧС включить</i>		
		N=102			
		F1, кГц=5			
dF, кГц=5 (F2, кГц=510)					
Измеритель	Импеданс, Ом=120	<i>Собственное сопротивление анализатора</i>			
	Лопорн, дБм0=0	<i>Расчет уровня относительно 0 дБм</i>			
	Lмакс, дБм=-9	<i>Минимальное из трех возможных значений – максимальная чувствительность</i>			
	Lмин, дБм0= -80	<i>Распознавать МЧС с уровнем >-80 дБм0</i>			
	С/Шмин, дБ=0	<i>Распознавать МЧС с защищенностью >0 дБ</i>			
	ДиапАнализа, кГц=5...510	<i>Полоса частот анализа</i>			
	ИнтервалУсреднения, с=5				
Построение АЧХ относительно опорного уровня	<i>Обеспечивается построение ЧХ затухания относительно опорного уровня измерителя</i>				
Сигналы	МЧС	Качество, дБ		Основ-ные пара-метры	
		Отметка соответствия			
		АЧХ, дБ	<i>Обеспечивается построение ЧХ переходного затухания, т.к. опоры генератора и измерит.=0 дБм0 и уровень МЧС=0 дБм0</i>		
		Сигнал, дБм0	<i>Уровень принимаемого сигнала</i>		Доп. пара-метры
		Сигн/шум, дБ	<i>Средн.защищ. в полосе анализа</i>		
		Сел.уровни, дБм0	<i>Спектр</i>		

Схема подключения **влияющей** и **подверженной влиянию** пар к анализатору.

Обе пары должны быть согласованы на удаленном конце

1.5.2 Переходное затухание на ближнем конце на заданной частоте

Величина переходного затухания может достигать значительных величин, что может вызвать затруднения при измерении частотной характеристики затухания в широкой полосе с применением МЧС. В этом случае возможно проведение измерений:

- с применением гармонического сигнала повышенной мощности,
- с установкой максимальной чувствительности и
- с заданием узкой полосы частот измерителя.

«NEXTsin_g&m_(0512kHz)»						
Опции	Разрешение=2		<i>Результаты - 2 знака после запятой</i>			
Линия	4_Г_И_симм		<i>См. эквивалентную схему в первой части РЭ</i>			
Частота	до 512 кГц					
Генератор	Импеданс, Ом=120		<i>Собственное сопротивление анализатора</i>			
	Lопорн, дБм0=10		Задание уровня относительно +10 дБм			
	SIN	L, дБм0=0 F, кГц=100	<i>SIN включить</i>			
Измеритель	Импеданс, Ом=120		<i>Собственное сопротивление анализатора</i>			
	Lопорн, дБм0=10		Расчет уровня относительно +10 дБм			
	Lмакс, дБм=-9		<i>Минимальное из трех возможных значений –</i> максимальная чувствительность			
	Lмин, дБм0= -120		<i>Распознавать SIN с уровнем >-120 дБм0</i>			
	ДиапАнализа, кГц =99.375...100.625		<i>Центральная частота диапазона анализа равна ожидаемой, ширина полосы=0 кГц – жду только сигнал известной частоты</i>			
	ИнтервалУсреднения, с=10					
Сигналы	SIN	Качество, дБ	<i>Обеспечивается измерение переходного затухания, т.к. опоры генератора и измерителя=+10 дБм0, а уровень SIN=0 дБм0</i>	Основ- ные пара- метры		
		Отметка соответствия				
		Затухание, дБ				
		Частота, кГц			<i>Частота сигнала</i>	Доп. пара- метры
		Сигнал, дБм0			<i>Уровень принимаемого сигнала</i>	
Сел.уровни, дБм0	<i>Спектр</i>					

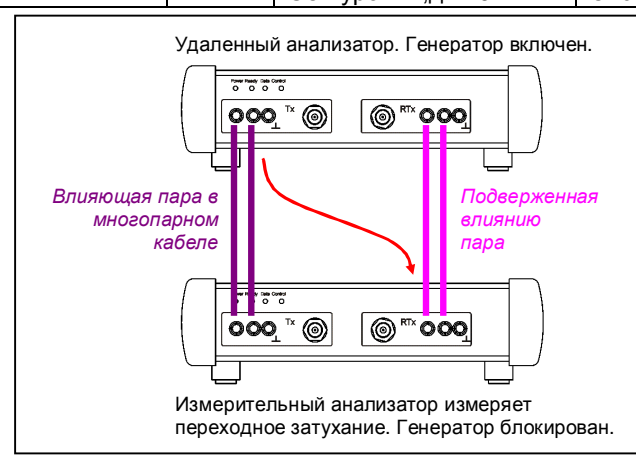
Схема подключения **влияющей** и **подверженной влиянию** пар к анализатору

1.6 Переходное затухание на дальнем конце (FEXT)

1.6.1 Частотная характеристика переходного затухания на дальнем конце

Измерение частотной характеристики переходного затухания на дальнем конце производится двумя анализаторами. Управление удаленным анализатором должно производиться оператором в ручном режиме. Для обеспечения переговоров между операторами ведущего и ведомого анализаторов должны быть изысканы соответствующие средства. Применяются две следующие конфигурации – генераторная (для удаленного анализатора) и измерительная.

«FEXTdmt_gen_(0512kHz)»		<i>Загружается на удаленном анализаторе. Обеспечивает только формирование МЧС</i>			
Линия	4_Г_И_симм	<i>См. эквивалентную схему в первой части РЭ</i>			
Частота	До 512 кГц				
Генератор	Импеданс, Ом=120	<i>Собственное сопротивление анализатора</i>			
	Лопорн, дБм=0	<i>Задание уровня относительно 0 дБм</i>			
	МЧС	L, дБм0=0	<i>Измерения производятся с применением МЧС. Настроить параметры, МЧС включить</i>		
		N=102			
		F1, кГц=5			
dF, кГц=5 (F2, кГц=510)					
Измеритель	Импеданс, Ом=120	<i>Выполняет роль согласованной нагрузки</i>			
«FEXTdmt_met_(0512kHz)»		<i>Загружается на измерительном анализаторе</i>			
Опции	Разрешение=2	<i>Результаты - 2 знака после запятой</i>			
Частота	до 512 кГц				
Генератор	Импеданс, Ом=120	<i>Выполняет роль согласованной нагрузки</i>			
	Блокирован				
Измеритель	Импеданс, Ом=120	<i>Собственное сопротивление анализатора</i>			
	Лопорн, дБм=0	<i>Расчет уровня относительно 0 дБм</i>			
	Lмакс, дБм=-9	<i>Минимальное из трех возможных значений – максимальная чувствительность</i>			
	Lмин, дБм0= -90	<i>Распознавать МЧС с уровнем >-90 дБм0</i>			
	С/Шмин, дБ=-5	<i>Распознавать МЧС с защищенностью >-5 дБ</i>			
	ДиапАнализа, кГц=5...510	<i>Полоса частот анализа</i>			
	ИнтервалУсреднения, с=5				
	Построение АЧХ относительно опорного уровня	<i>Обеспечивается построение ЧХ затухания относительно опорного уровня измерителя</i>			
Сигналы	МЧС	Качество, дБ		<i>Основные параметры</i>	
		Отметка соответствия			
		АЧХ, дБ	<i>Обеспечивается построение ЧХ переходного затухания, т.к. опоры генератора и измерит.=0 дБм0 и уровень МЧС=0 дБм0</i>		
		Сигнал, дБм0	<i>Уровень принимаемого сигнала</i>		<i>Доп. параметры</i>
		Сигн/шум, дБ	<i>Средн. защищ. в полосе анализа</i>		
		Сел. уровни, дБм0	<i>Спектр</i>		



Измерительный вход удаленного анализатора и заблокированный генераторный выход измерительного анализатора выполняют роль согласованных нагрузок для влияющей и подверженной влиянию пар

1.6.2 Переходное затухание на дальнем конце на заданной частоте

Измерение переходного затухания на дальнем конце на заданной частоте выполняется при отсутствии необходимости измерения ЧХ переходного затухания, а так же при возникновении затруднений с измерением ЧХ по МЧС. Измерение производится с применением двух анализаторов. Управление удаленным анализатором должно производиться оператором в ручном режиме. Применяются две следующие конфигурации.

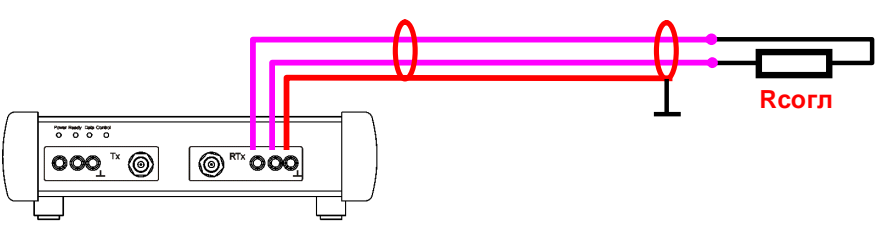
«FEXTsin_gen_(0512kHz)»		<i>Загружается на удаленном анализаторе. Обеспечивает только формирование МЧС</i>				
Линия	4_Г_И_симм	<i>См. эквивалентную схему в первой части РЭ</i>				
Частота	до 512 кГц					
Генератор	Импеданс, Ом=120	<i>Собственное сопротивление анализатора</i>				
	Лопорн, дБм0=0	Задание уровня относительно +10 дБм				
	SIN	L, дБм0=0 F, кГц=100	<i>SIN включить</i>			
Измеритель	Импеданс, Ом=120	<i>Выполняет роль согласованной нагрузки</i>				
«FEXTsin_met_(0512kHz)»		<i>Загружается на измерительном анализаторе</i>				
Опции	Разрешение=2	<i>Результаты - 2 знака после запятой</i>				
Частота	до 512 кГц					
Генератор	Импеданс, Ом=120	<i>Выполняет роль согласованной нагрузки</i>				
	Блокирован					
Измеритель	Импеданс, Ом=120	<i>Собственное сопротивление анализатора</i>				
	Лопорн, дБм0=0	Расчет уровня относительно +10 дБм				
	Lмакс, дБм=-9	<i>Минимальное из трех возможных значений – максимальная чувствительность</i>				
	Lмин, дБм0= -120	<i>Распознавать МЧС с уровнем >-120 дБм0</i>				
	ДиапАнализа, кГц =99.375...100.625	<i>Центральная частота диапазона анализа равна ожидаемой, ширина полосы=0 кГц – жду только сигнал известной частоты</i>				
	ИнтервалУсреднения, с=5					
Сигналы	SIN	Качество, дБ	<i>Обеспечивается измерение переходного затухания, т.к. опоры генератора и измерителя=+10 дБм0, а уровень SIN=0 дБм0</i>	<i>Основ-ные пара-метры</i>		
		Отметка соответствия				
		Затухание, дБ		<i>Частота сигнала</i>	<i>Доп. пара-метры</i>	
		Частота, кГц				
		Сигнал, дБм0				<i>Уровень принимаемого сигнала</i>
		Сел. уровни, дБм0				<i>Спектр</i>

<p>Удаленный анализатор. Генератор включен.</p>	<p>Измерительный вход удаленного анализатора и заблокированный генераторный выход измерительного анализатора выполняют роль согласованных нагрузок для влияющей и подверженной влиянию пар</p>
<p>Измерительный анализатор измеряет переходное затухание. Генератор заблокирован.</p>	

1.7 Затухание асимметрии

1.7.1 Частотная характеристика затухания асимметрии на ближнем конце

Измерение частотной характеристики затухания асимметрии проводится одним анализатором. Применяется следующая конфигурация.

«ASIMdmt_g&m_(0512kHz)»				
Опции	Разрешение=2	<i>Результаты - 2 знака после запятой</i>		
Линия	3_Г_И	<i>См. эквивалентную схему в первой части РЭ</i>		
Частота	до 512 кГц			
Генератор	Лопорн,дБм0=0	<i>Задание уровня относительно 0 дБм</i>		
	МЧС	L,дБм0=0	<i>Измерения производятся с применением МЧС. Настроить параметры, МЧС включить</i>	
		N=102		
		F1,кГц=5		
		dF,кГц=5 (F2,кГц=510)		
Измеритель	Лопорн,дБм0=0	<i>Расчет уровня относительно 0 дБм</i>		
	Lмакс,дБм=11	<i>Среднее из трех возможных значений</i>		
	Lмин,дБм0= -80	<i>Распознавать МЧС с уровнем >-80 дБм0</i>		
	С/Шмин,дБ=-5	<i>Распознавать МЧС с защищенностью >-5 дБ</i>		
	ДиапАнализа,кГц=5...510	<i>Полоса частот анализа</i>		
	ИнтервалУсреднения,с=5			
Сигналы	МЧС	Качество,дБ		Основ-ные пара-метры
		Отметка соответствия		
		АЧХ,дБ (Норма снизу=0 дБ, т.е. Запас=Минимальное затухание асимметрии в полосе частот анализа)	<i>Обеспечивается построение ЧХ затухания асимметрии</i>	
		Сигнал,дБм0	<i>Уровень принимаемого сигнала</i>	
		Сигн/шум,дБ	<i>Средн.защищ. в полосе анализа</i>	
		Сел.уровни,дБм0	<i>Спектр</i>	
			<p>Ведущий анализатор формирует измерительный сигнал в продольном направлении относительно общей точки (_L_) и, измеряя уровень в поперечном, определяет затухание асимметрии</p>	

1.7.2 Измерение затухания асимметрии на ближнем конце по гармоническому сигналу

Если измерение затухания асимметрии с применением МЧС затруднено высоким уровнем помех, или тем, что измеряемая величина затухания асимметрии весьма значительна (более 40 дБ), то целесообразно применить для измерений гармонический сигнал и следующую конфигурацию.

«ASIMsin_g&m_(0512kHz)»				
Опции	Разрешение=2		<i>Результаты - 2 знака после запятой</i>	
Линия	3_Г_И		<i>См. эквивалентную схему в первой части РЭ</i>	
Частота	до 512 кГц			
Генератор	Lопорн,дБм0=0		<i>Задание уровня относительно 0 дБм</i>	
	SIN	L,дБм0=0	<i>Измерения производятся с применением SIN. Настроить параметры, SIN включить</i>	
		F,кГц=100		
Измеритель	Lопорн,дБм0=0		<i>Расчет уровня относительно 0 дБм</i>	
	Lмакс,дБм=11		<i>Среднее из трех возможных значений</i>	
	Lмин,дБм0= -80		<i>Распознавать МЧС с уровнем >-70 дБм0</i>	
	С/Шмин,дБ=0		<i>Распознавать МЧС с защищенностью >0 дБ</i>	
	ДиапАнализа,кГц =99.375...100.625		<i>Центральная частота диапазона анализа равна ожидаемой, ширина полосы=0 кГц – жду только сигнал известной частоты</i>	
Сигналы	SIN	ИнтервалУсреднения,с=5		
		Качество,дБ	Основные параметры	
		Отметка соответствия		
		Затухание,дБ	<i>Обеспечивается измерение затухания асимметрии</i>	Доп. параметры
		Сигнал,дБм0	<i>Уровень принимаемого сигнала</i>	
Сел.уровни,дБм0	<i>Спектр</i>			
Схема измерений должна полностью соответствовать предыдущей				

1.7.3 Частотная характеристика затухания передачи асимметрии на дальний конец

Следующая конфигурация позволяет с применением двух анализаторов измерить частотные характеристики:

- затухания асимметрии на ближнем конце (ведущий анализатор) и
- передачи асимметрии на дальний конец (ведомый анализатор).

«ASIMdmt_metR(0512kHz)»					
Опции	Разрешение=2	Результаты - 2 знака после запятой			
Линия	3_Г_И	См. эквивалентную схему в первой части РЭ			
Частота	до 512 кГц				
Управление удаленным	Разрешить обмен сообщениями повышенной достоверности				
	Уровень, дБм= 4				
	Полоса, кГц=41.25...102.5				
	Установить соединение				
Генератор	Лопорн, дБм0=0		Задание уровня относительно 0 дБм		
	МЧС	L, дБм0=0		Измерения производятся с применением МЧС. Настроить параметры, МЧС включить	
		N=102			
		F1, кГц=5			
		dF, кГц=5 (F2, кГц=510)			
Измеритель	Лопорн, дБм0=0		Расчет уровня относительно 0 дБм		
	Lмакс, дБм=11		Среднее из трех возможных значений		
	Lмин, дБм0=-90		Распознавать МЧС с уровнем >-90 дБм0		
	С/Шмин, дБ=-5		Распознавать МЧС с защищенностью >-5 дБ		
	Диап.Анализа, кГц=5...510		Полоса частот анализа		
	ИнтервалУсреднения, с=5				
	Построение АЧХ относительно опорного уровня				
Сигналы	МЧС	Качество, дБ	Ведущий анализатор измеряет ЧХ затухания асимметрии	Основ-ные пара-метры	
		Отметка соответствия			
		АЧХ, дБ (Норма снизу=0 дБ, т.е. Запас=Минимальное затухание асимметрии в полосе частот анализа)			Ведомый анализатор измеряет ЧХ затухания передачи асимметрии
		Сигнал, дБм0	Уровень принимаемого сигнала		Доп. пара-метры
		Сигн/шум, дБ	Средн. защищ. в полосе анализа		
		Сел. уровни, дБм0	Спектр		

Ведущий анализатор формирует измерительный сигнал в продольном направлении и, измеряя уровень в поперечном, определяет затухание асимметрии.

Ведомый (удаленный) анализатор, измеряя уровень в поперечном направлении, исчисляет затухание передачи асимметрии

1.7.4 Измерение затухания передачи асимметрии на дальний конец по гармоническому сигналу

Если измерение затухания передачи асимметрии с применением МЧС затруднено, то возможно применение для этого измерения гармонического сигнала. При этом используется следующая конфигурация, позволяющая определить:

- затухание асимметрии на ближнем конце (ведущий анализатор) и
- затухание передачи асимметрии на дальний конец (ведомый анализатор).

«ASIMsin_metR(0512kHz)»					
Опции	Разрешение=2		<i>Результаты - 2 знака после запятой</i>		
Линия	3 Г И		<i>См. эквивалентную схему в первой части РЭ</i>		
Частота	до 512 кГц				
Управление удаленным	Разрешить обмен сообщениями повышенной достоверности				
	Уровень, дБм= 4				
	Полоса, кГц=41.25...102.5				
	Установить соединение				
Генератор	Лопорн, дБм=0		<i>Задание уровня относительно 0 дБм</i>		
	SIN	L, дБм=0 F, кГц=100	<i>Измерения производятся с применением МЧС. Настроить параметры, МЧС включить</i>		
Измеритель	Лопорн, дБм=0		<i>Расчет уровня относительно 0 дБм</i>		
	Lмакс, дБм=11		<i>Среднее из трех возможных значений</i>		
	Lмин, дБм= -120		<i>Распознавать МЧС с уровнем >-120 дБм</i>		
	С/Шмин, дБ=0		<i>Распознавать МЧС с защищенностью >0 дБ</i>		
	ДиапАнализа, кГц =99.375...100.625		<i>Центральная частота диапазона анализа равна ожидаемой, ширина полосы=0 кГц – жду только сигнал известной частоты</i>		
	ИнтервалУсреднения, с=5				
Сигналы	МЧС	Качество, дБ	Основ-ные пара-метры		
		Отметка соответствия			
		Затухание, дБ		<i>Ведущий анализатор обеспечивает измерение затухания асимметрии</i>	
				<i>Ведомый анализатор обеспечивает измерение затухания передачи асимметрии</i>	
		Сигнал, дБм0		<i>Уровень принимаемого сигнала</i>	Доп. пара-метры
		Сигн/шум, дБ		<i>Средн.защищ. в полосе анализа</i>	
Сел.уровни, дБм0	<i>Спектр</i>				
Схема измерений должна полностью соответствовать предыдущей					

1.8 Рефлектометрические измерения

1.8.1 Скорость распространения сигнала при рефлектометрических измерениях

Основным назначением рефлектометрического режима анализатора является определение характера дефектов (неоднородностей) линии и величин расстояния до дефектов. Расстояние до дефекта определяется непосредственно измеряемым анализатором временем задержки отраженного сигнала и скоростью распространения сигнала, задаваемым как параметр настройки измерителя анализатора (**Скорость, м/мкс**). Скорость распространения должна быть заранее известна. Источником данных может являться или справочник или результаты непосредственных измерений.

При поведении измерений на отражение сигнал пробегает путь от точки установки анализатора до дефекта (или конца кабеля) и обратно, попадая на вход анализатора. Поэтому в качестве параметра настройки анализатора «Скорость, м/мкс» должна быть использована половина справочного значения (СправСкорость, м/с) скорости распространения сигнала в данном кабеле: **Скорость, м/мкс = СправСкорость, м/с × 0.5 × 10⁶ мкс/с**.

Если же для измеряемого кабеля известен коэффициент укорочения длины волны **K**, то параметр настройки анализатора «Скорость, м/мкс» следует исчислять по формуле: Скорость, м/мкс = С, м/с × 0.5 / K × 1000000 мкс/с где С, м/с = 299792458 - скорость распространения электромагнитной волны в свободном пространстве. В упрощенном виде с достаточной для проведения измерений точностью следует использовать формулу: **Скорость, м/мкс = 150 / K**.

Наконец, если измеряемый кабель характеризуется коэффициентом замедления **Vp**, то параметр настройки анализатора: Скорость, м/мкс = С, м/с × 0.5 × Vp × 1000000 мкс/с. Или в упрощенном виде: **Скорость, м/мкс = 150 × Vp**.

Параметры некоторых направляющих систем, включая известные марки кабелей, представлены в таблице (приведенные данные не могут рассматриваться как официальные).

Направляющая система	K	«Скорость, м/мкс» при измерении на отражение	Направляющая система	K	«Скорость, м/мкс» при измерении на отражение
РК-50-2-11	1,520	98,68	КРПТ 3х2,5	2,260	66,37
РК-100-7-1	1,200	125,00	ТПП 200х2 1,45	1,500	100,00
П-270	3,000	50,00	ТПП 100х2 1,40	1,500	100,00
П-274М	1,390	107,91	АВВГ 3х2,5	1,477	101,56
РЕЗИН. ИЗОЛ.	2,000	75,00	ТППЭП 10х2х0,4	1,430	104,90
КАБЕЛЬ СБ,АБ	1,870	80,21	ПРППМ (0,9)	1,474	101,76
КМ-4 (75 Ом) 2,6	1,070	140,19	ТПП 10х2х0,4	1,430	104,90
КМ-4 (75 Ом) 9,4	1,040	144,23	МКСАШП 4х4х1,2	1,155	129,87
МКТ 1,2-4,6	1,120	133,93	ШТЛ-2х0,08	1,534	97,78
РК-75-4-16	1,520	98,68			
ЗКП (140 Ом)	1,520	98,68			
МКС (163 Ом) 1,2	1,220	122,95			
КСПП (130 Ом) 1,2	1,520	98,68			
КСПП (115 Ом) 0,9	1,520	98,68			
ТЗ (150-160) 0,8	1,380	108,70			
ТЗ (150-160) 0,9	1,340	111,94			
ТЗ (150-160) 1,2	1,520	98,68			
ТПП (104-12) 0,4	1,520	98,68			
ТГ (93-97) 0,4	1,360	110,29			
РК-50-2-21	1,410	106,38			
ФКБ 1х1,3	1,300	115,38			
ВОЗД. ЛИН. (БМ)	1,050	142,86			
ВОЗД. ЛИН. (СТ)	1,300	115,38			
ВЛЭ 35-400 кВ	1,000	150,00			
П-296	1,600	93,75			
ТТВК 5х2	2,100	71,43			
ПТРК 5х2	1,580	94,94			
ПТРК 10х2	1,500	100,00			
ПТРК 20х2	1,500	100,00			

1.8.2 Рефлектограммы и частотная характеристика затухания

При проведении измерений «на отражение» анализатор, направляя в линию сигнал, измеряет его отражения и отображает на рефлектограммах уровень или амплитуду отраженного сигнала в зависимости от задержки (**T, мкс**), пересчитываемой в удаление (**L, м = Скорость, м/мкс × T, мкс**). Помимо построения рефлектограмм анализатор, сопоставляя спектры мощности переданного и отраженного от ХХ на конце линии сигналов, измеряет частотную характеристику затухания передачи

от точки подключения анализатора к удаленному концу линии. Измерения рекомендуется производить с применением следующей конфигурации.

«TDR_rnd_g&m_(4096kHz)»				
Опции	Разрешение=3	<i>Результаты - 3 знака после запятой</i>		
Линия	2_Г_И_симм	<i>См. эквивалентную схему в первой части РЭ</i>		
Частота	до 4096 кГц	<i>Соответствует длительности импульса равной 0,1 мкс. Уточняется при измерениях⁵</i>		
Генератор	Лопорн,дБм0=0	<i>Задание уровня относительно 0 дБм</i>		
	Импеданс,Ом=120	<i>Наиболее распространенное значение волнового сопротивления симметричн. кабеля</i>		
	ПСС L,дБм0=0	<i>Спектр ПСС локализован в полосе частот 5...4096 кГц (по уровню 10 дБ)</i>		
Измеритель	Лопорн,дБм0=0	<i>Расчет уровня относительно 0 дБм</i>		
	Lмакс,дБм=11	<i>Среднее из трех возможных значений</i>		
	Lмин,дБм0= -50	<i>Распознавать ПСС с уровнем >-50 дБм0</i>		
	С/Шмин,дБ=0	<i>Распознавать ПСС с защищенностью >0 дБ</i>		
	ИнтервалУсреднения,с=5			
	Скорость,м/мкс= 100	Скорость уточняется при измерениях⁶		
Сигналы	ПСС	Качество,дБ	Основные параметры	
		Отметка соответствия		
		Уровень отражений,дБм0		Рефлектограммы
		Амплитуда отражений,%		
		АЧХ,дБ		Частотная характеристика затухания, построенная по данным посланного и отраженного сигналов
		<p>Измерение при XX на удаленном конце:</p> <ul style="list-style-type: none"> - времени задержки сигнала, отраженного от конца линии, для расчета скорости распространения - ЧХ затухания передачи сигнала на дальний конец (не зависит от задания скорости) 		
		<p>Измерения на согласованной линии в целях определения характера и положения дефектов</p>		

⁵ **Диапазон рабочих частот** анализатора (**Частота,кГц**) при измерениях линии «на отражение» целесообразно задавать в зависимости от предполагаемой или известной длины линии (**L,м**):

L,м	До 1500	1000...3000	1000...6000	2000...12000	4000...24000	Более 8000
Частота,кГц	4096	2048	1024	512	256	128

⁶ **Определение скорости распространения** может быть произведено экспериментально, если с необходимой точностью известна длина линии (**L,м**):

- по рефлектограмме определить время задержки (**T,мкс**) сигнала, отраженного от конца ненагруженной (XX) или закороченной (КЗ) линии,
- скорость распространения определить по формуле: **Скорость,м/мкс=L,м / T,мкс.**

2. Измерения при установке xDSL-оборудования

В данной главе описаны измерительные процедуры, которые могут быть применены для выяснения скоростного потенциала и запаса помехозащищенности заявленной к использованию пары в зависимости от различных технологий цифрового уплотнения.

Реализация измерительных процедур обеспечивается выбором и загрузкой одной из поставляемой в составе СПО анализатора конфигураций. Имена конфигураций (к примеру - **SHDSL_G991-2_2312kbps_STU-C=gen.cfg**) отражают:

- тип цифровой линии – **SHDSL** (рек.МСЭ-Т **G991-2**),
- ожидаемую скорость передачи - **2312kbps**,
- размещение измерительного оборудования на окончаниях линии:
 - o на станционной стороне (**STU-C**) включен генератор (**=gen**),
 - o при этом предполагается, что измерение производится на стороне абонента.

Участвующие в измерениях два анализатора взаимодействуют друг с другом, причем ведущий управляет ведомым.

Ведущим анализатором должен быть тот, который установлен на стороне оператора связи (**STU-C** для HDSL/SHDSL или **ATU-C** для ADSL). Исходя из этого составлены измерительные конфигурации.

Ведомый анализатор устанавливается на стороне абонента (**STU-R** для HDSL/SHDSL или **ATU-R** для ADSL) и предварительно настраивается:

- ведомый анализатор - должен быть **включен**;
- программное обеспечение – должно быть **загружено**;
- окончание линии - подключено к разъему **RTx**;
- способ подключения анализатора к линии - **2_Г_И_симм**;
- диапазон рабочих частот – соответствует **диапазону ведущего** анализатора;
- максимальный измеряемый уровень - **среднее значение из трех** возможных.

В результате исполнения конфигурации измеряется и нормируется один или несколько параметров (характеристик). Нормирование параметра (характеристики) производится так, чтобы факт удовлетворения нормативу свидетельствовал бы о возможности обеспечения указанной в названии конфигурации скорости цифровой линии (для HDSL/SHDSL).

Определение запаса помехозащищенности и скоростного потенциала заявленной линии будет описано в главе «2.1. Контроль линии при установке ADSL-оборудования по G.992.1 (G.dmt)» наиболее подробно; в последующих главах будет представлена лишь сводка материала, достаточная, тем не менее, для практического выполнения измерительных работ. Предлагаемый подход основан на измерении частотной характеристики защищенности (**SNR – С/Ш**) измерительного сигнала, полоса частот которого соответствует полосе, используемой для реализации цифровой линии в нисходящем (**downstream - dn**) и восходящем (**upstream - up**) направлениях. Определение запаса помехозащищенности в полосе передачи позволяет быстро оценить возможность цифрового уплотнения заявленной к установке xDSL-оборудования конкретной пары или выбрать наилучшую пару из нескольких возможных.

Если условия передачи сигнала в заявленной паре не обеспечивают необходимый скоростной потенциал в рамках выбранной xDSL-технологии или измеренный запас помехозащищенности не представляется достаточным (например, не превосходит проектный запас, величину которого представляется необходимым выбирать из диапазона 6...15 дБ), то следует:

- или отказаться от цифрового уплотнения линии по выбранной xDSL-технологии,
- или согласовать с заказчиком снижение скорости,
- или провести работы, направленные на улучшение условий передачи сигнала в заявленной к установке паре.

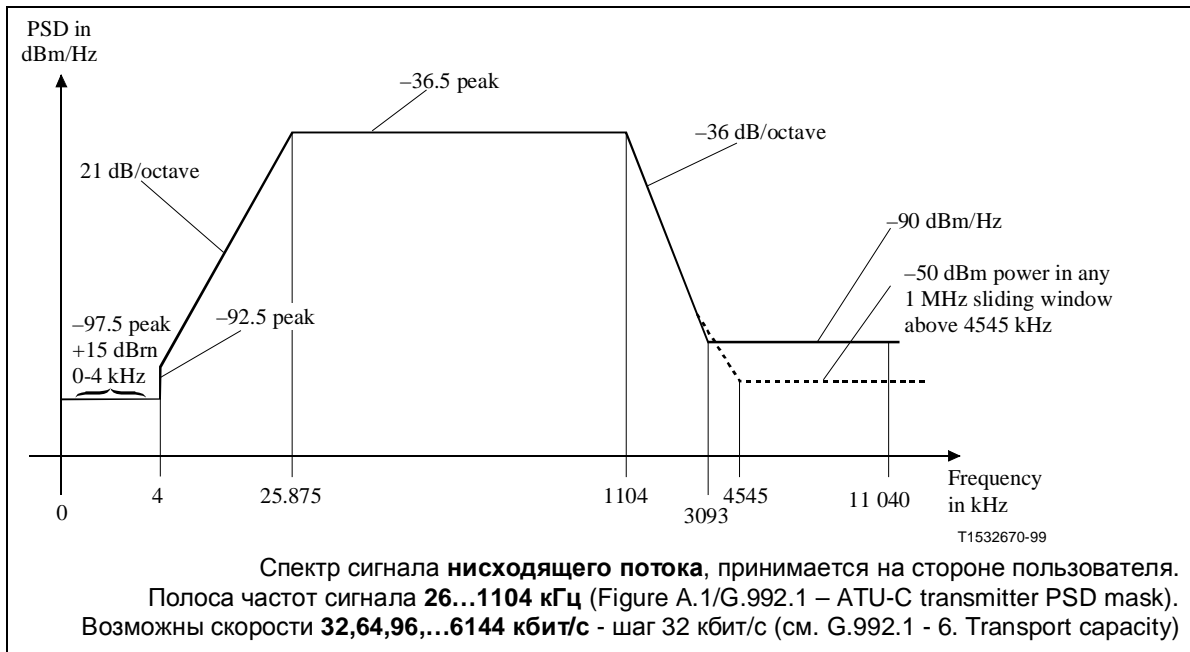
В последующих главах изложены методы определения скоростного потенциала и запаса помехозащищенности линии по результатам измерения ее электрических характеристик. Изложенные методы иллюстрированы примерами измерения для различных xDSL-технологий.

2.1 Контроль линии при установке ADSL-оборудования по G.992.1 (G.dmt)

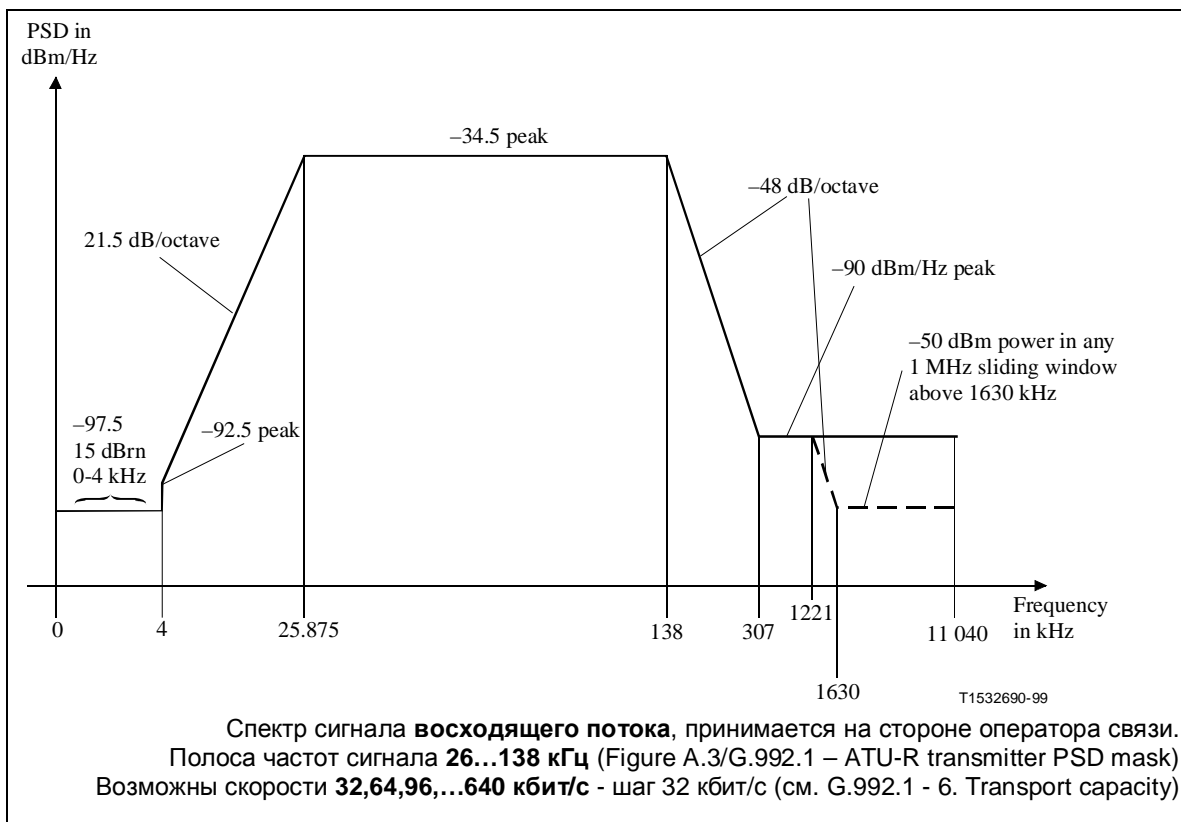
2.1.1 Рекомендация G.992.1 как источник данных для нормирования

Оборудование, выполненное по рекомендации G.992.1 [1], реализует цифровую линию со скоростями нисходящего и восходящего цифровых потоков, которые могут быть выбраны в широких пределах. Передача потоков осуществляется по двухпроводной линии в дуплексном режиме с выполнением эхокомпенсации⁷. Используемая в каждом направлении передачи полоса частот разбивается на множество подканалов (технология **DMT** - **D**iscrete **M**ulti**T**one), в каждом из которых может осуществляться передача с различной скоростью, чем обеспечивается адаптация приемопередатчиков к неравномерности частотной характеристики защищенности применяемой линии связи. В целях увеличения помехозащищенности применяется Треллис-кодирование.

Рекомендация G.992.1 представляет спектры сигналов нисходящего и восходящего потоков.



⁷ Эхокомпенсация применяется только в режиме перекрытия спектров (Overlapped spectrum)



2.1.2 Техника измерений

Быстрая оценка скоростного потенциала линии основана на измерении частотной характеристики защищенности (**С/Ш**) широкополосного измерительного сигнала, полоса частот которого соответствует полосе, используемой для реализации цифровой линии.

Успешная загрузка конфигурации **G992-1_ADSL_dn** (оценка максимальной скорости **нисходящего** потока) приводит к тому, что:

- анализатор на стороне оператора связи передает в сторону пользователя МЧС (0.4 дБм\30 кГц\108\10 кГц), локализованный в полосе частот **30...1100 кГц⁸** и имеющий уровень **+20.4-20=+0.4 дБм⁹**;
- анализатор на стороне пользователя (удаленный):
 - o принимает МЧС и определяет частотную характеристику защищенности сигнала;
 - o по частотной характеристике защищенности:
 - вычисляется частотная характеристика удельной скорости передачи;
 - удельная скорость ограничивается сверху согласно возможностям G.992.1-оборудования (нисходящий поток – не более **6 бит/Гц**);
 - рассчитывается скорость нисходящего потока как сумма элементарных скоростей **DMT**-способа передачи;
 - определяется запас помехозащищенности как минимальное расстояние между характеристикой защищенности сигнала в децибелах и нормой помехозащищенности равной **17.1 дБ** для максимальной скорости нисходящего потока¹⁰;
 - o определенные анализатором параметры передаются ведущему анализатору по запросу ведущего анализатора и представляются ведущим анализатором.

⁸ Полоса МЧС приблизительно соответствует полосе частот нисходящего потока (26...1104 кГц - см. G.992.1 - A.1.2).

⁹ Уровень сигнала в цифровой линии составляет +20.4 дБм для нисходящего потока (см. G.992.1 - A.1.2.3.3), запас неидеальности приемника принят равным 20 дБ (см. ниже).

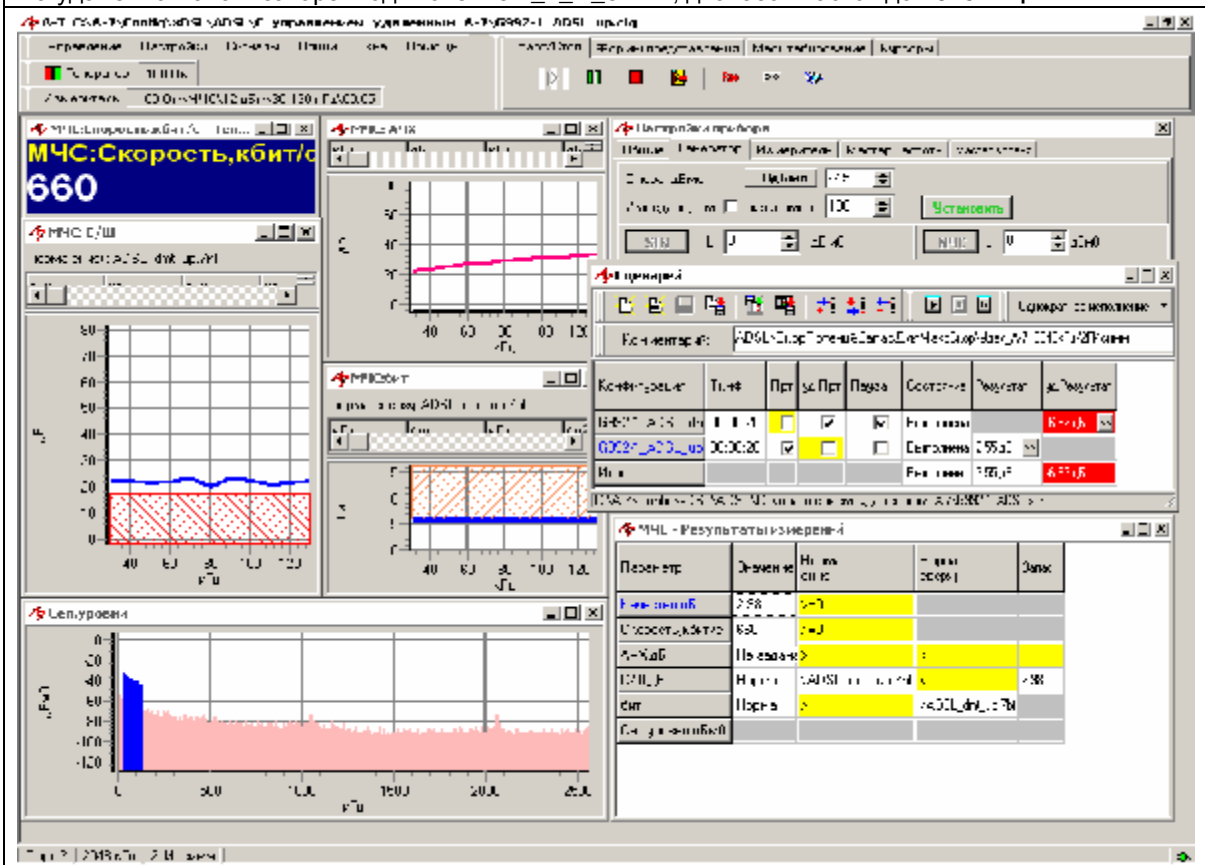
¹⁰ Минимальная защищенность нисходящего потока определяется для максимально возможной в этом направлении скорости равной 6144 кбит/с, исходя из соотношения $6144/1078 = \log_2(S/N+1)$, где $1078 = 1104 - 26$ кГц – ширина полосы частот приема; $S/N = 2^{(6144/1078)} - 1 = 50.98$; $SNR_{min} = 10 \times \lg(S/N) = 10 \times \lg(50.98) = 17.1$ дБ.

После успешной загрузки конфигурации **G992-1_ADSL_up** (оценка максимальной скорости **восходящего** потока) происходит следующее:

- удаленный анализатор, размещенный на стороне пользователя, передает в сторону оператора связи многочастотный сигнал (МЧС=7.5 дБм/30 кГц\11\10 кГц) с уровнем **+12.5-20=-7.5 дБм¹¹** и локализованный в полосе **30...130 кГц¹²**;
- анализатор на стороне пользователя (удаленный):
 - o принимает МЧС и определяет частотную характеристику защищенности сигнала в полосе частот приема **30...130 кГц**;
 - o по частотной характеристике защищенности:
 - вычисляется частотная характеристика удельной скорости передачи;
 - удельная скорость ограничивается сверху согласно возможностями G.992.1-оборудования (восходящий поток – не более **6 бит/Гц**);
 - рассчитывается скорость восходящего потока для **DMT-способа**;
 - определяется запас помехозащищенности как минимальное расстояние между характеристикой защищенности сигнала в децибелах и нормой помехозащищенности равной **17.1 дБ** для восходящего потока¹³;

При оценке скорости цифровой линии по Шеннону уровень формируемого измерительного многочастотного сигнала занижается на величину запаса неидеальности ADSL-приемника относительно значения уровня сигнала, воспроизводимого на выходе оконечного оборудования цифровой линии. Именно это и выполнено при подготовке упомянутых конфигураций.

Сценарий **G992-1_ADSL** – скоростной потенциал и запас помехозащищенности линии.
 На удаленном анализаторе: подключение **2_Г_И_симм**, диапазон частот до **2048 кГц**



¹¹ Уровень сигнала, реально воспроизводимого оборудованием цифровой линии, составляет +12.5 дБм для восходящего потока (см. G.992.1 - A.2.4.3.3), запас неидеальности приемника принят равным 20 дБ.

¹² Полоса МЧС соответствует полосе восходящего потока (26...138 кГц - см. G.992.1 - A.2.4).

¹³ Минимальная защищенность восходящего потока определяется для максимально возможной в этом направлении скорости равной 640 кбит/с, исходя из соотношения $640/112 = \log_2(S/N+1)$, где $112 = 138 - 26$ кГц – ширина полосы частот приема; $S/N = 2^{(640/112)} - 1 = 51.35$; $SNR_{min} = 10 \times \lg(S/N) = 10 \times \lg(51.35) = 17.1$ дБ.

Данные измерений представлены в протоколе:

02.09.04 18:21:56 G992-1_ADSL_dn(уд.А7) Результаты от удаленного: МЧС

Параметр	Значение	Норма снизу	Норма сверху	Запас
Качество,дБ	-6.82			
Скорость,кбит/с	1980			
С/Ш,дБ	Ненорма	>ADSL_dmt_dn.7nf		-6.82

02.09.04 18:22:12 G992-1_ADSL_up Результаты измерения: МЧС

Параметр	Значение	Норма снизу	Норма сверху	Запас
Качество,дБ	2.55			
Скорость,кбит/с	660			
С/Ш,дБ	Норма	>ADSL_dmt_up.7nf		2.55

Результат измерений: скоростной потенциал G.992.1-линии составляет:

- нисходящий поток - 1980 кбит/с, что много ниже возможностей аппаратуры (6144 кбит/с);
- восходящий поток - 660 кбит/с, что соответствует максимальной скорости (640 кбит/с) и при этом запас помехозащищенности равен 2.55 дБ.

Следует иметь в виду, что измеренная анализатором скорость передачи (скоростной потенциал линии) определяет возможную на заявленной линии скорость, оцениваемую только по условиям защищенности передачи сигнала. Скорость передачи, достигаемая на реальном оборудовании цифрового уплотнения, может иметь иные значения, отличающиеся как в большую, так и в меньшую сторону, что может быть обусловлено как особенностями аппаратуры уплотнения, так и неучтенными при определении скоростного потенциала линии негативными факторами. Тем не менее, метод измерения по SNR имеет следующие преимущества:

- объективно определяет возможности линии, исчисляя:
 - o возможную скорость передачи и
 - o запас помехозащищенности для максимальной скорости передачи;
- обладает высоким быстродействием (получение первого результата после подключения обеспечивается не позднее чем через 2 с);
- учитывает одновременно и частотную характеристику затухания, и спектральный состав помех, наведенных на окончания заявленной линии от всех возможных источников;
- позволяет проводить быстрый выбор подходящей для организации цифровой линии пары именно в необходимой полосе частот;
- обеспечивает возможность проведения долговременного мониторинга выбранной пары по максимально возможной скорости и запасу помехозащищенности с учетом всех негативных влияний.

2.1.3 Запас неидеальности ADSL-приемника

Под запасом неидеальности приемника $DSNR$ будем понимать разность фактической защищенности сигнала SNR на входе и в полосе частот приемника B , при которой гарантируется его работоспособность на заданной скорости приема R , и теоретической минимальной защищенностью SNR_{min} приемного устройства по Шеннону, осуществляющего прием сигнала в той же полосе частот B и преобразующего его в поток с той же заданной скоростью R .

Известность величины запаса неидеальности обеспечивает возможность непосредственного определения (расчет по формуле Шеннона) скоростного потенциала линии (V , кбит/с) по данным измеренной фактической помехозащищенности:

$$V = S(B_i \times \log_2(SNR_i + 1))$$

где:

B_i - ширина элементарной полосы, соответствующей i -й гармонике dmt -сигнала (кГц);

SNR_i - измеренная защищенность i -й гармонике dmt -сигнала (раз);

S - знак суммирования в полосе частот dmt -сигнала;

В параграфе «G.992.1 7.13.2. Noise/distortion floor» [1] определено требование к минимальной защищенности гармоник dmt -сигнала, формируемого ADSL-оборудованием на передающей стороне:

$$SNR_{tx} > (3 \times N_{down_i} + 20) \text{ dB}$$

где:

$3 = 10 \times \lg(2)$ - помехозащищенность по Шеннону для передачи 1 бита, дБ/(бит/Гц);

N_{down_i} - удельная скорость переносимого i -й гармоникой dmt -сигнала, бит/Гц;

20 dB=DSNR_{tx} - заданный запас помехозащищенности передатчика.

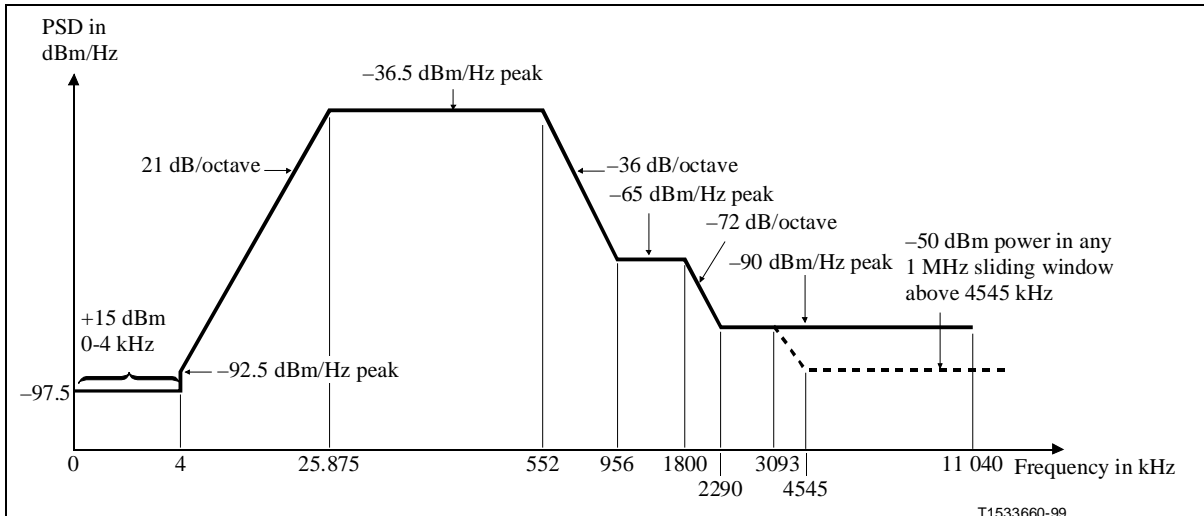
Считая нормируемую величину помехозащищенности передатчика равной помехозащищенности приемника, определим запас неидеальности приемника, равным **DSNR_{rx}=20 дБ**.

2.2 Контроль линии при установке ADSL-оборудования по G.992.2 (G.lite)

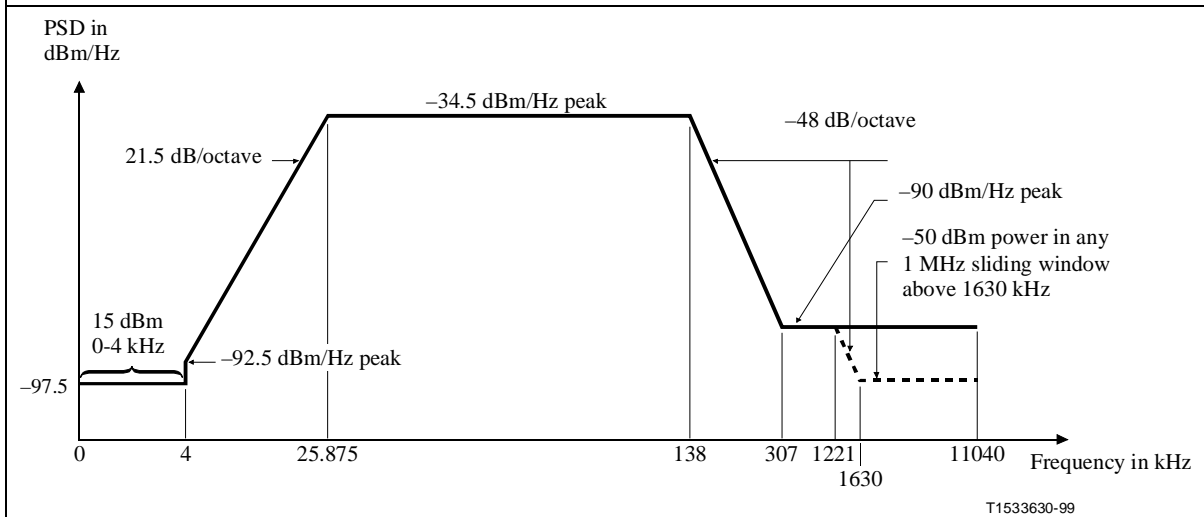
2.2.1 Рекомендация G.992.2 как источник данных для нормирования

Оборудование по G.992.2 [2] организацией потоков, формированием несущих сигналов (используется технология DMT) близко к оборудованию по G.992.1 [1], но предназначено для использования на более протяженных линиях и поэтому обеспечивает существенно меньшие скорости передачи. Спектры сигналов по G.992.2 в режиме работы с перекрытием спектров (Overlapped spectrum operation) занимают следующие полосы частот:

- нисходящий скоростной поток 26...552 кГц;
- восходящий поток 26...138 кГц.



Спектр сигнала нисходящего потока (см. Figure B.2/G.992.2 – ATU-C transmitter PSD mask)
Возможны скорости 64,96,128,...1536 кбит/с - шаг 32 кбит/с (см. G.992.2 - 5. Transport capacity)



Спектр сигнала восходящего потока (Figure A.1/G.992.2 – ATU-R transmitter PSD mask)
Возможны скорости 32,64,96,...512 кбит/с - шаг 32 кбит/с (см. G.992.2 - 5. Transport capacity)

2.2.2 Техника измерений

Конфигурации позволяют быстро оценить скоростной потенциал заявленной линии по данным частотной характеристики защищенности (**С/Ш**) широкополосного измерительного сигнала в полосе частот, используемой для реализации цифровой линии.

Организация и течение измерительных процессов для G.992.2 аналогичны описанным выше для G.992.1. При измерениях ведущий анализатор управляет удаленным ведомым и поэтому на ведомом анализаторе должны быть выполнены соответствующие подготовительные операции.

При загрузке конфигурации **G992-2_ADSL_dn** максимальная скорость **нисходящего** потока определяется так:

- анализатор на стороне оператора связи (ведущий) передает в сторону пользователя измерительный сигнал МЧС (-3.8 дБм\25 кГц\107\5 кГц), локализованный в полосе частот **25...555 кГц** и имеющий уровень **+16.2-20 = -3.8 дБм**¹⁴;
- анализатор на стороне пользователя (удаленный) принимает МЧС и по частотной характеристике защищенности принимаемого сигнала определяет максимально возможную скорость¹⁵ и запас помехозащищенности для максимальной скорости, сопоставляя характеристику защищенности с равной **10.8 дБ** нормой для максимальной скорости нисходящего потока¹⁶;
- определенные анализатором параметры передаются ведущему анализатору по запросу ведущего и представляются ведущим анализатором.

После успешной загрузки **G992-2_ADSL_up** оценка максимальной скорости **восходящего** потока производится так:

- удаленный анализатор передает в сторону установленного у оператора связи анализатора МЧС (-7.5 дБм\25 кГц\23\5 кГц), локализованный в полосе **25...135 кГц** и имеющий уровень **+12.5-20 = -7.5 дБм**¹⁷;
- анализатор на стороне оператора связи принимает МЧС и, определив частотную характеристику защищенности принимаемого сигнала, исчисляет максимально возможную скорость¹⁸ и запас помехозащищенности для максимальной скорости, сопоставляя характеристику защищенности с равной **13.5 дБ** нормой для восходящего потока¹⁹.

¹⁴ Уровень сигнала выходного сигнала ADSL-оборудования для нисходящего потока составляет +16.2 дБм (см. G.992.2 - A.2.2), запас неидеальности приемника принят равным 20 дБ.

¹⁵ Удельная скорость нисходящего потока ограничена возможностями G.992.2-оборудования – не более 4 бит/Гц.

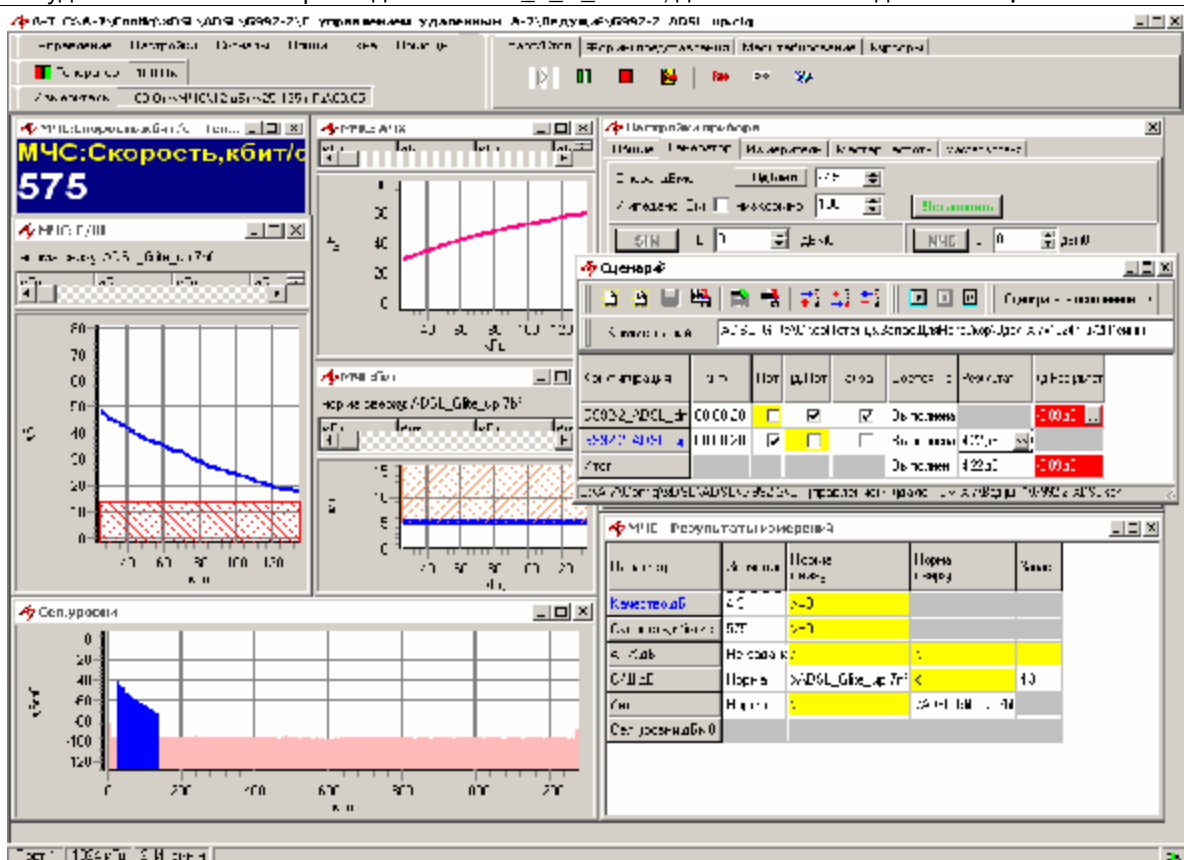
¹⁶ Минимальная защищенность нисходящего потока определяется для максимально возможной в этом направлении скорости равной 1536 кбит/с исходя из соотношения $1536/414 = \log_2(S/N+1)$, где $414 = 552 - 138$ кГц – ширина полосы частот приема; $S/N = 2^{(1536/414)} - 1 = 12.09$; $SNR_{min} = 10 \times \lg(S/N) = 10 \times \lg(12.09) = 10.8$ дБ.

¹⁷ Уровень выходного сигнала ADSL-оборудования для восходящего потока составляет +12.5 дБм (см. G.992.2 - A.1.2), запас неидеальности приемника принят равным 20 дБ.

¹⁸ Удельная скорость восходящего потока ограничена величиной 5 бит/Гц.

¹⁹ Минимальная защищенность восходящего потока определяется для максимально возможной в этом направлении скорости равной 512 кбит/с исходя из соотношения $512/112 = \log_2(S/N+1)$, где $112 = 138 - 26$ кГц – ширина полосы частот приема; $S/N = 2^{(512/112)} - 1 = 22.77$; $SNR_{min} = 10 \times \lg(22.77) = 13.5$ дБ.

Сценарий **G992-2_ADSL** – скоростной потенциал и запас помехозащищенности линии.
 На удаленном анализаторе: подключение **2_Г_И_СИММ**, диапазон частот до **1024 кГц**



Данные измерений представлены в протоколе:

02.09.04 17:38:05 G992-2_ADSL_dn(уд.А7) Результаты от удаленного: МЧС

Параметр	Значение	Норма снизу	Норма сверху	Запас
Качество, дБ	-9.89	>=0		
Скорость, кбит/с	795	>=0		
С/Ш, дБ	Ненорма	>ADSL_Glite_dn.7nf		-9.89

02.09.04 17:38:22 G992-2_ADSL_up Результаты измерения: МЧС

Параметр	Значение	Норма снизу	Норма сверху	Запас
Качество, дБ	4.22	>=0		
Скорость, кбит/с	575	>=0		
С/Ш, дБ	Норма	>ADSL_Glite_up.7nf		4.22

Результат измерений: скоростной потенциал G.992.2-линии составляет:

- нисходящий поток - 795 кбит/с; для обеспечения работы на максимальной скорости (1536 кбит/с) необходимо повысить запас помехозащищенности не менее чем на 9.89 дБ;
- восходящий поток - 575 кбит/с, что соответствует устойчивой с запасом 4.22 дБ работе на максимальной скорости.

2.3 Контроль линии при установке ADSL2- и ADSL2plus-оборудования

2.3.1 Рекомендации G.992.3, G.992.4, G.992.5 как источники данных для нормирования

Отличие ADSL-технологий G.992.3 (G.dmt.bis) [3] и G.992.4 G.lite.bis [4] от описанных выше G.992.1 G.dmt [1] и G.992.2 G.lite [2] состоит в двукратном увеличении максимальной скорости нисходящего и восходящего потоков при сохранении ширины используемых полос частот.

Основное отличие ADSL2plus-оборудования [5] от ADSL-технологий ранних выпусков состоит в двойном увеличении ширины полосы передачи нисходящего потока (до 2208 кГц), что позволило поднять максимальную скорость передачи до 24000 кбит/с (максимальная скорость нисходящего потока составляет 1000 кбит/с).

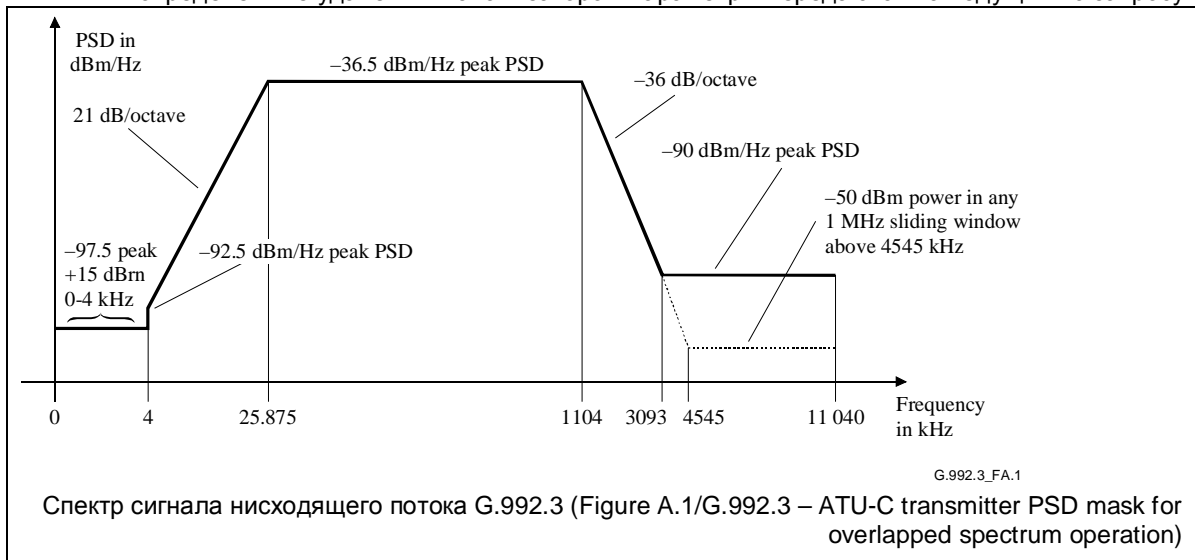
Определение скоростного потенциала цифровых ADSL2- и ADSL2plus-линий производится так, как это описывается ниже, при следующих условиях:

- как следует из текста рекомендаций:
 - o максимальные выходные уровни выходных сигналов G.992.3- и G.992.5-передатчиков равны соответствующим уровням G.992.1-передатчика;
 - o максимальные выходные уровни G.992.4-передатчика равны уровням G.992.2-передатчика;
- G.992.3-, G.992.4- и G.992.5-оборудование задействовано в режиме перекрытия спектров (Overlapped spectrum operation);
- запас неидеальности ADSL2- и ADSL2plus-приемников принят равным запасу для ADSL-оборудования (G.992.1 и G.992.2).

2.3.2 Техника измерений при установке ADSL2-оборудования по G.992.3 (G.dmt.bis)

Нисходящий ADSL2-поток - конфигурация G992-3_ADSL2_dn:

- анализатор на стороне оператора связи передает в сторону пользователя МЧС (0.4 дБм\30 кГц\108\10 кГц) в полосе частот **30...1100 кГц** с уровнем **+0.4 дБм**;
- анализатор на стороне пользователя (удаленный) принимает МЧС и по частотной характеристике защищенности гармоник в полосе передачи вычисляет возможную скорость приема²⁰ и запас помехозащищенности на максимальной скорости передачи, сопоставляя характеристику защищенности с равной **33.5 дБ** нормой²¹;
- определенные удаленным анализатором параметры передаются на ведущий по запросу.



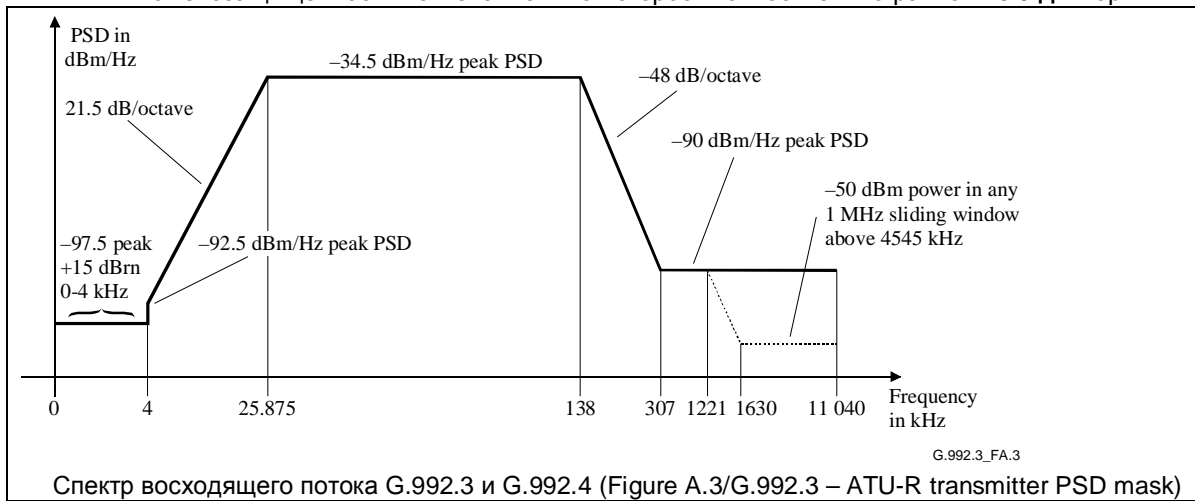
Восходящий ADSL2plus-поток - конфигурация G992-3_ADSL2_up:

- удаленный анализатор, размещенный на стороне пользователя, передает в сторону оператора связи МЧС (-7.5 дБм\30 кГц\11\10 кГц) - уровень **-7.5 дБм**, полоса **30...140 кГц**;

²⁰ Удельная скорость G.992.3-нисходящего потока ограничена величиной 11 бит/Гц.

²¹ Минимальная защищенность нисходящего потока определяется для максимально возможной в этом направлении скорости равной 12000 кбит/с исходя из соотношения $12000/1078 = \log_2(S/N+1)$, где $1078 = 1104 - 26$ кГц – ширина полосы частот приема; $S/N = 2^{(12000/1078)} - 1 = 2240$; $SNR_{min} = 10 \times \lg(S/N) = 10 \times \lg(2240) = 33.5$ дБ.

- анализатор на стороне оператора связи принимает МЧС и по характеристике защищенности в полосе передачи вычисляет возможную скорость²² и запас помехозащищенности на максимальной скорости относительно равной **26.9 дБ** нормы²³.

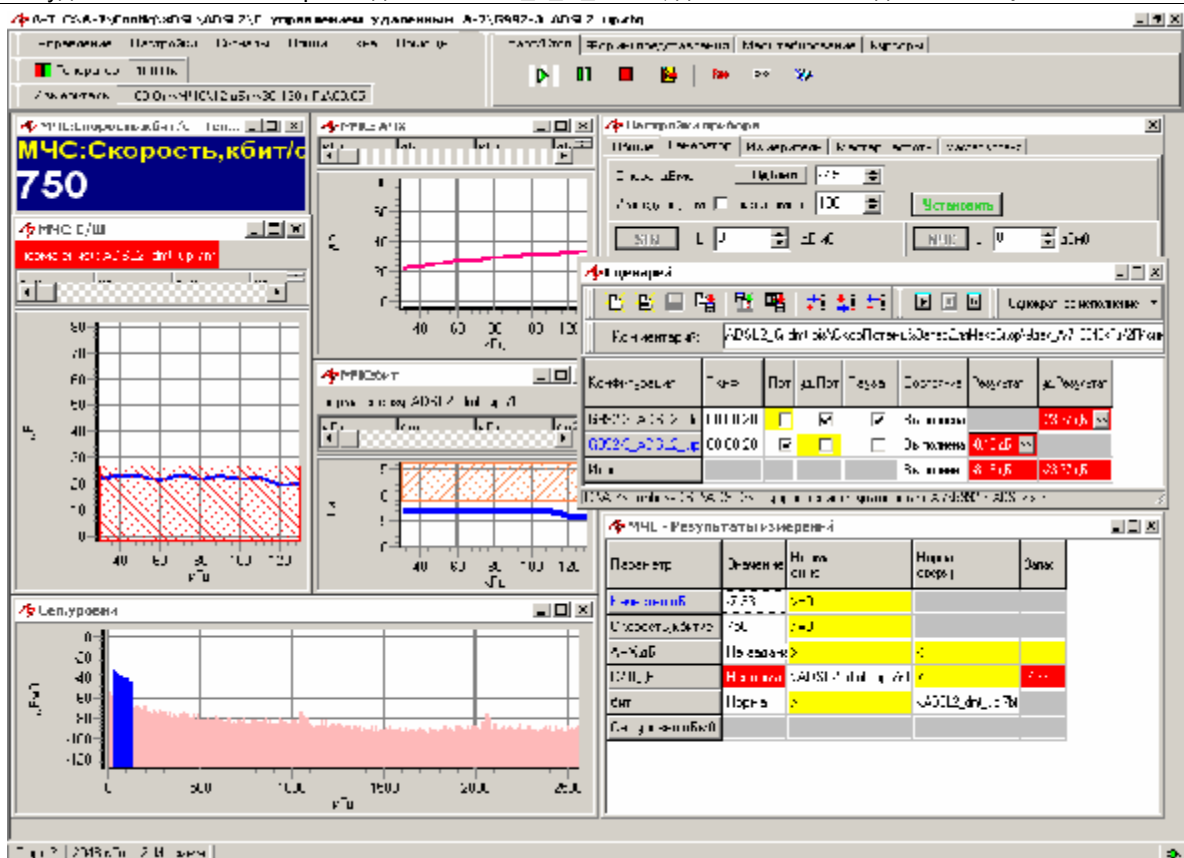


²² Удельная скорость G.992.3-восходящего потока ограничена величиной 9 бит/Гц.

²³ Минимальная защищенность для восходящего потока определяется для максимально возможной в этом направлении скорости равной 1000 кбит/с исходя из соотношения $1000/112 = \log_2(S/N+1)$, где $112 = 138 - 26$ кГц – ширина полосы частот приема; $S/N = 2^{(1000/112)} - 1 = 486.8$; $SNR_{min} = 10 \cdot \lg(486.8) = 26.9$ дБ.

Сценарий **G992-3_ADSL2** – скоростной потенциал и запас помехозащищенности линии.

На удаленном анализаторе: подключение **2_Г_И_СИММ**, диапазон частот до **2048 кГц**



Данные измерений представлены в протоколе:

02.09.04 17:50:02 G992-3_ADSL2_dn(уд.А7) Результаты от удаленного: МЧС

Параметр	Значение	Норма снизу	Норма сверху	Запас
Качество, дБ	-23.37			
Скорость, кбит/с	2290			
С/Ш, дБ	Ненорма	>ADSL2_dmt_dn.7nf		-23.37

02.09.04 17:50:19 G992-3_ADSL2_up Результаты измерения: МЧС

Параметр	Значение	Норма снизу	Норма сверху	Запас
Качество, дБ	-8.18			
Скорость, кбит/с	750			
Сигн/шум, дБ	Ненорма	>ADSL2_dmt_up.7nf		-8.18

Результат измерений: скоростной потенциал G.992.3-линии составляет:

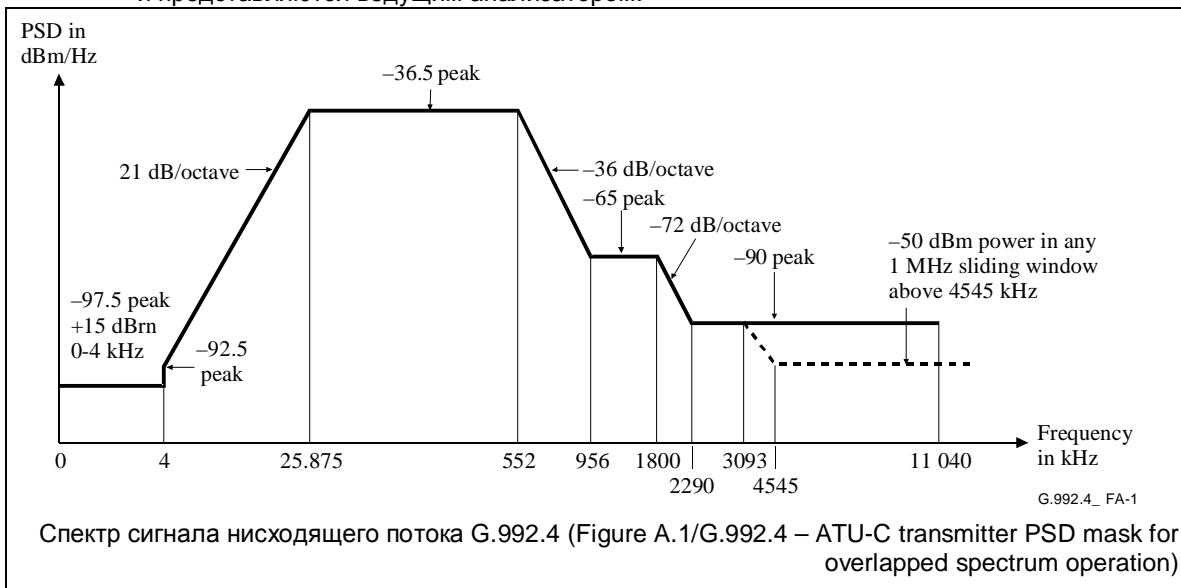
- нисходящий поток - 2290 кбит/с;
- восходящий поток - 750 кбит/с.

2.3.3 Техника измерений при установке ADSL2-оборудования по G.992.4 (G.lite.bis)

Нисходящий ADSL2-поток - конфигурация **G992-4_ADSL2_dn**:

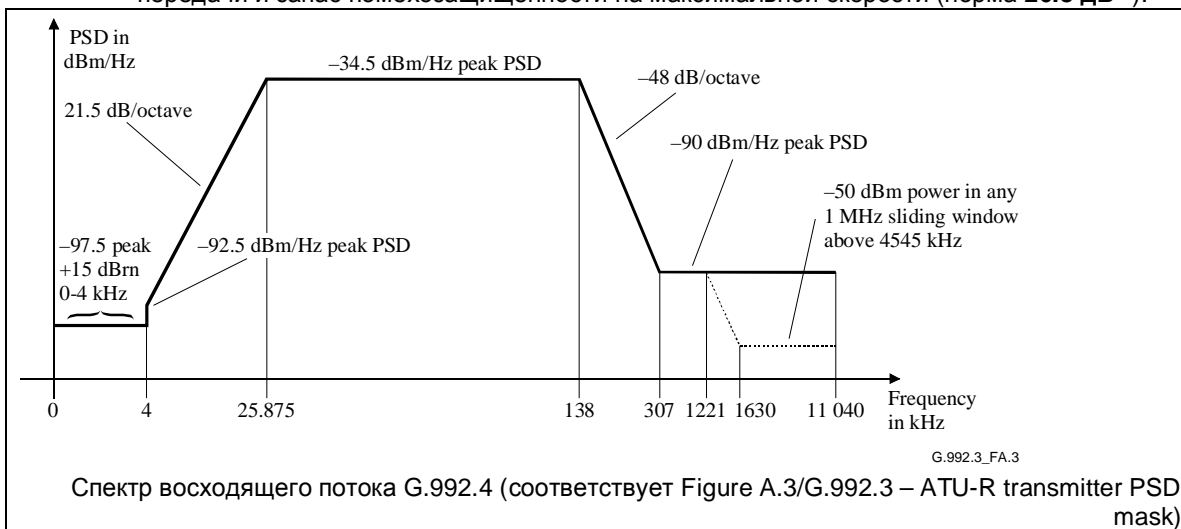
- анализатор на стороне оператора связи (ведущий) передает в сторону пользователя МЧС (-3.8 дБм/25 кГц\107\5 кГц) – полоса **25...555 кГц**, уровень **-3.8 дБм**;

- анализатор на стороне пользователя (удаленный) принимает МЧС и определяет возможную скорость²⁴ передачи, а так же запас помехозащищенности на максимальной скорости (норма равна **21.8 дБ**²⁵);
- определенные анализатором параметры передаются ведущему анализатору по его запросу и представляются ведущим анализатором.



Восходящий ADSL2plus-поток - конфигурация G992-4_ADSL2_up:

- удаленный анализатор передает в сторону установленного у оператора связи анализатора МЧС (-7.5 дБм\25 кГц\23\5 кГц), локализованный в полосе частот **25...135 кГц** и имеющий уровень **-7.5 дБм**;
- анализатор на стороне оператора связи, принимая МЧС, определяет возможную скорость²⁶ передачи и запас помехозащищенности на максимальной скорости (норма **26.8 дБ**²⁷).



²⁴ Удельная скорость G.992.4-нисходящего потока ограничена величиной 7 бит/Гц.

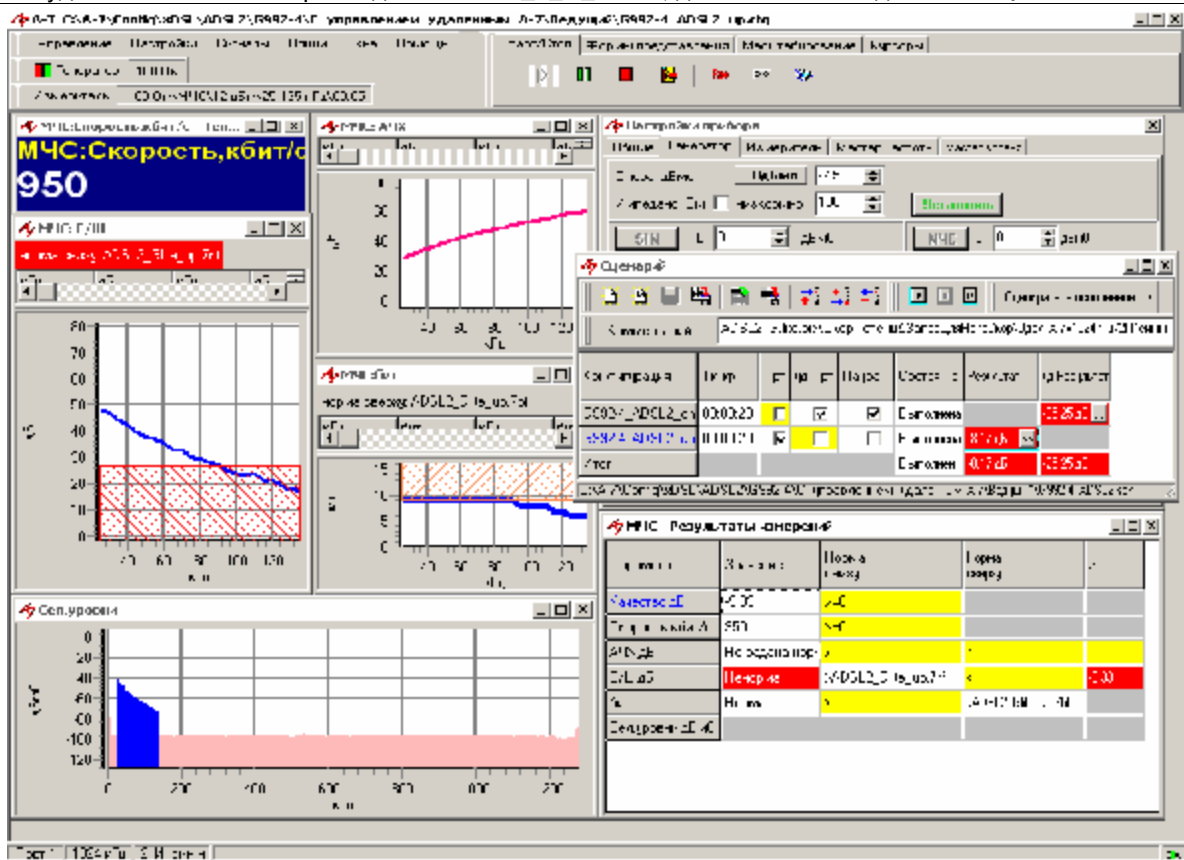
²⁵ Минимальная защищенность нисходящего потока определяется для максимально возможной в этом направлении скорости равной 3000 кбит/с исходя из соотношения $3000/414 = \log_2(S/N+1)$, где $414 = 552 - 138$ кГц - полоса; $S/N = 2^{(3000/414)} - 1 = 152.2$; $SNR_{min} = 10 \times \lg(S/N) = 10 \times \lg(152.2) = 21.8$ дБ.

²⁶ Удельная скорость G.992.4-восходящего потока ограничена величиной 9 бит/Гц.

²⁷ Минимальная защищенность восходящего потока определяется для максимальной скорости 1000 кбит/с: $1000/112 = \log_2(S/N+1)$, где $112 = 138 - 26$ кГц; $S/N = 2^{(1000/112)} - 1 = 487$; $SNR_{min} = 10 \times \lg(487) = 26.8$ дБ.

Сценарий **G992-4_ADSL2** – скоростной потенциал и запас помехозащищенности линии.

На удаленном анализаторе: подключение **2_Г_И_СИММ**, диапазон частот до **1024 кГц**



Данные измерений представлены в протоколе:

02.09.04 18:03:04 G992-4_ADSL2_dn(уд.А7) Результаты от удаленного: МС

Параметр	Значение	Норма снизу	Норма сверху	Запас
Качество,дБ	-25.25			
Скорость,кбит/с	1050			
С/Ш,дБ	Ненорма	>ADSL2_Glite_dn.7nf		-25.25

02.09.04 18:03:21 G992-4_ADSL2_up Результаты измерения: МС

Параметр	Значение	Норма снизу	Норма сверху	Запас
Качество,дБ	-8.17	>=0		
Скорость,кбит/с	950			
С/Ш,дБ	Ненорма	>ADSL2_Glite_up.7nf		-8.17

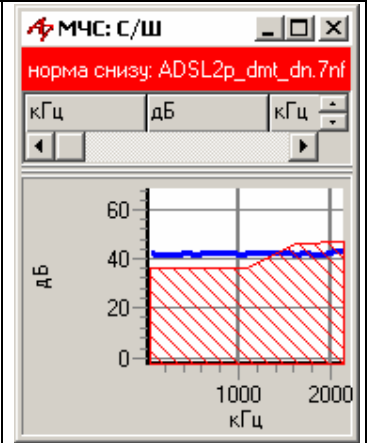
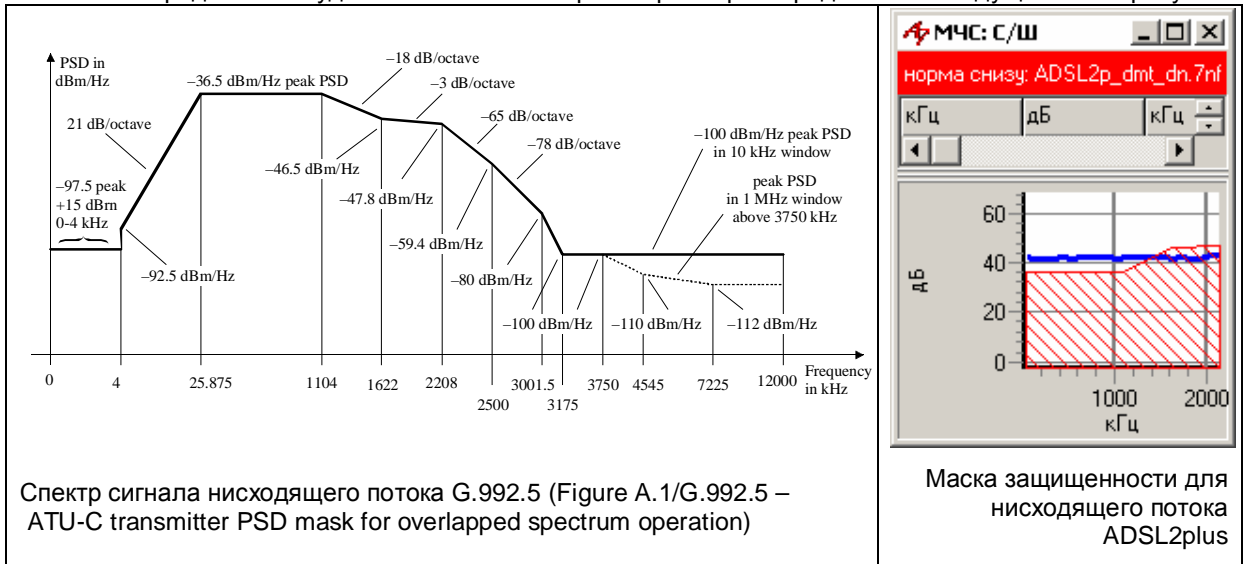
Результат измерений: скоростной потенциал G.992.4-линии составляет:

- нисходящий поток - 1050 кбит/с;
- восходящий поток - 950 кбит/с.

2.3.4 Техника измерений при установке ADSL2plus-оборудования по G.992.5

Нисходящий ADSL2plus-поток - конфигурация G992-5_ADSL2p_dn:

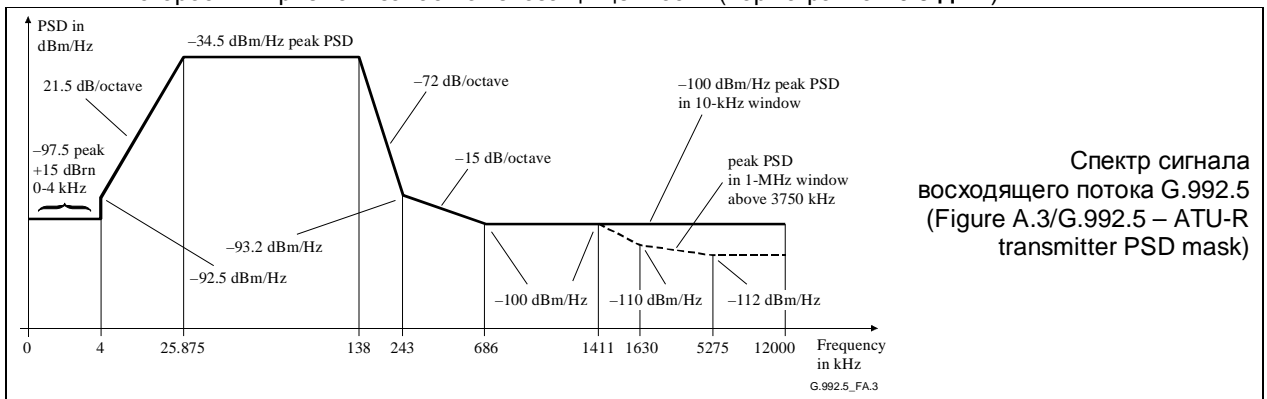
- анализатор на стороне оператора связи передает в сторону пользователя МЧС (0.4 дБм/40 кГц\110\20 кГц) – полоса **40...2200 кГц**, уровень **+0.4 дБм**;
- анализатор на стороне пользователя (удаленный) принимает МЧС и по частотной характеристике защищенности определяет возможную скорость²⁸ приема и запас помехозащищенности на максимальной скорости относительно нормы равной **35.9 дБ**²⁹;
- определенные удаленным анализатором параметры передаются на ведущий по запросу.



Маска защищенности для нисходящего потока ADSL2plus

Восходящий ADSL2plus-поток - конфигурация G992-5_ADSL2p_up:

- удаленный анализатор, размещенный на стороне пользователя, передает в сторону оператора связи МЧС (-7.5 дБм/40 кГц\6\20 кГц) - уровень **-7.5 дБм**, полоса **40...140 кГц**;
- анализатор на стороне оператора связи, принимая МЧС, вычисляет по защищенности скорость³⁰ приема и запас помехозащищенности (норма равна **26.9 дБ**³¹).



²⁸ Удельная скорость G.992.5-нисходящего потока ограничена величиной 11 бит/Гц.

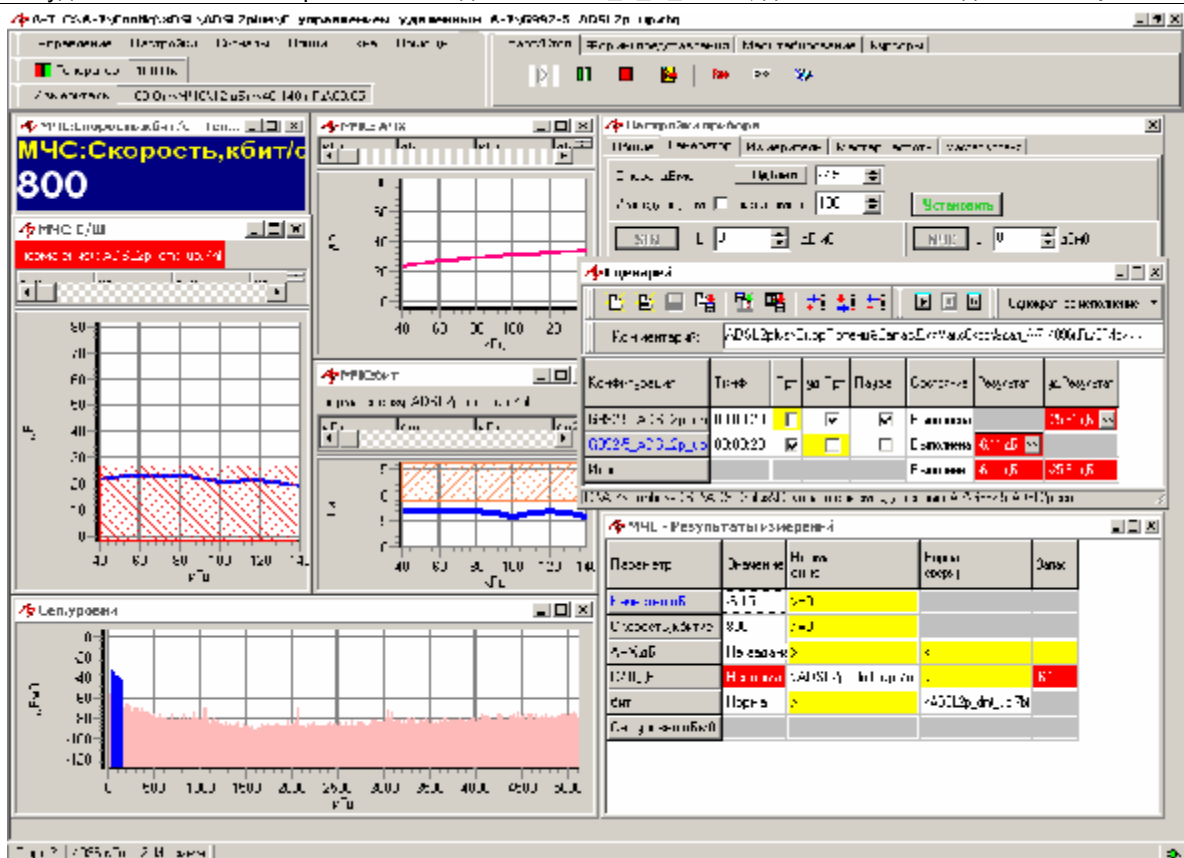
²⁹ Минимальная защищенность нисходящего потока определяется для максимальной скорости 24000 кбит/с: $24000/2182 = \log_2(S/N+1)$, где $2182 = 2208 - 26$ кГц; $S/N = 2^{(26000/2182)} - 1 = 3874$; $SNR_{min} = 10 * \lg(3874) = 35.9$ дБ. Корректность загрузки пары сигналом МЧС с равномерным спектром в полосе передачи обеспечивается соответствующим заданием маски защищенности, ход которой в области 1104...2208 кГц в точности (но с обратным знаком) воспроизводит протекание характеристики спектральной плотности.

³⁰ Удельная скорость G.992.5-восходящего потока не превышает 9 бит/Гц.

³¹ Минимальная защищенность для восходящего потока определяется для максимальной скорости 1000 кбит/с исходя из соотношения $1000/112 = \log_2(S/N+1)$, где $112 = 138 - 26$ кГц – полоса; $S/N = 2^{(1000/112)} - 1 = 486.8$; $SNR_{min} = 10 * \lg(486.8) = 26.9$ дБ.

Сценарий **G992-5_ADSL2p** – скоростной потенциал и запас помехозащищенности.

На удаленном анализаторе: способ подключения **2_Г_И_симм**, диапазон частот до **4096 кГц**



Данные измерений представлены в протоколе:

02.09.04 18:13:40 G992-5_ADSL2p_dn (уд.А7) Результаты от удаленного: МЧС

Параметр	Значение	Норма снизу	Норма сверху	Запас
Качество, дБ	-25.81			
Скорость, кбит/с	1460			
С/Ш, дБ	Ненорма	>ADSL2p_dmt_dn.7nf		-25.81

02.09.04 18:13:57 G992-5_ADSL2p_up Результаты измерения: МЧС

Параметр	Значение	Норма снизу	Норма сверху	Запас
Качество, дБ	-6.11			
Скорость, кбит/с	820			
Сигн/шум, дБ	Ненорма	>ADSL2p_dmt_up.7nf		-6.11

Результат измерений: скоростной потенциал G.992.5-линии составляет:

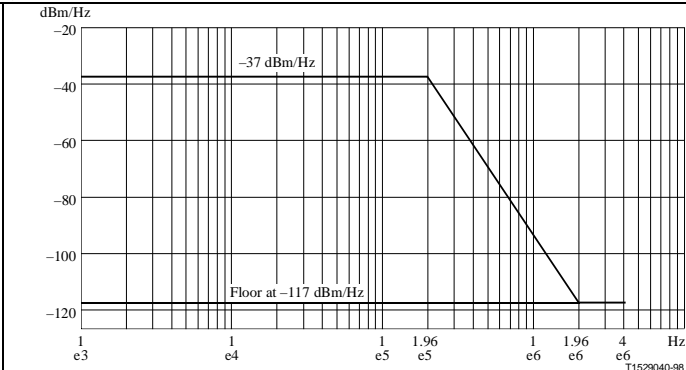
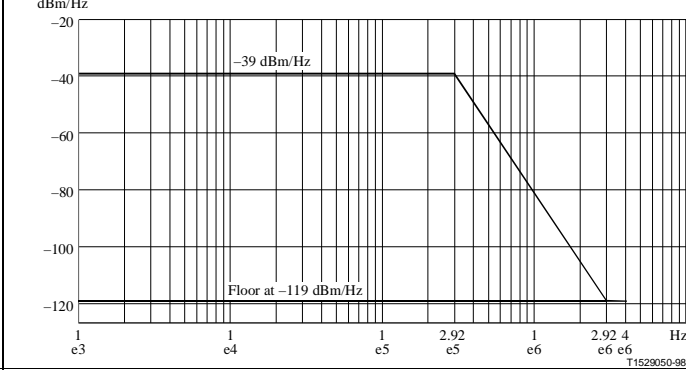
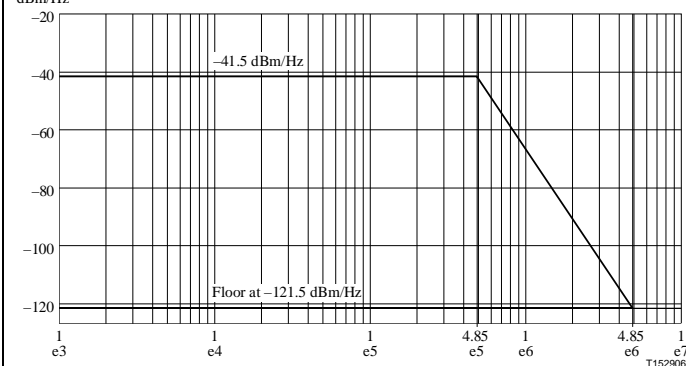
- нисходящий поток - 1460 кбит/с;
- восходящий поток - 820 кбит/с.

2.4 Контроль линии при установке HDSL-оборудования по G.991.1

2.4.1 Рекомендация G.991.1 как источник данных для нормирования

Цифровая линия по технологии G.991.1 (HDSL) [6] обеспечивает передачу двунаправленных симметричных цифровых потоков с применением одной, двух или трех пар и выполнением эхокомпенсации (echo cancellation) по каждой используемой паре. Предлагаемая ниже методика определения работоспособности цифровой линии с применением HDSL-оборудования предполагает, что:

- устанавливаемое HDSL-оборудование будет использовать режим амплитудно-импульсной модуляции (PAM) с объединением «2 бита в 1 квадробит» (2B1Q – 2 Binary 1 Quaternary), то есть кратность модуляции $K=2$;
- при установке HDSL-оборудования используется одна пара;
- уровень выходного сигнала HDSL-оборудования равен $L_{hdsl} = +13.5$ дБм; (см. G.991.1 5.8.4.4 Total power);
- входной импеданс HDSL-оборудования равен 135 Ом (см. G.991.1 5.8.2 Transmitter/receiver impedance and return loss);
- технология HDSL-2B1Q позволяет реализовать цифровую линию со следующими параметрами скорости и диапазона частот при использовании одной пары:

Возможная скорость передачи R, бит/с	Символьная скорость передачи V=R/K, бит/с	Эффективная полоса частот формируемого сигнала F3dB, кГц (см. G.991.1 5.8.4.3 Power spectral density)
784	392	196 
1168	584	292 
2320	1160	485 

2.4.2 Запас неидеальности и помехозащищенность HDSL-приемника

Задача определения работоспособности HDSL-линии рассматривается как задача определения запаса помехозащищенности заявленной линии на одной из возможных скоростей.

Работоспособность HDSL-оборудования на заявленной линии определяется наихудшим значением частотной характеристики защищенности в эффективной полосе **0...F3dB**. Измерение частотной характеристики защищенности посредством многочастотного сигнала (МЧС) с полосой, соответствующей ширине полосы сигнала HDSL-оборудования на заданной скорости.

В качестве предельной защищенности выбирается значение по Шеннону, соответствующее идеальному устройству передачи данных, осуществляющему модуляцию с кратностью **K = 2**:

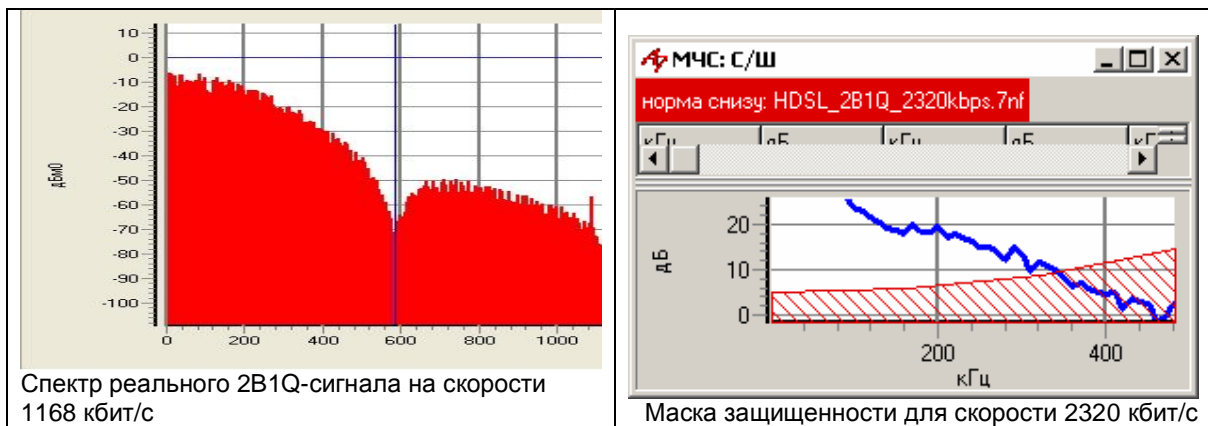
$$K = \log_2(C/\text{Ш} + 1), \quad C/\text{Ш} = 2^K - 1 = 2^2 - 1 = 3,$$

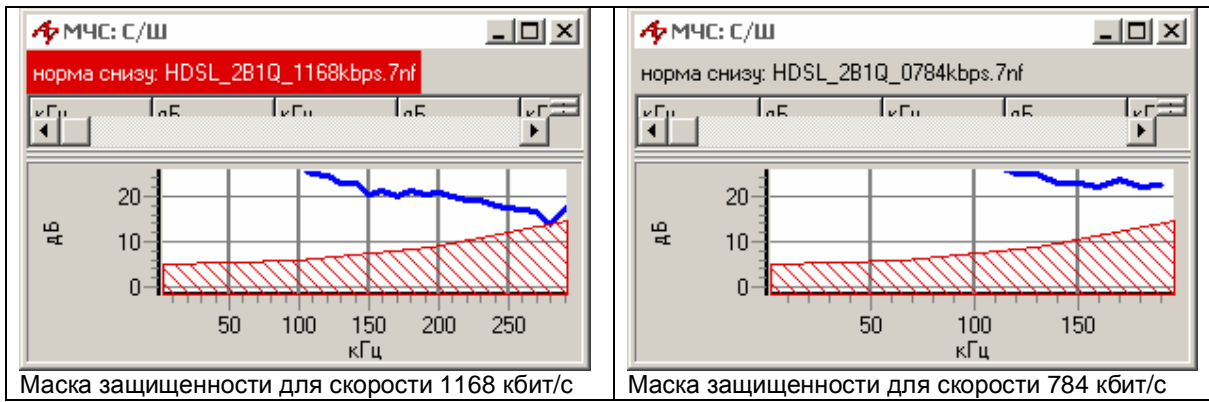
$$C/\text{Ш}, \text{дБ} = 10 \cdot \lg(C/\text{Ш}) = 10 \cdot \lg(3) = 4.8 \text{ дБ} - \text{минимально допустимая защищенность по Шеннону.}$$

В работе [7] приведены результаты практического исследования помехозащищенности оборудования цифровых линий. В таблице 2 [7] помехозащищенность системы, в которой применяется модуляция вида 2B1Q, определена равной **26 дБ**. Полагая, что эта величина равна сумме запаса неидеальности приемника и минимально допустимой защищенности по Шеннону, запас неидеальности HDSL-приемника составит **DSNRrx=26-4.8=21.2 дБ**. И тогда для проверки гипотезы о допустимости HDSL-цифровизации заявленной линии на заданной скорости **R** следует:

- использовать в качестве сигнала, моделирующего загрузку линии, сигнал **МЧС**;
- задавать диапазон частот МЧС соответствующим эффективной полосе частот HDSL-сигнала **0...F3dB**, определяемым необходимой скоростью (см. таблицу в п.2.4.1);
- при установке уровня МЧС учитывать номинальный выходной уровень HDSL-оборудования **Lhdsi=13.5 дБм** и запас неидеальности HDSL-приемника **DSNRrx=21.2 дБ**, то есть задавать уровень МЧС равным **Lmcs=Lhdsi-DSNRrx=13.5-21.2=-7.7 дБм**;
- нормировать измеренную частотную характеристику защищенности значением **C/Ш, дБ = 4.8 дБ**, соответствующим кратности модуляции **K = 2** (2 бита на символ);
- считать, что HDSL-цифровизация заявленной пары на заданной скорости возможна, если частотная характеристика защищенности превышает норматив;
- считать запасом помехозащищенности HDSL-оборудования на заданной скорости минимальное в диапазоне частот значение запаса соответствия защищенности норме.

Неравномерность реального спектра выходного сигнала G.991.1-передатчика в эффективной полосе **0...F3dB** составляет 10 дБ, что учитывается соответствующим заданием масок защищенности – в начале частотного диапазона (максимум спектра) норма защищенности соответствует расчетному значению, дальнейший ход маски соответствует протеканию спектра 2B1Q-сигнала с обратным знаком.





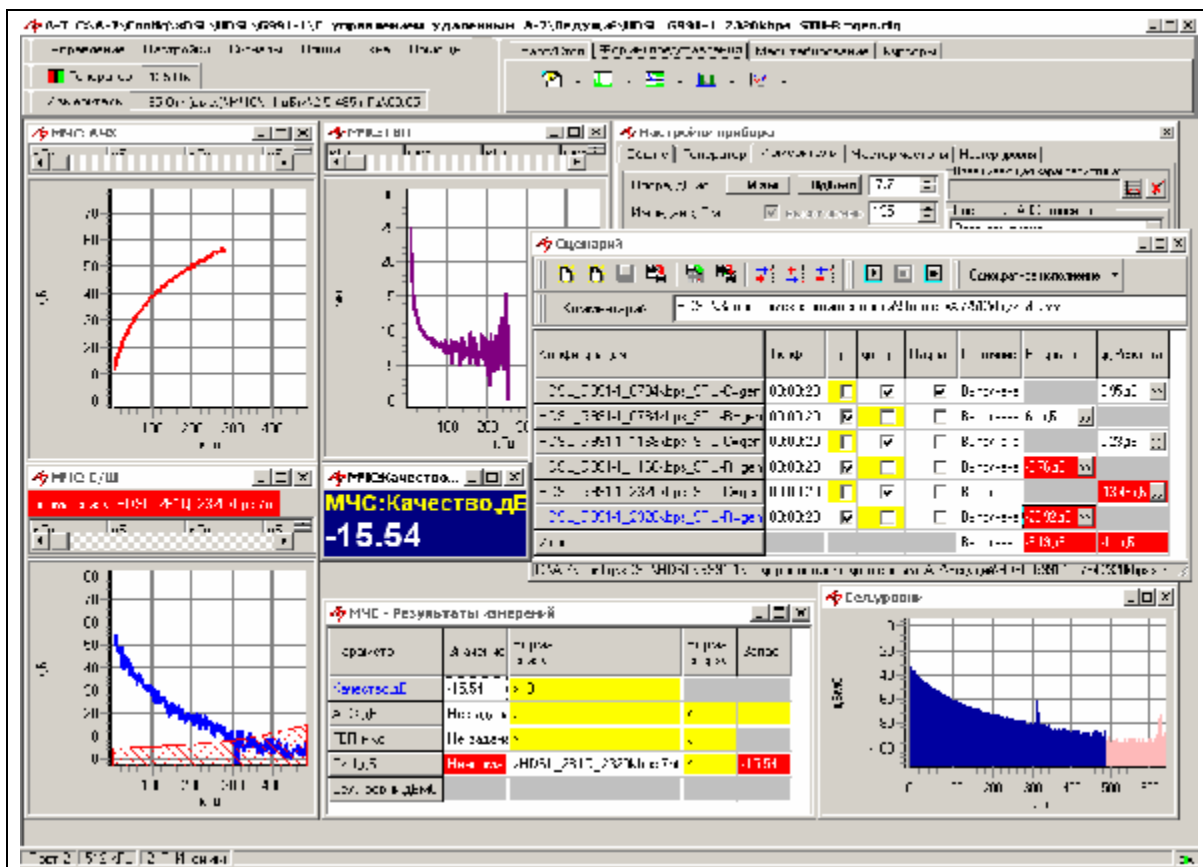
2.4.3 Техника измерений

Упомянутые ниже конфигурации, объединенные в сценарий, обеспечивают проведение измерений заявленной линии в обоих направлениях передачи в автоматическом режиме.

Обеспечение работоспособности HDSL-оборудования (ITU-T G.991.1) на заявленной линии				
HDSL	Параметры анализатора: Уровень МЧС = -7.7 дБм; Миним.помехозащищенность = 4.8дБ			
Скорость и эфф. полоса частот, R, кбит/с\ F3dB, кГц	Диапазон рабочих частот, кГц	Полоса МЧС: начало, кГц\ гармоник\ шаг, кГц\ конец, кГц	Конфигурации (.cfg) для измерения защищенности в двух направлениях передачи: ...STU-R=gen – измерение в направлении восходящего потока, ...STU-C=gen – измерение в направлении нисходящего потока. Где STU-C - сторона оператора связи, STU-R – удаленная.	Наименование сценария (.scn)
784 196	512	2.5\78\2.5\195	HDSL_G991-1_0784kbps_STU-C=gen HDSL_G991-1_0784kbps_STU-R=gen	HDSL_G991-1_0784-2320kbps
1168 292		2.5\117\2.5\292.5	HDSL_G991-1_1168kbps_STU-C=gen HDSL_G991-1_1168kbps_STU-R=gen	
2320 485		2.5\194\2.5\485	HDSL_G991-1_2320kbps_STU-C=gen HDSL_G991-1_2320kbps_STU-R=gen	

Измерительные конфигурации могут быть выполнены или путем их индивидуальной загрузки, или их поочередной автоматической загрузкой при исполнении сценария.

Сценарий **HDSL_G991-1_0784-2320kbps** – пример выяснения реализуемости HDSL-линии и определения запаса помехозащищенности на скоростях 784, 1168 и 2320 кбит/с.
Настройка удаленного перед запуском сценария: диапазон до **512 кГц** и подключение **2_Г_И_симм**



В графах «Результат» и «уд.Результат» формы «Сценарий» представлены запасы помехозащищенности по характеристике «С/Ш,дБ», полученные:

- измерительным приемником на удаленной стороне (передача в нисходящем направлении STU-C ==> STU-R – конфигурации «...STU-C=gen») и
- приемником на стороне центрального офиса (передача в восходящем направлении STU-C <== STU-R – конфигурации «...STU-R=gen»).

Запас помехозащищенности уменьшается с повышением скорости, составляя для максимальной скорости (2320 кбит/с) значения, исключающие применение HDSL на измеренной линии:

- в направлении STU-C ==> STU-R: **-13.48 дБ** и
- в направлении STU-C <== STU-R: **-26.92 дБ**.

На скорости 784 кбит/с запас составляет не менее **6,1 дБ**, что гарантирует работу HDSL-линии.

2.5 Контроль линии при установке SHDSL-оборудования по G.991.2

2.5.1 Рекомендация G.991.2 как источник данных для нормирования

Цифровая линия по технологии G.991.2 (SHDSL) [8] обеспечивает передачу двунаправленных цифровых потоков с применением одной пары и выполнением эхокомпенсации. Для переноса цифрового потока в SHDSL-оборудовании применяется амплитудно-импульсная модуляция (PAM) с Треллис-кодированием (TC), при которой к каждому последующим 3-м битам передаваемого цифрового потока (**K=3**) добавляется повышающий достоверность приема 4-й избыточный бит. Количество состояний передаваемого символа, таким образом, составляет $2^4=16$, а способ модуляции называют 16-TCPAM.

Образованный при таком объединении символ (3 информационных+1 избыточный) передается за один такт. Скорость передачи символов (Symbol Rate, **Fsym**, ksymbol/s) связана со скоростью потока (Payload Data Rate, **R**, kbit/s) соотношением **Fsym=R/K**, где **K=3** (Bits per Symbol).

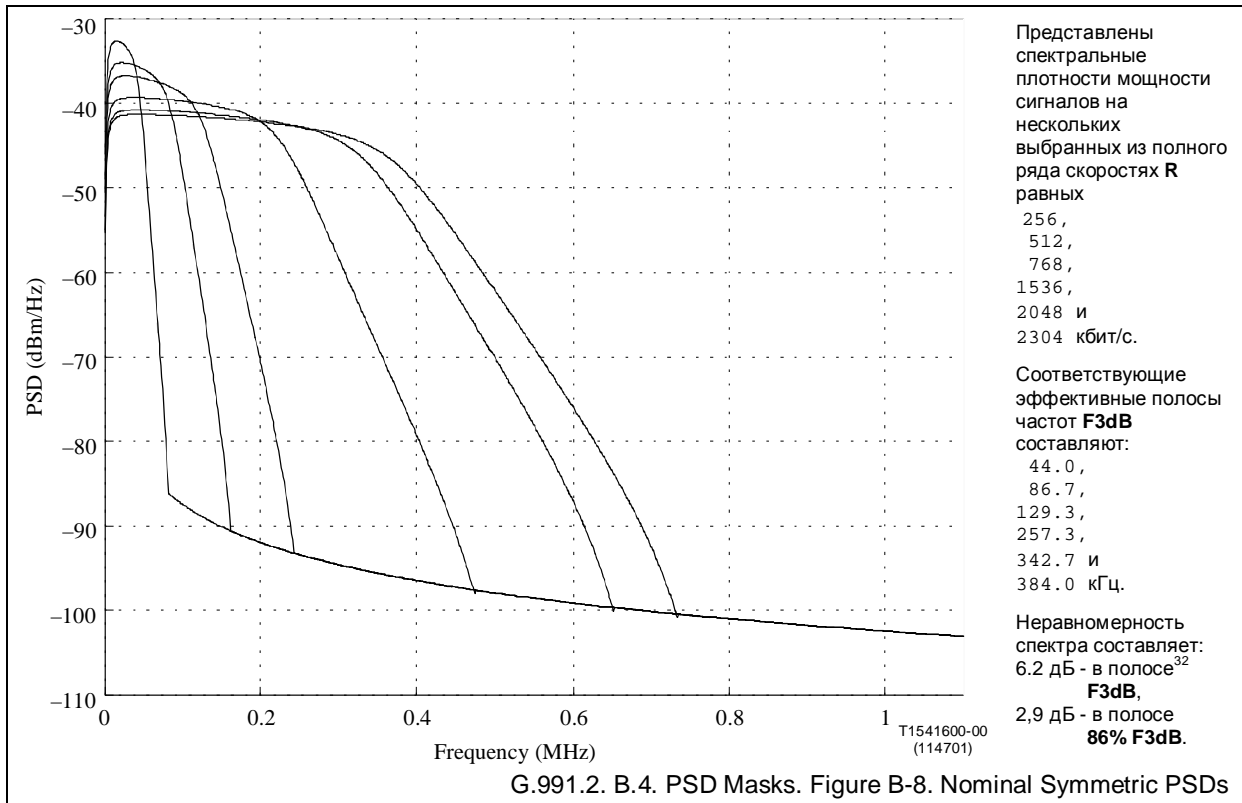
Технология SHDSL позволяет реализовать цифровую линию в диапазоне значений скорости **R={192...2312}** кбит/с. Скорость может выбираться с шагом 8 кбит/с в зависимости от частотной характеристики затухания (определяется в основном длиной линии, типом кабеля и сечением жил) и спектральной плотности помех на окончаниях линии (зависит многих факторов; основной вклад вносят переходные помехи от ранее подключенного к кабелю оборудования).

G.991.2. B.4. PSD Masks. Table B-11. Framed Data Mode Rates

Payload Data Rate, R, kbit/s	Modulation	Symbol Rate, Fsym, ksymbol/s	K, Bits per Symbol
$R = n \cdot 64 + i \cdot 8$ $3 \leq n < 36: 0 \leq i \leq 7$ $n=36, i=0 \text{ or } 1$	16-TCPAM	$F_{sym} = (R+8)/3$	3

Рекомендация G.991.2 лимитирует параметры выходного сигнала SHDSL-устройства (см. G.991.2. B.4. PSD Masks. Table B-12 Symmetric PSD parameters) по уровню и спектру:

- уровень выходного сигнала равен **Lshdsl = +13.5 дБм**,
- распределение спектральной плотности мощности сигнала исключает передачу в линию «боковых лепестков», определяемых неинформативными продуктами модуляции;
- в результате ограничения спектра в линию передается только сигнал в основной полосе частот, эффективная ширина которой определяется как **F3dB=R/K/2**.



³² Используемое в G.991.2 обозначение эффективной полосы **F3dB**, как полосы по уровню 3 дБ, противоречит фактической неравномерности приведенного в той же рекомендации спектра.

2.5.2 Запас неидеальности и помехозащищенность SHDSL-приемника

Задача определения работоспособности цифровой SHDSL-линии ставится как задача определения запаса помехозащищенности заявленной пары на одной из скоростей, выбранных из полного ряда ($R = n \cdot 64 + i \cdot 8$) возможных значений.

Работоспособность SHDSL-оборудования на заявленной паре определяется наихудшим значением частотной характеристики защищенности в эффективной полосе частот $0 \dots F_{3dB} = R/6$. Для измерения частотной характеристики защищенности следует использовать многочастотный сигнал (МЧС), полоса частот которого соответствует ширине полосы сигнала SHDSL-оборудования на заданной скорости.

В качестве предельного значения защищенности следует выбрать значение по Шеннону, соответствующее идеальному устройству передачи данных, осуществляющему модуляцию с кратностью $K=3$:

$$K = \log_2(C/\text{Ш} + 1),$$

$$C/\text{Ш} = 2^{K-1} = 2^3 - 1 = 7,$$

$$C/\text{Ш}, \text{дБ} = 10 \times \lg(C/\text{Ш}) = 10 \times \lg(7) = 8.5 \text{ дБ} \quad \text{– минимально допустимая теоретическая помехозащищенность по Шеннону.}$$

При практическом исследовании SHDSL-приемника, обрабатывающего сигнал с модуляцией вида 16-ТСПАМ (см. таблицу 2 [7]), помехозащищенность определена равной **29 дБ**. Считая эту величину равной сумме запаса неидеальности приемника и минимально допустимой помехозащищенности по Шеннону, запас неидеальности SHDSL-приемника составит $DSNR_{rx} = 29 - 8.5 = 20.5 \text{ дБ}$.

Итак, при проверке гипотезы о допустимости SHDSL-цифровизации заявленной линии связи на заданной скорости R следует:

- использовать в качестве сигнала, моделирующего загрузку линии, сигнал **МЧС**, ширина полосы частот которого легко регулируется;
- задавать диапазон частот МЧС соответствующим эффективной полосе частот SHDSL-сигнала $0 \dots R/6$, определяемым необходимым скоростью R ;
- при установке уровня МЧС учитывать номинальный выходной уровень SHDSL-оборудования $L_{shdsl} = 13.5 \text{ дБм}$ и запас неидеальности SHDSL-приемника $DSNR_{rx} = 20.5 \text{ дБ}$, то есть задавать уровень МЧС равным $L_{mcs} = L_{shdsl} - DSNR_{rx} = 13.5 - 20.5 = -7.0 \text{ дБм}$;
- нормировать измеренную частотную характеристику защищенности значением $C/\text{Ш}, \text{дБ} = 8.5 \text{ дБ}$, соответствующим кратности модуляции 3 бита на символ;
- учитывать неравномерность спектра выходного SHDSL-сигнала заданием частотной характеристики маски защищенности, начинающейся с расчетного значения минимально допустимой защищенности и ход которой при увеличении частоты с обратным знаком соответствует протеканию спектра SHDSL-сигнала;
- считать, что SHDSL-цифровизация заявленной линии на заданной скорости возможна, если частотная характеристика защищенности удовлетворяет норме в каждой частотной точке диапазона $0 \dots R/6$;
- рассматривать минимальное в диапазоне частот $0 \dots R/6$ значение запаса соответствия частотной характеристики защищенности норме как запас помехозащищенности SHDSL-оборудования на заданной скорости.

2.5.3 Техника измерений

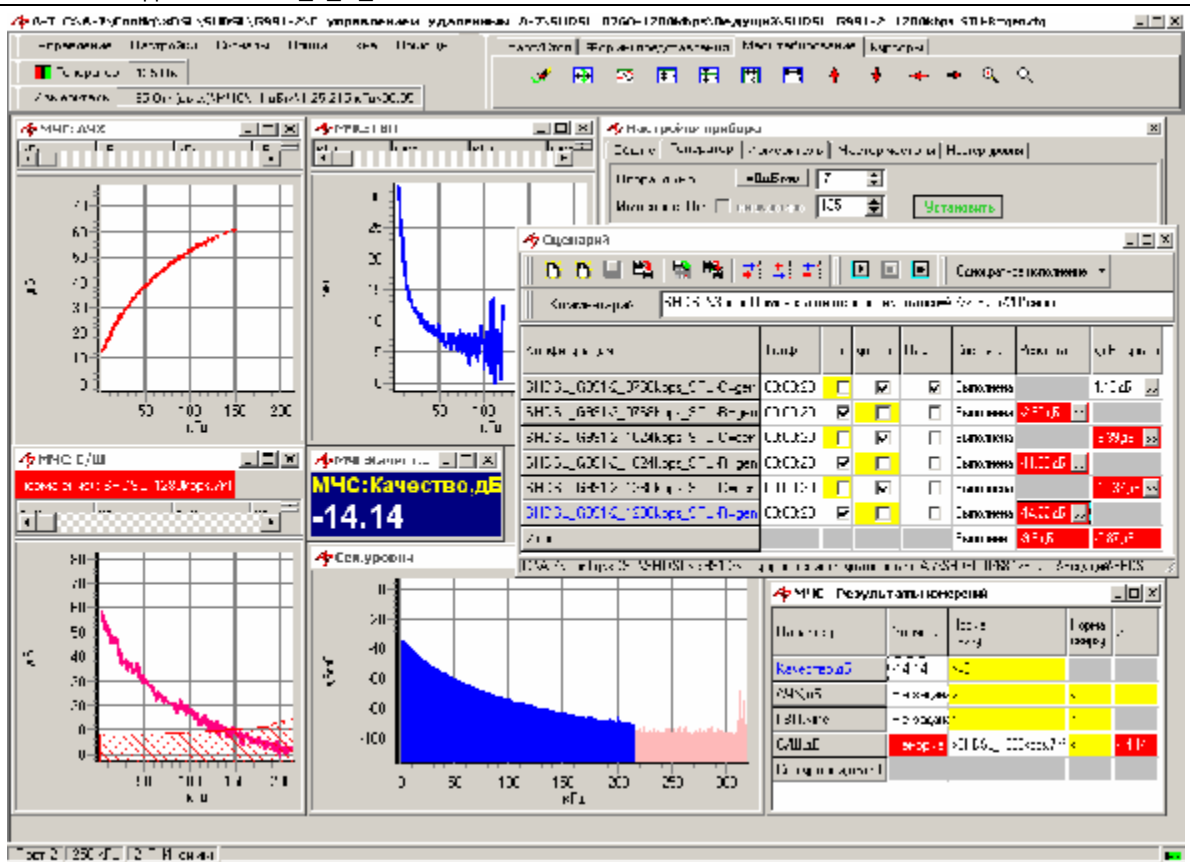
Упомянутые ниже конфигурации, объединенные в трех сценариях, обеспечивают проведение измерений заявленной линии в обоих направлениях передачи в автоматическом режиме.

Обеспечение работоспособности SHDSL-оборудования (ITU-T G.991.2) на заявленной линии связи в диапазоне скоростей передачи				
SHDSL	Параметры анализатора: - уровень МЧС=-7.0 дБм, - минимальная помехозащищенность=8.5дБ			
Ско- рость и эфф. полоса частот, R,кбит/с\ F3dB,кГц	Диа- пазон рабочих частот, кГц	Полоса МЧС: начало,кГц\ гармоник\ шаг,кГц\ конец,кГц	Конфигурации (.cfg) для измерения защищенности в двух направлениях: ...STU-R=met – нисходящий поток, ...STU-C=met – восходящий поток. Где STU-C - сторона оператора, STU-R - удаленная	Наименование сценария (.scn)
192\ 33.3	128	0.625\52\0.625\32.5	SHDSL_G991-2_0192kbps_STU-R=met SHDSL_G991-2_0192kbps_STU-C=met	SHDSL_G991-2_ 0192-0512kbps
256\ 44.0		0.625\71\0.625\44.375	SHDSL_G991-2_0256kbps_STU-R=met SHDSL_G991-2_0256kbps_STU-C=met	
384\ 65.3		0.625\105\0.625\65.625	SHDSL_G991-2_0384kbps_STU-R=met SHDSL_G991-2_0384kbps_STU-C=met	
512\ 86.7		0.625\139\0.625\86.875	SHDSL_G991-2_0512kbps_STU-R=met SHDSL_G991-2_0512kbps_STU-C=met	
768\ 129.3	256	1.25\104\1.25\130	SHDSL_G991-2_0768kbps_STU-R=met SHDSL_G991-2_0768kbps_STU-C=met	SHDSL_G991-2_ 0768-1280kbps
1024\ 172.0		1.25\138\1.25\172.5	SHDSL_G991-2_1024kbps_STU-R=met SHDSL_G991-2_1024kbps_STU-C=met	
1280\ 214.7		1.25\172\1.25\215	SHDSL_G991-2_1280kbps_STU-R=met SHDSL_G991-2_1280kbps_STU-C=met	
1536\ 257.3	512	2.5\103\2.5\257.5	SHDSL_G991-2_1536kbps_STU-R=met SHDSL_G991-2_1536kbps_STU-C=met	SHDSL_G991-2_ 1536-2312kbps
2048\ 342.7		2.5\138\2.5\345	SHDSL_G991-2_2048kbps_STU-R=met SHDSL_G991-2_2048kbps_STU-C=met	
2312\ 386.7		2.5\155\2.5\387.5	SHDSL_G991-2_2312kbps_STU-R=met SHDSL_G991-2_2312kbps_STU-C=met	

Измерительные конфигурации могут быть выполнены или путем их индивидуальной загрузки, или путем их поочередной автоматической загрузки при исполнении соответствующего сценария.

Сценарий **SHDSL_G991-2_1536-2312kbps** – пример выяснения реализуемости SHDSL-линии путем определения запаса помехозащищенности на скоростях 1536, 2048 и 2312 кбит/с.

Перед запуском сценария на удаленном анализаторе устанавливается диапазон частот до **512 кГц** и способ подключения **2_Г_И_симм**



В графах «Результат» и «уд.Результат» формы «Сценарий» представлены запасы помехозащищенности по характеристике «С/Ш,дБ», полученные:

- измерительным приемником на удаленной стороне (передача в нисходящем направлении STU-C ==> STU-R – конфигурации «...STU-C=gen») и
- приемником на стороне центрального офиса (передача в восходящем направлении STU-C <== STU-R – конфигурации «...STU-R=gen»).

Запас помехозащищенности уменьшается с повышением скорости:

- на скорости 768 кбит/с запас близок к нулю, что позволяет предполагать (но не гарантирует) возможность работы SHDSL-оборудования на измеренной линии с указанной скоростью:
 - o для направления STU-C ==> STU-R: **1.16 дБ** и
 - o для направления STU-C <== STU-R: **-2.95 дБ**.
- на скорости 1280 кбит/с запас отрицательный, что не позволяет обеспечить на измеренной линии работоспособность SHDSL-оборудования:
 - o для направления STU-C ==> STU-R: **-10.37 дБ** и
 - o для направления STU-C <== STU-R: **-14.22 дБ**.

2.6 Возможные проблемы при выполнении измерений

2.6.1 Возможные проблемы и рекомендации по их устранению

При проведении измерительных работ по определению скоростного потенциала и запаса помехозащищенности подвергаемых цифровому уплотнению линий связи могут возникнуть проблемы описанные в настоящем разделе.

Возможные проблемы	Рекомендации
<p>Перегрузка измерителя генераторного анализатора. В режимах, когда анализатор используется как генератор измерительного сигнала, формируется сообщение о перегрузке измерителя</p>	<p>Перегрузка измерителя анализатора, используемого в генераторном режиме не имеет значения. То есть на это сообщение не следует обращать внимание</p>
<p>Проблема невозможности управления удаленным анализатором. В процессе выполнения конфигурации ведущий анализатор предпринимает попытки управления удаленным (ведомым) анализатором, каковые не заканчиваются успехом</p>	<p>Удаленный (управляемый) анализатор не подключен к измеряемой паре (объекту измерений) или не выбран необходимый способ подключения. Подключить пару (объект) к анализатору (обычно RTx) и установить на удаленном анализаторе необходимый способ подключения (обычно 2 Г И симм)</p>
	<p>Установленный на удаленном (управляемом) анализаторе диапазон рабочих частот не соответствует диапазону частот ведущего анализатора. Установить на удаленном анализаторе диапазон рабочих частот таким же как на ведущем анализаторе</p>
	<p>Для передачи управляющих команд используется измеряемая линия, низкое качество которой может затруднять взаимодействие анализаторов. В этом случае следует производить измерения в ручном режиме</p>
<p>Перегрузка измерительного входа измерительным сигналом. При выполнении измерений формируется сообщение о перегрузке измерителя измерительным сигналом</p>	<p>Если затухание измеряемой линии менее 5 дБ³³, следует или внести дополнительное затухание³⁴, или понизить уровень сигнала управляющих команд: - загрузить нужную конфигурацию, - снизить уровень управляющих команд на 5 дБ и - сохранить конфигурацию</p>
	<p>Если затухание меньше 5 дБ, то может возникнуть сообщение о перегрузке измерителя. Для избежания этого следует: - загрузить нужную конфигурацию, - увеличить уровень максимально измеряемого сигнала и - сохранить конфигурацию</p>

2.6.2 Техника измерений при использовании двух анализаторов в ручном режиме

В случаях, когда **управление удаленным анализатором невозможно**, оценка скоростного потенциала и запаса помехозащищенности линии производится в ручном режиме и выполняется следующим образом:

- к тестируемой линии подключаются два анализатора,

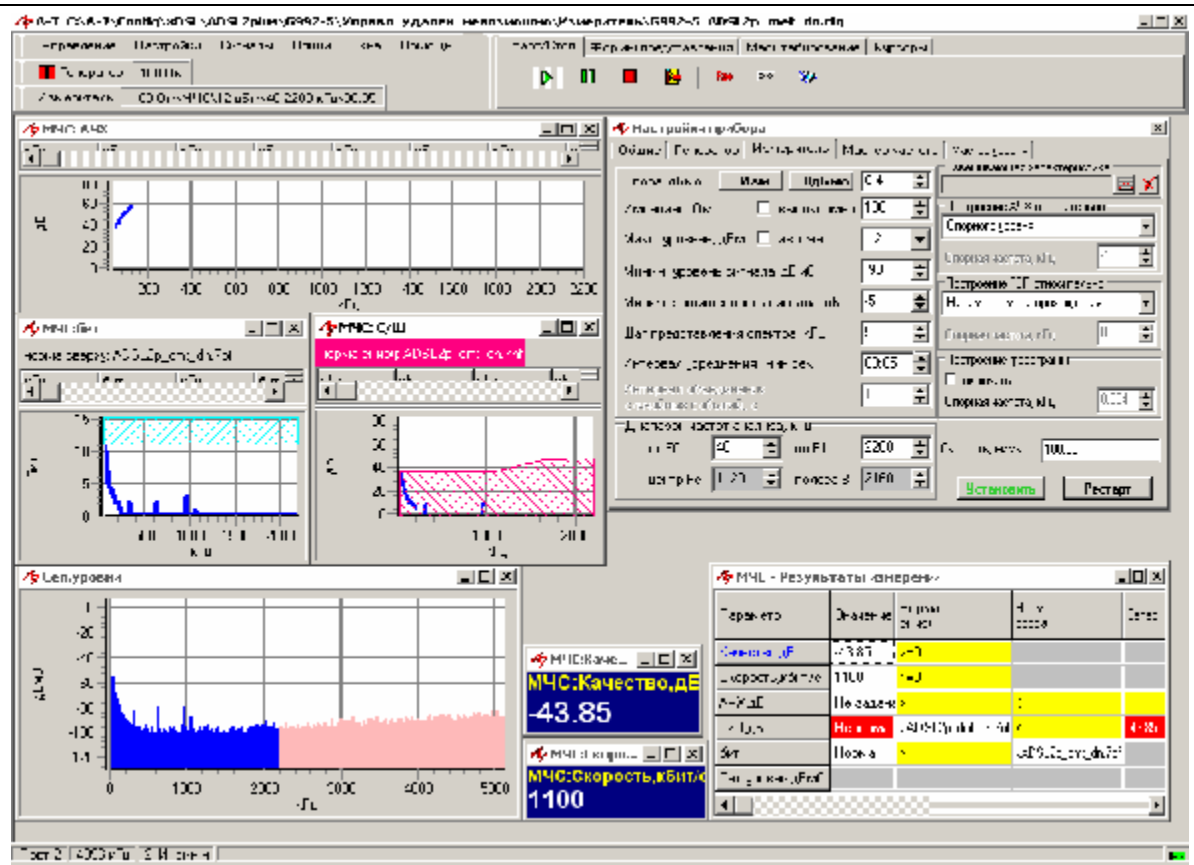
³³ Может наблюдаться на коротких линиях, например при подключении анализаторов друг к другу коротким кабелем в целях проведения начального ознакомления с возможностями анализатора.

³⁴ Внесение затухания целесообразно при выполнении учебных работ. Простейшим способом (в случае отсутствия магазина затуханий) является шунтирование входа анализатора резистором с сопротивлением 50...100 Ом.

- на удаленной стороне включается МЧС-генератор, параметры которого по полосе частот и уровню выбираются соответствующими оборудованию цифровую линию³⁵ и
- анализатором на ближней стороне (генератор заблокирован) выполняются измерения частотных характеристик, скоростного потенциала и (или) запаса помехозащищенности.

Пример проверки условий передачи в направлении от генерирующего МЧС анализатора к измерительному (оценка скоростного потенциала ADSL2plus-линии) **в ручном режиме**:

- на удаленной стороне:
 - o подключить линию к разъему RTx анализатора,
 - o загрузить генераторную конфигурацию **G992-5_ADSL2p_gen.cfg**,
- на ближней стороне:
 - o подключить линию к разъему RTx анализатора,
 - o оценить параметры скоростного (широкополосного) потока:
 - загрузить измерительную³⁶ конфигурацию **G992-5_ADSL2p_met_dn.cfg**,
 - наблюдать измерительный процесс (см. рисунок ниже), зафиксировать в протоколе значение скорости и запаса помехозащищенности;
 - o оценить параметры нескоростного (восходящего) потока:
 - загрузить измерительную³⁷ конфигурацию **G992-5_ADSL2p_met_up.cfg**,
 - наблюдать процесс, протоколировать скорость и запас помехозащищенности.



Скоростной потенциал измеренной линии, уплотняемой по ADSL2plus (G.992.5), составляет лишь **1100 кбит/с** при потенциале ADSL2plus-оборудования равном 24000 кбит/с. Причиной столь низкой скорости является чрезмерное затухание (см. АЧХ) линии.

³⁵ Ряд генераторных (**gen**) конфигураций: G992-1_ADSL_gen.cfg, G992-2_ADSL_gen.cfg, G992-3_ADSL2_gen.cfg, G992-4_ADSL2_gen.cfg, G992-5_ADSL2p_gen.cfg

³⁶ Ряд измерительных (**met_dn**) конфигураций: G992-1_ADSL_met_dn.cfg, G992-2_ADSL_met_dn.cfg, G992-3_ADSL2_met_dn.cfg, G992-4_ADSL2_met_dn.cfg, G992-5_ADSL2p_met_dn.cfg

³⁷ Ряд измерительных (**met_up**) конфигураций: G992-1_ADSL_met_up.cfg, G992-2_ADSL_met_up.cfg, G992-3_ADSL2_met_up.cfg, G992-4_ADSL2_met_up.cfg, G992-5_ADSL2p_met_up.cfg

3. Литература

- [1] ITU-T G.992.1 «Asymmetric digital subscriber line (ADSL) transceivers» 06/1999 (Рекомендация МСЭ-Т G.992.1 «Асимметричная цифровая абонентская линия (ADSL). Приемопередатчик»)
- [2] ITU-T G.992.2 «Splitterless asymmetric digital subscriber line (ADSL) transceivers» 06/1999 (Рекомендация МСЭ-Т G.992.2 «Асимметричная цифровая абонентская линия без разделителей (ADSL). Приемопередатчик»)
- [3] ITU-T G.992.3. Asymmetric digital subscriber line transceivers 2 (ADSL2). 07/2002 (Рекомендация МСЭ-Т G.992.3 «Асимметричная цифровая абонентская линия. Приемопередатчик-2 (ADSL2)»)
- [4] ITU-T G.992.4. Splitterless asymmetric digital subscriber line transceivers 2 (splitterless ADSL2). 07/2002 (Рекомендация МСЭ-Т G.992.4 «Асимметричная цифровая абонентская линия без разделителей. Приемопередатчик-2 (ADSL2)»)
- [5] ITU-T G.992.5. Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) transceivers – Extended bandwidth ADSL2 (ADSL2+). 05/2003 (Рекомендация МСЭ-Т G.992.5 «Асимметричная цифровая абонентская линия. Приемопередатчик с расширенной полосой частот (ADSL2+)»)
- [6] ITU-T G.991.1 «High bit rate Digital Subscriber Line (HDSL) transceivers» 10/1998 (Рекомендация МСЭ-Т G.991.1 «Скоростная цифровая абонентская линия (HDSL). Приемопередатчик»)
- [7] Ю.А.Парфенов, Л.И.Кайзер, О.Н.Чернова, М.А.Кузнецов «Отбор цепей в кабельных линиях для xDSL». Вестник связи 08/2003
- [8] ITU-T G.991.2 «Single-pair high-speed digital subscriber line (SHDSL) transceivers» 02/2001 (Рекомендация МСЭ-Т G.991.2 «Скоростная однопарная цифровая абонентская линия (SHDSL). Приемопередатчик»)