



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

G.957

(03/2006)

СЕРИЯ G: СИСТЕМЫ И СРЕДА ПЕРЕДАЧИ,
ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

Цифровые участки и система цифровых линий –
Цифровые линейные системы

**Оптические интерфейсы для оборудования
и систем, относящихся к синхронной
цифровой иерархии**

Рекомендация МСЭ-Т G.957

РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ G
СИСТЕМЫ И СРЕДА ПЕРЕДАЧИ, ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ЦЕПИ	G.100–G.199
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОБЩИЕ ДЛЯ ВСЕХ АНАЛОГОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ	G.200–G.299
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ ВЧ-СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ ПО МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ	G.300–G.399
ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ИЛИ СПУТНИКОВЫХ ЛИНИЙ И ИХ СОЕДИНЕНИЕ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПРОВОДНЫМИ ЛИНИЯМИ	G.400–G.449
КООРДИНАЦИЯ РАДИОТЕЛЕФОНИИ И ПРОВОДНОЙ ТЕЛЕФОНИИ	G.450–G.499
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ	G.600–G.699
ЦИФРОВОЕ ОКОНЕЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	G.700–G.799
ЦИФРОВЫЕ СЕТИ	G.800–G.899
ЦИФРОВЫЕ УЧАСТКИ И СИСТЕМА ЦИФРОВЫХ ЛИНИЙ	G.900–G.999
Общие положения	G.900–G.909
Параметры волоконно-оптических кабельных систем	G.910–G.919
Цифровые участки с иерархической скоростью передачи, основанной на скорости передачи 2048 кбит/с	G.920–G.929
Цифровые линейные системы передачи по кабелю с неиерархической скоростью передачи	G.930–G.939
Цифровые линейные системы, обеспечиваемые службами передачи данных с ЧРК	G.940–G.949
Цифровые линейные системы	G.950–G.959
Цифровые участки и цифровые системы передачи для абонентского доступа к ЦСИС	G.960–G.969
Волоконно-оптические подводные кабельные системы	G.970–G.979
Оптические линейные системы для местных сетей и сетей доступа	G.980–G.989
Сети доступа	G.990–G.999
КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ – ОБЩИЕ И СВЯЗАННЫЕ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ АСПЕКТЫ	G.1000–G.1999
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ	G.6000–G.6999
ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ – ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	G.7000–G.7999
ETHERNET И АСПЕКТЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ СООБЩЕНИЙ	G.8000–G.8999
СЕТИ ДОСТУПА	G.9000–G.9999

Для получения более подробной информации просьба обращаться к перечню Рекомендаций МСЭ-Т.

Рекомендация МСЭ-Т G.957

Оптические интерфейсы для оборудования и систем, относящихся к синхронной цифровой иерархии

Резюме

В настоящей Рекомендации определяются параметры оптических интерфейсов для оборудования и систем, основанных на синхронной цифровой иерархии, с целью обеспечения поперечной совместимости.

Источник

Рекомендация МСЭ-Т G.957 утверждена 29 марта 2006 года 15-й Исследовательской комиссией МСЭ-Т (2005–2008 гг.) в соответствии с процедурой, изложенной в Рекомендации МСЭ-Т А.8.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Международный союз электросвязи (МСЭ) является специализированным учреждением Организации Объединенных Наций в области электросвязи. Сектор стандартизации электросвязи МСЭ (МСЭ-Т) – постоянный орган МСЭ. МСЭ-Т отвечает за изучение технических, эксплуатационных и тарифных вопросов и за выпуск Рекомендаций по ним с целью стандартизации электросвязи на всемирной основе.

На Всемирной ассамблее по стандартизации электросвязи (ВАСЭ), которая проводится каждые четыре года, определяются темы для изучения Исследовательскими комиссиями МСЭ-Т, которые, в свою очередь, выработывают Рекомендации по этим темам.

Утверждение Рекомендаций МСЭ-Т осуществляется в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 ВАСЭ.

В некоторых областях информационных технологий, которые входят в компетенцию МСЭ-Т, необходимые стандарты разрабатываются на основе сотрудничества с ИСО и МЭК.

ПРИМЕЧАНИЕ

В настоящей Рекомендации термин "администрация" используется для краткости и обозначает как администрацию электросвязи, так и признанную эксплуатационную организацию.

Соблюдение положений данной Рекомендации носит добровольный характер. Однако в Рекомендации могут содержаться определенные обязательные положения (например, для обеспечения возможности взаимодействия или применимости), и соблюдение положений данной Рекомендации достигается в случае выполнения всех этих обязательных положений. Для выражения необходимости выполнения требований используется синтаксис долженствования и соответствующие слова (такие, как "должен" и т. п.), а также их отрицательные эквиваленты. Использование этих слов не предполагает, что соблюдение положений данной Рекомендации является обязательным для какой-либо из сторон.

ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на вероятность того, что практическое применение или реализация этой Рекомендации может включать использование заявленного права интеллектуальной собственности. МСЭ не занимает какую бы то ни было позицию относительно подтверждения, обоснованности или применимости заявленных прав интеллектуальной собственности, независимо от того, отстаиваются ли они членами МСЭ или другими сторонами вне процесса подготовки Рекомендации.

На момент утверждения настоящей Рекомендации МСЭ получил извещение об интеллектуальной собственности, защищенной патентами, которые могут потребоваться для выполнения этой Рекомендации. Однако те, кто будет применять Рекомендацию, должны иметь в виду, что это может не отражать самую последнюю информацию, и поэтому им настоятельно рекомендуется обращаться к патентной базе данных БСЭ по адресу: <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© ITU 2006

Все права сохранены. Никакая часть данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких-либо средств без письменного разрешения МСЭ.

СОДЕРЖАНИЕ

		Стр.
1	Сфера применения	1
2	Справочные материалы	1
3	Термины и определения	2
	3.1 Определения.....	2
	3.2 Термины, определенные в других Рекомендациях	2
4	Сокращения	2
5	Классификация оптических интерфейсов	3
6	Определения параметров.....	8
	6.1 Диапазон рабочих длин волн системы	8
	6.2 Передатчик	9
	6.3 Оптический тракт	11
	6.4 Приемник.....	13
7	Значения оптических параметров для приложений СЦИ	13
8	Метод проектирования оптических систем.....	14
	8.1 Допущения при конструировании	14
	8.2 Метод проектирования для наихудшего случая	14
	8.3 Статистический метод проектирования	15
	8.4 Соображения в отношении возможности модернизации	16
	8.5 Совместное проектирование.....	16
	Приложение А – Соображения в отношении рабочей длины волны системы.....	17
	А.1 Диапазоны рабочих длин волн, определяемые затуханием в волокне.....	17
	А.2 Диапазоны рабочих длин волн, определяемые дисперсией волокна.....	18
	Приложение В – Измерение маски глаз-диаграммы оптического сигнала передачи.....	20
	В.1 Измерительная установки.....	20
	В.2 Функция передачи опорного оптического приемника.....	20
	Дополнение I – Методы измерения отражений.....	22
	I.1 Оптический рефлектометр постоянного излучения.....	22
	I.2 Оптический временной рефлектометр	23
	Дополнение II – Проведение измерения защищенности при наличии последовательных идентичных цифр (CID)	24
	II.1 Введение	24
	II.2 Метод.....	25
	Дополнение III – Возможный метод оценки влияния запаса на старение в характеристики чувствительности приемника.....	26
	III.1 Чувствительность приемника и раскрыв глаз-диаграммы	26
	III.2 Метод испытания S/X	27

	Стр.
Дополнение IV – Примеры возможности модернизации	29
IV.1 Пример 1	29
IV.2 Пример 2	29

**Оптические интерфейсы для оборудования и систем,
относящихся к синхронной цифровой иерархии**

1 Сфера применения

Настоящая Рекомендация включает спецификации параметров оптических интерфейсов для оборудования и систем, которые поддерживают синхронную цифровую иерархию (СЦИ), определенную в Рек. МСЭ-Т G.707/Y.1322, и работают на одномодовых оптических волокнах, удовлетворяющих Рек. МСЭ-Т G.652, G.653 и G.654.

Цель настоящей Рекомендации состоит в предоставлении спецификаций оптических интерфейсов оборудования СЦИ, описанного в Рекомендации МСЭ-Т G.783, для достижения возможности поперечной (многочисленные поставщики) совместимости на элементарных кабельных участках, т. е. возможности смешивания оборудования различных изготовителей на одном оптическом участке. Однако спецификации в настоящей Рекомендации подразумевают также их соответствие Рек. МСЭ-Т G.955, которая обеспечивает возможность достижения продольной совместимости для оборудования сопоставимых иерархического уровня и приложения.

Настоящая Рекомендация основана на использовании одного волокна на направление. Любые другие оптические схемы могут потребовать иных спецификаций и являются предметом дальнейшего исследования.

2 Справочные материалы

Нижеследующие Рекомендации МСЭ-Т и другие источники содержат положения, которые путем ссылок на них в данном тексте составляют положения настоящей Рекомендации. На момент публикации указанные издания были действующими. Все рекомендации и другие источники являются предметом пересмотра; поэтому всем пользователям данной Рекомендации предлагается рассмотреть возможность применения последнего издания рекомендаций и других ссылок, перечисленных ниже. Перечень действующих на настоящий момент рекомендаций МСЭ-Т публикуется регулярно. Ссылка на документ, приведенный в настоящей Рекомендации, не придает ему как отдельному документу статус рекомендации.

- Рекомендация МСЭ-Т G.652 (2005 г.), *Характеристики одномодового оптического волокна и кабеля.*
- ITU-T Recommendation G.653 (2003), *Characteristics of a dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable.*
- Рекомендация МСЭ-Т G.654 (2004 г.), *Характеристики одномодового оптического волокна и кабеля со смещенной дисперсией и отсечкой.*
- ITU-T Recommendation G.655 (2006), *Characteristics of a non-zero dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable.*
- ITU-T Recommendation G.707/Y.1322 (2003), *Network node interface for the synchronous digital hierarchy.*
- ITU-T Recommendation G.783 (2006), *Characteristics of synchronous digital hierarchy (SDH) equipment functional blocks.*
- ITU-T Recommendation G.826 (2002), *End-to-end error performance parameters and objectives for international, constant bit-rate digital paths and connections.*
- ITU-T Recommendation G.955 (1996), *Digital line systems based on the 1544 kbit/s and the 2048 kbit/s hierarchy on optical fibre cables.*
- ITU-T Recommendation I.432.2 (1999), *B-ISDN user-network interface – Physical layer specification: 155 520 kbit/s and 622 080 kbit/s operation.*

- IEC 60825-1 (2001), *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification, requirements and user's guide*.
- IEC 60825-2 (2005), *Safety of laser products – Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS)*.

3 Термины и определения

3.1 Определения

В настоящей Рекомендации определяются следующие термины:

3.1.1 поперечная совместимость: возможность совмещения оборудования различных поставщиков на одном оптическом участке.

3.1.2 совместное проектирование: процесс, с помощью которого администрации/операторы договариваются о наборе характеристик интерфейсов оптической линии, удовлетворяющих согласованным эксплуатационным характеристикам линии, если имеющиеся в Рекомендациях МСЭ-Т спецификации интерфейсов недостаточны для обеспечения уровня качества работы.

3.2 Термины, определенные в других Рекомендациях

В настоящей Рекомендации используются следующие термины, определенные в других указанных Рекомендациях МСЭ-Т:

- опорные точки S/R: см. Рек. МСЭ-Т G.955;
- синхронная цифровая иерархия (СЦИ): см. Рек. МСЭ-Т G.707/Y.1322;
- синхронный транспортный модуль (STM): см. Рек. МСЭ-Т G.707/Y.1322;
- продольная совместимость: см. Рек. МСЭ-Т G.955.

4 Сокращения

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения:

КОБ	Коэффициент ошибок по битам
КГ	Коэффициент гашения
СД	Светодиод
МПМ	Многопродольная мода
НП	Не применяется
NRZ	Кодирование "без возврата к нулю"
ОВП	Оптические возвратные потери
СКЗ	Среднеквадратичное значение
СЦИ	Синхронная цифровая иерархия
ОПМ	Однопродольная мода
STM	Синхронный транспортный модуль
ЕИ	Единичный интервал
WDM	Мультиплексирование с разделением по длине волны

5 Классификация оптических интерфейсов

Предполагается, что оптические волокна будут использоваться в системах на основе СЦИ для межстанционной транспортировки и во внутростанционных приложениях для соединения оборудования в пределах одной станции. Путем соответствующих сочетаний передатчиков и приемников могут быть получены бюджеты мощности для систем волоконно-оптических линий, оптимизированные в плане ослабления/дисперсии и стоимости по отношению к различным приложениям. Однако для упрощения разработки поперечно совместимых систем желательно в целях стандартизации ограничить число прикладных категорий и соответствующих наборов спецификаций оптических интерфейсов.

Как показано в таблице 1, в настоящей Рекомендации признаются три обширные категории приложений:

- внутростанционные, соответствующие расстояниям присоединения меньшим, чем приблизительно 2 км;
- межстанционные малой дальности, соответствующие расстояниям присоединения, равным приблизительно 15 км;
- межстанционные большой дальности, соответствующие расстояниям присоединения, равным приблизительно 40 км в окне 1310 нм и приблизительно 80 км в окне 1550 нм.

Таблица 1/G.957 – Классификация оптических интерфейсов на основе приложения с указанием прикладных кодов

Приложение	Внутростанционное	Межстанционное					
		Малой дальности		Большой дальности			
Номинальная длина волны источника (нм)	1 310	1 310	1 550	1 310	1 550		
Тип волокна	G.652	G.652	G.652	G.652	G.652	G.652 G.654	G.653
Расстояние (км) ^{a)}	≤2	≈15		≈40	≈80		
Уровень STM	STM-1	I-1	S-1.1	S-1.2	L-1.1	L-1.2	L-1.3
	STM-4	I-4	S-4.1	S-4.2	L-4.1	L-4.2	L-4.3
	STM-16	I-16	S-16.1	S-16.2	L-16.1	L-16.2	L-16.3
^{a)} Это целевые расстояния, которые должны использоваться для классификации, а не для спецификации. Обозначение типов волокна в прикладных кодах не должно исключать возможности применения в данной Рекомендации набора оптических параметров к одноканальным системам на волокне G.655.							

В рамках каждой категории можно рассмотреть использование либо источников с номинальной длиной волны 1310 нм на оптическом волокне, соответствующем Рек. МСЭ-Т G.652, либо источников с номинальной длиной волны 1550 нм на оптическом волокне, соответствующем Рек. МСЭ-Т G.652, G.653 или G.654. В настоящей Рекомендации для двух межстанционных приложений предусмотрены обе возможности, а для внутростанционного приложения рассматриваются только источники с номинальной длиной волны 1310 нм на волокне G.652. Поскольку общие характеристики системы и конкретные значения для оптических параметров, как правило, зависят от скорости передачи данных в системе, удобно классифицировать оптические интерфейсы СЦИ, основанные на рассматриваемых в данной Рекомендации приложениях, с использованием набора прикладных кодов, показанных в таблице 1. Прикладной код составляется следующим образом:

Приложение – уровень STM. Нижний индекс

с обозначением: приложений – I (внутростанционное), S (малой дальности) или L (большой дальности) и одного из следующих нижних индексов:

- (пробел) или 1, указывающих на источники с номинальной длиной волны 1310 нм на волокне G.652;
- 2, указывающего на источник с номинальной длиной волны 1550 нм на волокне G.652 для приложений малой дальности и на волокне G.652, либо волокне G.654 для приложений большой дальности;
- 3, указывающего на источник с номинальной длиной волны 1550 нм на волокне G.653.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Использование термина "внутристанционный" не означает исключения любых других приложений, соответствующих набору заданных оптических параметров (например, пользовательских сетевых интерфейсов Ш-ЦСИС – спецификаций физического уровня, определенных в Рекомендации МСЭ-Т I.432.2).

Расстояния, выбранные в таблице 1 для прикладных кодов, основаны на значениях параметров, которые получаются на основе существующей технологии и предполагаются соответствующими требованиям, предъявляемым к сети. Коды для внутристанционных приложений и межстанционных приложений малой дальности были предложены в качестве реализаций недорогого оборудования. Коды приложений большой дальности были предложены с целью обеспечения максимальной длины ретрансляционных интервалов, соответствующих пределам, которые определяются существующей технологией и задачей обеспечения поперечной совместимости. Предложенные расстояния могут допускать модернизацию существующих систем путем применения области 1550 нм. Расстояния в таблице 1 представляют собой примерные минимальные протяженности ретрансляционных интервалов. Конкретные пределы расстояний, соответствующие пределам ослаблений, которые представлены в таблицах 2–4, но включающие допуски на дополнительные соединители или запасы, могут быть получены путем рассмотрения максимальных значений ослабления в волокне и дисперсии для каждого приложения в таблицах 2–4.

Таблица 2/G.957 – Параметры, определяемые для оптических интерфейсов STM-1

	Единица	Значение									
Цифровой сигнал		STM-1, согласно Рек. МСЭ-Т. G.707/Y.1322									
Номинальная скорость передачи данных	кбит/с	155 520									
Прикладной код (таблица 1)		I-1	S-1.1	S-1.2		L-1.1	L-1.2	L-1.3			
Рабочий диапазон длин волн	нм	1 260 ^{a)} –1 360	1 261 ^{a)} –1 360	1 430–1 576	1 430–1 580	1 263 ^{a)} –1 360	1 480–1 580	1 534–1 566/ 1 523–1 577	1 480–1 580		
Передатчик в опорной точке S		МПМ СД		МПМ	МПМ	ОПМ	МПМ ОПМ	ОПМ	МПМ	ОПМ	
Тип источника											
Спектральные характеристики:											
– максимальное СКЗ ширины (σ)	нм	40	80	7,7	2,5	–	3	–	–	3/2,5	–
– максимальная ширина на –20 дБ	нм	–	–	–	–	1	–	1	1	–	1
– минимальный коэффициент подавления боковой моды	дБ	–	–	–	–	30	–	30	30	–	30
Средняя вводимая мощность:											
– максимальная	дБм	–8	–8	–8	–8	0	0	0	0	0	
– минимальная	дБм	–15	–15	–15	–15	–5	–5	–5	–5	–5	
Минимальный коэффициент гашения	дБ	8,2	8,2	8,2	8,2	10	10	10	10	10	
Оптический тракт между S и R											
Диапазон ослабления ^{b)}	дБ	0–7	0–12	0–12	0–12	10–28	10–28	10–28	10–28	10–28	
Максимальная дисперсия	пс/нм	18 25	96	296	НП	246 НП	НП	НП	246/296	НП	
Минимальные оптические возвратные потери на кабельном участке в S, включая любые соединители	дБ	НП	НП	НП	НП	НП	20	НП	НП	НП	
Максимальная дискретная отражательная способность между S и R	дБ	НП	НП	НП	НП	НП	–25	НП	НП	НП	
Приемник в опорной точке R											
Минимальная чувствительность ^{b)}	дБм	–23	–28	–28	–28	–34	–34	–34	–34	–34	
Минимальная перегрузка	дБм	–8	–8	–8	–8	–10	–10	–10	–10	–10	
Максимальный штраф оптического тракта	дБ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Максимальная отражательная способность, измеренная в R	дБ	НП	НП	НП	НП	НП	–25	НП	НП	НП	
^{a)} Некоторым администрациям может потребоваться предел, равный 1270 нм. ^{b)} См. пункт 6.											

Таблица 3/G.957 – Параметры, определяемые для оптических интерфейсов STM-4

	Единица	Значение						
		STM-4, согласно Рек. МСЭ-Т G.707/Y.1322 622 080						
Цифровой сигнал Номинальная скорость передачи данных	кбит/с							
Прикладной код (таблица 1)		I-4	S-4.1	S-4.2	L-4.1		L-4.2	L-4.3
Рабочий диапазон длин волн	нм	1 261 ^{a)} –1 360	1 293–1 334/ 1 274–1 356	1 430–1 580	1 300–1 325/ 1 296–1 330	1 280–1 335	1 480–1 580	1 480–1 580
Передатчик в опорной точке S								
Тип источника		МПМ	СД	МПМ	ОПМ	МПМ	ОПМ	ОПМ
Спектральные характеристики:								
– максимальное СКЗ ширины (σ)	нм	14,5	35	4/2,5	–	2,0/1,7	–	–
– максимальная ширина на –20 дБ	нм	–	–	–	1	–	1	<1 ^{b)}
– минимальный коэффициент подавления боковой моды	дБ	–	–	–	30	–	30	30
Средняя вводимая мощность:								
– максимальная	дБм	–8	–8	–8	–8	+2	+2	+2
– минимальная	дБм	–15	–15	–15	–15	–3	–3	–3
Минимальный коэффициент гашения	дБ	8,2	8,2	8,2	8,2	10	10	10
Оптический тракт между S и R								
Диапазон ослабления ^{b)}	дБ	0–7		0–12	0–12	10–24	10–24	10–24
Максимальная дисперсия	пс/нм	13	14	46/74	НП	92/109	НП	1600
Минимальные оптические возвратные потери на кабельном участке в S, включая любые соединители	дБ		НП	НП	24	20	24	20
Максимальная дискретная отражательная способность между S и R	дБ		НП	НП	–27	–25	–27	–25
Приемник в опорной точке R								
Минимальная чувствительность ^{b)}	дБм	–23		–28	–28	–28	–28	–28
Минимальная перегрузка	дБм	–8		–8	–8	–8	–8	–8
Максимальный штраф оптического тракта	дБ	1		1	1	1	1	1
Максимальная отражательная способность, измеренная в R	дБ		НП	НП	–27	–14	–27	–14
^{a)} Некоторым администрациям может потребоваться предел, равный 1270 нм. ^{b)} См. пункт 6.								

Таблица 4/G.957 – Параметры, определяемые для оптических интерфейсов STM-16

	Единица	Значение					
Цифровой сигнал Номинальная скорость передачи данных	кбит/с	STM-16, согласно Рек. МСЭ-Т G.707/Y.1322 2 488 320					
Прикладной код (таблица 1)		I-16	S-16.1	S-16.2	L-16.1	L-16.2	L-16.3
Рабочий диапазон длин волн	нм	1 266 ^{a)} –1 360	1 260 ^{a)} –1 360	1 430–1 580	1 280–1 335	1 500–1 580	1 500–1 580
Передатчик в опорной точке S							
Тип источника		МПМ	ОПМ	ОПМ	ОПМ	ОПМ	ОПМ
Спектральные характеристики:							
– максимальное СКЗ ширины (σ)	нм	4	–	–	–	–	–
– максимальная ширина на –20 дБ	нм	–	1	<1 ^{b)}	1	<1 ^{b)}	<1 ^{b)}
– минимальный коэффициент подавления боковой моды	дБ	–	30	30	30	30	30
Средняя вводимая мощность:							
– максимальная	дБм	–3	0	0	+3	+3	+3
– минимальная	дБм	–10	–5	–5	–2	–2	–2
Минимальный коэффициент гашения	дБ	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2
Оптический тракт между S и R							
Диапазон ослабления ^{b)}	дБ	0–7	0–12	0–12	12–24 ^{d)}	12–24 ^{d)}	12–24 ^{d)}
Максимальная дисперсия на верхнем пределе длины волны	пс/нм	12 ^{c)}	NA	800 ^{e)}	НП	1 600 ^{c)}	450 ^{c)}
Максимальная дисперсия на нижнем пределе длины волны	дБ	12 ^{c)}	NA	420 ^{e)}	НП	1 200 ^{c)}	450 ^{c)}
Минимальные оптические возвратные потери на кабельном участке в S, включая любые соединители	дБ	24	24	24	24	24	24
Максимальная дискретная отражательная способность между S и R		–27	–27	–27	–27	–27	–27
Приемник в опорной точке R							
Минимальная чувствительность ^{b)}	дБм	–18	–18	–18	–27	–28	–27
Минимальная перегрузка	дБ	–3	0	0	–9	–9	–9
Максимальный штраф оптического тракта	дБ	1	1	1	1	2	1
Максимальная отражательная способность, измеренная в R	кбит/с	–27	–27	–27	–27	–27	–27
<p>a) Некоторым администрациям может потребоваться предел, равный 1270 нм.</p> <p>b) См. пункт 6.</p> <p>c) Для длин волн между верхним и нижним пределами длины волны максимальная дисперсия линейно интерполирована между значениями, заданными для пределов длины волны. В тех случаях, когда максимальные значения дисперсии одинаковы, требуется, чтобы это значение соблюдалось во всем диапазоне длин волн.</p> <p>d) Некоторым администрациям может потребоваться, чтобы минимальное ослабление составляло 10 дБ вместо 12 дБ. Для выполнения этого требуется уменьшить максимальную выходную мощность передатчика или увеличить минимальную перегрузку приемника (или и то, и другое).</p>							

6 Определения параметров

В целях настоящей Рекомендации интерфейсы систем волоконно-оптической линии могут быть представлены так, как показано на рисунке 1. Точка S на рисунке 1 является опорной точкой на оптическом волокне, расположенной сразу после оптического соединителя передатчика (C_{TX}), а точка R является опорной точкой на оптическом волокне, расположенной непосредственно до оптического соединителя приемника (C_{RX}). Дополнительные соединители на распределительном щите (если он используется) рассматриваются как часть волоконной линии и должны быть расположены между точками S и R. В данной Рекомендации оптические параметры для передатчика задаются в точке S, для приемника – в точке R и для оптического тракта – между точками S и R.

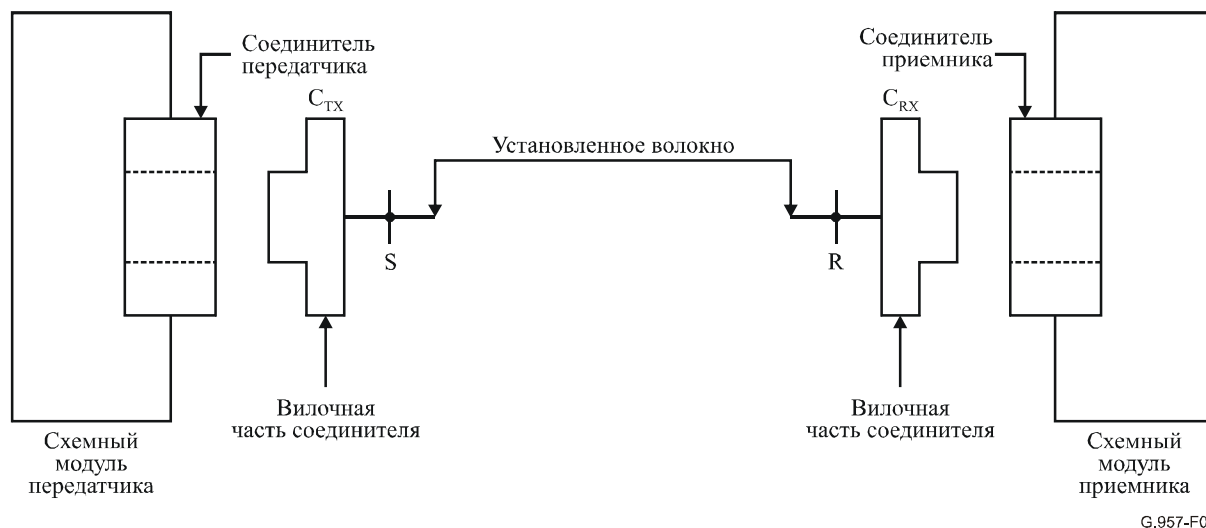


Рисунок 1/G.957 – Представление интерфейса системы оптических линий

Все заданные значения параметров являются значениями для худшего случая. Предполагается, что они соблюдаются во всем диапазоне стандартных условий эксплуатации (например, диапазонов температуры и влажности) и что они учитывают эффекты старения. Эти условия и эффекты являются предметом дальнейшего исследования. Параметры задаются по отношению к цели проектирования оптического участка с коэффициентом ошибок по битам (КОБ) не хуже 1×10^{-10} для предельного случая ослабления в оптическом тракте и условий дисперсии для каждого приложения из таблицы 1. Для систем с улучшенными характеристиками (например, с КОБ, равным 10^{-12} или лучшим, согласно Рек. МСЭ-Т G.826) может потребоваться либо улучшенная чувствительность, либо меньший диапазон ослабления для приложений из таблицы 1.

Используемым в оптической линии кодированием для всех системных интерфейсов является двоичное кодирование без возврата к нулю (NRZ) со скремблированием в соответствии с Рек. МСЭ-Т G.707/Y.1322.

6.1 Диапазон рабочих длин волн системы

Для обеспечения гибкости при внедрении поперечно совместимых систем и будущего использования мультиплексирования с разделением по длине волны (WDM) желательно предусмотреть как можно более широкий диапазон рабочих длин волн системы. Выбор диапазона рабочих длин волн для каждого из приложений в таблице 1 зависит от нескольких факторов, включая тип волокна, характеристики источника, диапазон ослабления системы и дисперсию оптического тракта. Следующие общие соображения влияют на спецификацию диапазонов рабочих длин волн в настоящей Рекомендации. В Приложении А содержится более подробное описание аспектов системы, используемых в данной Рекомендации для разработки требований к диапазону рабочих длин волн.

Рабочий диапазон длины волны – это максимально допустимый диапазон для длины волны источника. В пределах этого диапазона может быть выбрана длина волны источника при различных ухудшениях, связанных с волокном (и различных при реализациях усилителей, если они должны быть включены). Приемник должен иметь минимальный диапазон рабочих длин волн, который соответствует максимальному допустимому диапазону для длины волны источника. Для сетей СЦИ,

в которых используются волоконно-оптические усилители, может потребоваться ограничить диапазон рабочих длин волн.

Области длин волн, в которых допускается работа системы, частично определяются либо предельными значениями длины волны волокна, либо волоконно-оптического кабеля. Для волокон G.652 и G.653 эти величины были выбраны с целью обеспечения одномодового режима работы оптического волокна на 1270 нм и выше при минимальных значениях 1260 нм, разрешенных некоторыми администрациями. Для волоконных кабелей G.654 значения длин волн отсечки были приняты для одномодового режима работы на 1530 нм и выше.

Допустимые области длин волн дополнительно определяются ослаблением в волокне. Хотя ослабление из-за собственного рассеяния, как правило, уменьшается с ростом длины волны, поглощение на гидроксильных ионах может обнаружиться при длине волны около 1385 нм и в незначительной степени – около 1245 нм. Поэтому эти пики поглощения и предельные длины волн определяют область длин волн, сконцентрированную около 1310 нм. Волокна с несмещенной дисперсией, соответствующие Рек. МСЭ-Т G.652, оптимизированы для использования в этой области длин волн. При увеличении длины волны до 1600 нм или свыше происходит затухание из-за изгибов, а на длинах волн свыше 1600 нм происходит инфракрасное поглощение. Таким образом, эти затухания и водный пик на 1385 нм определяют вторую область рабочих длин волн около 1550 нм. Рек. МСЭ-Т G.654 для волокна со смещенной длиной волны отсечки ограничивается только этой областью. Однако в этой области может использоваться волокно G.652 и волокно со смещенной дисперсией G.653.

Помимо длины волны отсечки и затухания, определяющих обширные области рабочих длин волн, посредством взаимодействия дисперсии волокна со спектральными характеристиками передатчика определяются диапазоны допустимых длин волн. Части этого диапазона могут располагаться внутри или вне диапазона длин волн, определяемого затуханием. Перекрытие этих двух диапазонов является разрешенным диапазоном длин волн для работы системы.

6.2 Передатчик

6.2.1 Тип номинального источника

В зависимости от характеристик затухания/дисперсии и иерархического уровня каждого приложения из таблицы 1, к используемым в передатчике устройствам относятся светодиоды (СД), лазеры, излучающие на многих продольных модах (МППМ), и лазеры излучающие на одной продольной моде (ОПМ). В настоящей Рекомендации для каждого из приложений указывается номинальный тип источника. Понятно, что в настоящей Рекомендации указание типа номинального источника не является требованием и что устройства на ОПМ могут быть использованы для любого приложения, котором СД или МППМ применяются в качестве типа номинального источника, а устройства на МППМ могут быть использованы для любого приложения, в котором в СД применяется в качестве типа номинального источника, без какого-либо ухудшения показателей работы системы.

6.2.2 Спектральные характеристики

Спектральная ширина для СД и лазеров, излучающих на МППМ, задается максимальным среднеквадратичным значением (СКЗ) ширины при стандартных рабочих условиях. Под среднеквадратичным значением или величиной ширины понимается стандартное отклонение (σ) спектрального распределения. Метод измерения среднеквадратичных значений должен учитывать все моды, уровень которых ниже уровня пиковой моды не более чем на 20 дБ.

Для лазеров, излучающих на ОПМ, максимальная спектральная ширина определяется полной максимальной шириной пика на центральной длине волны, величина которого на 20 дБ меньше максимальной амплитуды на центральной длине волны при стандартных условиях функционирования. Кроме того, с целью ограничения шума разделения мод в системах с ОПМ устанавливается минимальное значение коэффициента подавления боковых мод лазера.

В настоящее время не существует согласованного надежного метода оценки штрафов по дисперсии, возникающих из-за изменений длины волны излучения лазера и конечного коэффициента подавления боковых мод для лазеров, излучающих на ОПМ. Вследствие этого значения ширины линии излучения лазера на ОПМ для приложений L-4.2, S-16.1, S-16.2, L-16.1, L-16.2 и L-16.3 являются предметом дальнейшего исследования.

Имеющиеся в настоящее время данные указывают на то, что определения спектральной ширины, основанные на усредненных по времени спектральных измерениях недостаточно хорошо коррелируются со штрафом по тракту, чтобы допустить их использование для обеспечения соответствующих показателей работы устройств на ОПМ.

Необходимость более точного определения характеристик лазера признается, в частности, для систем большой дальности. В настоящее время лучшим существующим методом является испытание волокна на передачу. В его схему входят испытываемый передатчик, испытываемые волокна с максимальной дисперсией, определенной для максимальной дальности связи системы, и опорный приемник. Динамические характеристики передатчика оцениваются затем путем измерения коэффициента ошибок по битам.

Вышеупомянутый метод используется также в целях проведения проверки приемлемости лазера. Таким образом, оценка лазера производится путем его включения в состав передатчика моделируемой системы передачи. Лазеры с приемлемыми спектральными характеристиками устанавливаются на основе удовлетворительной помехозащищенности моделируемой системы. Альтернативные методы для снятия характеристик динамических показателей работы лазера являются предметом дальнейшего исследования.

В сетях СЦИ, в которых используются оптические усилители, необходимо применять передатчик с соответствующими спектральными характеристиками для получения целевых расстояний, превышающих расстояния, определенные для приложений большой дальности.

6.2.3 Средняя вводимая мощность

Средняя вводимая мощность в опорной точке S – это средняя мощность псевдослучайной последовательности данных, вносимой в волокно передатчиком. Она задается в виде диапазона, с тем чтобы предусмотреть некоторую оптимизацию по стоимости и покрыть допуски на работу в стандартных условиях функционирования, ухудшение соединителей передатчиков, измерительные допуски и эффекты старения. Эти величины позволяют рассчитать значения чувствительности и точки перегрузки приемника в опорной точке R .

Предметом дальнейшего исследования является возможность получения эффективных по стоимости конструкций системы для приложений большой дальности с использованием неохлаждаемых лазеров с максимальными средними вводимыми мощностями, превышающими приведенные в таблицах 2–4 значения, для которых на участках с низкими потерями требуются внешние съемные оптические аттенюаторы.

В случае возникновения условий отказа в оборудовании вводимая мощность и максимально возможное время облучения персонала должны быть ограничены по соображениям обеспечения безопасности в отношении волоконно-оптических систем/лазеров в соответствии со стандартом МЭК 60825.

6.2.4 Коэффициент гашения

Соглашение, принятое для уровня оптической логики, состоит в следующем:

- излучение света для логической "1";
- отсутствие излучения для логического "0".

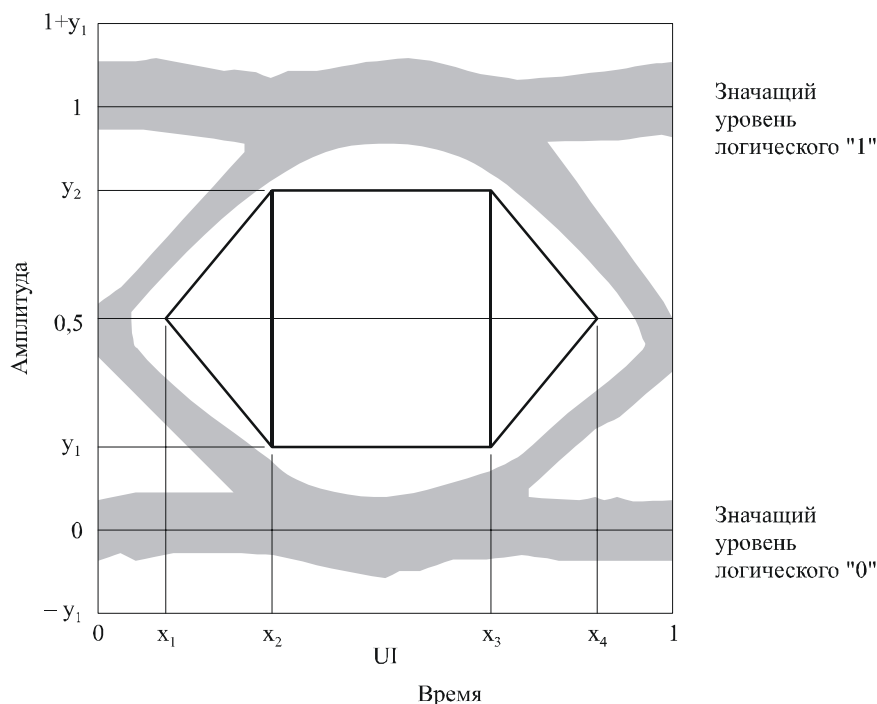
Коэффициент гашения (EX) определяется как:

$$EX = 10 \log_{10} \left(\frac{A}{B} \right),$$

где A – средний уровень оптической мощности в центре логической "1", а B – средний уровень оптической мощности в центре логического "0". Методы измерения коэффициента гашения изучаются.

6.2.5 Маска глаз-диаграммы

В настоящей Рекомендации общие характеристики формы импульсов передатчика, включая время установления, выброс на фронте импульса, отрицательный выброс перед фронтом импульса и "звон", которые должны контролироваться для предотвращения чрезмерного ухудшения чувствительности приемника, определяются в виде маски глаз-диаграммы передатчика в точке S . В целях оценки сигнала передачи важно учитывать не только раскрыв глаз-диаграммы, но также ограничения, связанные с выбросами и провалами. Параметры, определяющие маску глаз-диаграммы передатчика, показаны на рисунке 2. В Приложении 2 рассматриваются измерительные установки для определения глаз-диаграммы оптического сигнала передачи.



	STM-1	STM-4
x_1/x_4	0,15/0,85	0,25/0,75
x_2/x_3	0,35/0,65	0,40/0,60
y_1/y_2	0,20/0,80	0,20/0,80

	STM-16
x_3-x_2	0,2
y_1/y_2	0,25/0,75

G.957_F02

ПРИМЕЧАНИЕ. – В случае STM-16, x_2 и x_3 прямоугольной маски глаз-диаграммы не должны быть эквидистантными в отношении вертикальных осей 0 UI и 1 UI. Величина этого отклонения является предметом дальнейших исследований. С учетом задействованных в системах STM-16 частот и обусловленной ими трудности реализации этого фильтра, значения параметров для STM-16 могут нуждаться в небольшом пересмотре с учетом накопленного опыта.

Рисунок 2/G.957 – Маска глаз-диаграммы для оптического сигнала передачи

6.3 Оптический тракт

Для обеспечения рабочих параметров системы для каждого из приложений, рассмотренных в таблице 1, необходимо определить характеристики затухания и дисперсии оптического тракта между опорными точками S и R.

6.3.1 Затухание

В настоящей Рекомендации затухание для каждого приложения определяется как диапазон – характеристика расстояний для основных приложений, указанных в таблице 1. Однако с целью обеспечения гибкости при реализации поперечно совместимых систем в настоящей Рекомендации признается наличие некоторого перекрытия диапазонов затухания внутростанционных приложений и межстанционных приложений малой дальности, а также межстанционных приложений малой дальности и межстанционных приложений большой дальности. Предполагается, что характеристики затухания являются значениями для худшего случая, включающими потери, обусловленные сростками, соединителями, оптическими аттенуаторами (если используются) или другими оптическими устройствами, и любой дополнительный запас в отношении кабеля для покрытия допусков на:

- 1) будущие модификации в конфигурации кабеля (дополнительные сростки, увеличенные кабельные длины и пр.);

- 2) изменение рабочих характеристик волоконно-оптического кабеля под влиянием факторов окружающей среды; и
- 3) ухудшение любого соединителя, оптических аттенуаторов (если используются) или других пассивных оптических устройств между точками S и R, если имеет место.

6.3.2 Дисперсия

Системы, считающиеся ограниченными дисперсией, обладают максимальными значениями дисперсии (пс/нм), указанными в таблицах 2–4. Эти значения соответствуют установленным максимальным штрафам оптического тракта (например, 2 дБ для L-16.2, 1 дБ для всех других приложений). Они учитывают указанный тип передатчика и коэффициент дисперсии волокна в рабочем диапазоне длин волн.

Системы, считающиеся ограниченными затуханием, не имеют максимальных заданных значений дисперсии и обозначены в таблицах 2–5 как НП (не применяется).

6.3.3 Отражения

Отражения вызываются неоднородностями коэффициента преломления по всему оптическому тракту. Если с ними не бороться, то они могут ухудшить рабочие характеристики системы своим мешающим влиянием на работу лазера или многочисленными отражениями, приводящими к интерферометрическому шуму в приемнике. В данной Рекомендации с отражением от оптического тракта борются путем задания:

- минимальных оптических возвратных потерь (ОВП) кабельного участка в точке S, включая любые соединители; и
- максимальной дискретной отражательной способности между точками S и R.

Возможное влияние отражений на работу одиночного волокна с использованием направленных ответвителей в настоящей Рекомендации не рассматривалось и является предметом дальнейшего исследования.

Методы измерения отражений описаны в Дополнении I. В целях проведения измерений возвратных потерь и отражений считается, что точки S и R совпадают с торцом каждой из частей соединителя (см. рисунок 1). Признается, что это не учитывает реальных характеристик отражения соответствующих соединителей в действующей системе. Предполагается, что эти отражения имеют номинальное значение отражения для конкретного типа используемых соединителей.

Максимальное число соединителей или других точек дискретного отражения, которые могут быть включены в оптический тракт (например, для распределительных щитов или компонентов WDM), должно быть таким, чтобы можно было получить общие заданные оптические возвратные потери. Если это нельзя сделать с использованием соединителей, которые имеют максимальные дискретные отражения, приведенные в таблицах 2–4, то должны использоваться соединители с лучшими характеристиками отражения. В ином случае должно быть уменьшено число соединителей. Может быть также необходимо ограничить число соединителей или использовать соединители с улучшенными характеристиками отражательной способности с целью предотвращения недопустимых искажений из-за множественных отражений. Такие эффекты могут иметь особенное значение в системах большой дальности связи STM-16 и STM-4.

В таблицах 2–4 значение максимальной дискретной отражательной способности между точками S и R, равное –27 дБ, предусмотрено с целью минимизации эффектов множественных отражений (например, интерферометрического шума). В таблицах 3 и 4 значение максимальной отражательной способности приемника, равное –27 дБ, обеспечит приемлемые штрафы из-за множественных отражений для всех возможных конфигураций системы, включающей многочисленные соединители и т. п. Системы, в которых используется меньшее число соединителей или применяются соединители с лучшими характеристиками, создают меньше множественных искажений, и, следовательно, в них можно допустить использование приемников с более высокой отражательной способностью. В крайнем случае, если в системе имеется только два соединителя, допускаются возвратные потери в приемнике, равные 14 дБ.

Для систем, в которых явления отражения не считаются ограничивающими характеристики системы, значения соответствующих параметров отражения не задаются, что отражено в таблицах 2–4 как НП (не применяется). Однако при использовании настоящей Рекомендации для конкретного приложения следует отметить, что если в его отношении рассматривается возможность модернизации для получения приложений с более жесткими требованиями, то должны применяться эти более жесткие требования.

Возможная необходимость разработки спецификации отношения сигнал/шум передатчика в худшем случае оптических возвратных помех для приложений, указанных в таблицах 2–4, является предметом дальнейшего исследования.

6.4 Приемник

Правильное функционирование системы требует определения минимальной чувствительности приемника и минимального уровня перегрузки по мощности. Считается, что они должны соответствовать диапазону средней мощности и диапазону затухания, заданным для каждого приложения.

Кроме того, для правильного функционирования системы требуется, чтобы приемник допускал работу в областях с низкой скоростью перехода в сигнале СЦИ, обусловленных структурой формата кадра СЦИ (Рек. МСЭ-Т G.707/Y.1322). Возможный метод оценки защищенности подсистемы приемника при наличии последовательных идентичных цифр представлен в Дополнении II.

6.4.1 Чувствительность приемника

Чувствительность приемника определяется как минимальное значение средней принимаемой мощности в точке R для достижения КОБ = 1×10^{-10} . Это условие должно соблюдаться при наличии передатчика с наихудшими значениями маски глаз-диаграммы передатчика, коэффициента гашения, оптических возвратных потерь в точке S, ухудшений состояния соединителей приемника и измерительных допусков. Чувствительность приемника не должна соответствовать требованиям при наличии дисперсии или отражений от оптического тракта; эти явления определяются по отдельности при распределении максимального штрафа оптического тракта.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Чувствительность приемника не должна соответствовать требованиям при наличии джиттера передатчика, превышающего соответствующий предел создания джиттера (например, G.783 для оптических компонентных сигналов СЦИ).

Эффекты старения не определяются отдельно, поскольку обычно они являются предметом обсуждения между поставщиком сети и производителем оборудования. Желательно, чтобы в худшем случае типичные запасы между приемником в начале срока службы при номинальной температуре и тем же приемником в конце срока службы находились в диапазоне 2–4 дБ. Пример метода измерения для определения влияния эффектов старения на чувствительность приемника даны в Дополнении III. Чувствительности приемника, указанные в таблицах 2–4, являются значениями для худшего случая в конце срока службы.

6.4.2 Перегрузка приемника

Перегрузка приемника – это максимально приемлемое значение средней принимаемой мощности в точке R для КОБ = 1×10^{-10} .

6.4.3 Отражательная способность приемника

Отражения от приемника обратно в кабель определяются максимально допустимой отражательной способностью приемника, измеренной в точке R.

6.4.4 Штраф по мощности оптического тракта

Требуется, чтобы приемник допускал штраф оптического тракта, не превышающий 1 дБ (2 дБ для L-16.2) для учета общих ухудшений, вызванных отражениями, межсимвольными помехами, шумом разделения мод и изменением длины волны излучения лазера.

7 Значения оптических параметров для приложений СЦИ

Значения оптических параметров для приложений из таблицы 1 приведены в таблице 2 для STM-1, таблице 3 для STM-4 и таблице 4 для STM-16. Параметры, определяющие глаз-диаграмму передатчика в опорной точке S для каждого из трех иерархических уровней, даны на рисунке 2. Эти таблицы не исключают использования систем, которые удовлетворяют требованиям более чем одного приложения для любой заданной скорости передачи данных.

8 Метод проектирования оптических систем

Подбор приложений и набор оптических параметров, рассматриваемых в настоящей Рекомендации, выбран, с тем чтобы отразить баланс между экономическими и техническими факторами для обеспечения возможности создания поперечно совместимых систем с использованием синхронной цифровой иерархии. В настоящем пункте описывается использование параметров в таблицах 2–4 с целью получения общего метода конструирования систем для проектирования оптических линий СЦИ.

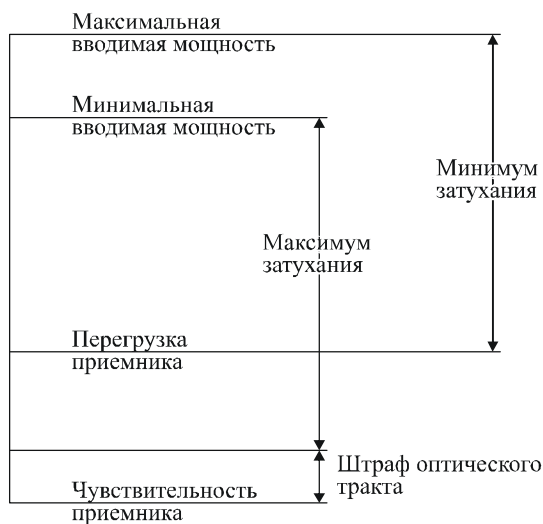
8.1 Допущения при конструировании

С тем чтобы соответствовать наибольшему числу приложений при наименьшем числе спецификаций компонентов оптического интерфейса, для каждого уровня иерархии СЦИ допускается три категории интерфейсов. Эти категории отличаются различными режимами затухания/дисперсии, а не конкретными ограничениями по дальности, с тем чтобы обеспечить большую гибкость при проектировании сети с учетом технологических ограничений и ограничений по стоимости для различных приложений.

В настоящей Рекомендации указаны значения параметров для наихудшего случая в конце срока службы с целью предоставления простых руководящих принципов для разработчиков сетей и конкретных спецификаций компонентов для производителей. В результате, не указываются ни нераспределенные запасы для систем, ни запасы в отношении оборудования, и предполагается, что передатчики, приемники и кабельные сооружения по отдельности удовлетворяют характеристикам в стандартных условиях работы. Признается, что в некоторых случаях это может привести к более консервативным разработкам систем по сравнению с теми, которые могли бы быть получены путем совместного проектирования оптической линии, использования статистических подходов к проектированию, или в приложениях и средах с большими ограничениями, чем допускаются при стандартных условиях работы.

8.2 Метод проектирования для наихудшего случая

При методе конструирования для наихудшего случая оптические параметры таблиц 2–4 связаны так, как показано на рисунке 3. Для приложений, ограниченных потерями, системный интегратор может определить надлежащий прикладной код и соответствующий набор оптических параметров путем задания, прежде всего, общего затухания оптического тракта, которое должно учитывать все источники потерь оптической мощности и любой запас в конструкции кабеля, указанный системным интегратором. В случаях, когда затухание системы находится в области перекрытия затуханий двух приложений, применяется один из двух наборов оптических параметров. Наиболее экономичные конструкции будут в большинстве случаев соответствовать прикладному коду, имеющему более узкий диапазон затухания. Каждый раз при монтаже следует проверять, чтобы общий штраф оптического тракта, включающий общие ухудшения, вызванные дисперсией и отражением, не превышал значения, приведенного в п. 6.4.4 и таблицах 2–4, поскольку большее значение может привести к быстрому ухудшению показателей работы системы.



G.957_F03

Рисунок 3/G.957 – Взаимосвязь оптических параметров

Для систем с ограниченной дисперсией системный интегратор может выбрать соответствующий прикладной код и соответствующий набор оптических параметров путем определения общей дисперсии (пс/нм), ожидаемой для элементарного кабельного участка, который должен быть спроектирован. Наиболее экономичное проектирование обычно соответствует выбору приложения, имеющего наименьшее максимальное значение дисперсии, превышающее величину дисперсии, определенную для проектирования системы. И в этом случае общий штраф по мощности оптического тракта должен быть проверен так, как описано выше.

8.3 Статистический метод проектирования

Статистический метод основан на проектировании элементарного кабельного участка, возможно превышающего длину участка, полученную в результате проектирования для худшего случая. Допуская некоторую вероятность того, что затухание или дисперсия между точками S и R больше, чем заданные для системы значения, или что поперечно совместимое проектирование не может быть осуществлено, можно обеспечить экономию по стоимости высокоскоростных оптических систем большой дальности путем сокращения числа регенераторов.

При использовании статистического метода параметры подсистемы выражаются в виде статистических распределений, которые, как предполагается, предоставляются производителями. Такие распределения могут обрабатываться численно (например, методами Монте-Карло) или аналитически (например, гауссовские средние и стандартные отклонения).

Ниже приведены примеры параметров, которые можно считать статистическими по своему характеру:

- затухание в кабеле;
- длина волны нулевой дисперсии и наклон нулевой дисперсии;
- сросток и потери в соединителе;
- спектральные характеристики передатчика (центральная длина волны, спектральная ширина и пр.);
- имеющееся усиление системы между точками S и R (например, оптическая мощность в точке S и чувствительность приемника в точке R. Может потребоваться рассмотреть эти параметры отдельно по соображениям обеспечения поперечной совместимости).

В соответствии с практикой проектирования, каждый из перечисленных выше параметров может быть рассмотрен либо статистически, либо для худшего случая. При полустатистическом подходе данным параметрам, которые считают детерминированными, можно присвоить распределение нулевой ширины вокруг значения для худшего случая. Подробности приведены в Рек. МСЭ-Т G.955.

8.4 Соображения в отношении возможности модернизации

В отношении модернизации системы появляются две возможности:

- 1) Может потребоваться модернизировать существующие плезиохронные системы до уровня системы СЦИ (например, модернизировать систему со скоростью 139 264 кбит/с, удовлетворяющую техническим характеристикам G.955, до уровня системы STM-1 на основе на данной Рекомендации).
- 2) Может потребоваться модернизировать один иерархический уровень СЦИ в другой (например, STM-1 в STM-4).

Не всегда практически возможно реализовать обе возможности одновременно для приложений большой дальности, и существуют разные мнения по вопросу лучшего подхода, который должен быть принят для модернизации системы. Например, в настоящей Рекомендации для поддержания совместимости с системами со скоростью 139 264 кбит/с и $4 \times 139\,264$ кбит/с, соответствующих Рек. МСЭ-Т G.955, максимальные значения затухания для приложений большой дальности STM-1 и STM-4 взяты равными 28 дБ и 24 дБ, соответственно. Различие в максимальном затухании для этих двух уровней отражает существующую повсеместную доступность приемников STM-4, удовлетворяющих требованиям по чувствительности при меньшем значении затухания, по сравнению с существующими относительно дорогими приемниками STM-4, удовлетворяющими требованиям по чувствительности при большем значении затухания.

В Дополнении IV описаны два примера реализации возможности модернизации.

8.5 Совместное проектирование

В ограниченном числе случаев может быть рассмотрена возможность совместного проектирования с целью удовлетворения требований в отношении оптических участков, для которых спецификации интерфейсов данной Рекомендации оказываются неудовлетворительными. Это, вероятно, будет происходить, когда потери на требуемом участке будут больше (например, 2 дБ) потерь, указанных в данной Рекомендации, что может быть также рассмотрено и для других параметров.

В этих случаях сами заинтересованные администрации/операторы должны более точно определить аспекты системы, для которых спецификации данной Рекомендации являются неудовлетворительными. Важно подчеркнуть, что все ситуации, в которых требуется "совместное проектирование", вероятно, должны быть отличны друг от друга, следовательно, бессмысленно пытаться стандартизировать любое из значений параметров для этих систем. Вместо этого заинтересованным администрациям/операторам следует прийти к соглашению в отношении того, что требуется, а затем договориться с производителями по тому, что практически осуществимо. Весьма вероятно, что этот процесс приведет к тому, что один и тот же производитель, обеспечивающий соответствие требуемым показателям работы путем совместной оптимизации передатчиков и приемников, будет поставлять оборудование для обеих концов линии передачи.

Следует указать на то, что вместо бесплодных попыток определения каких-либо значений параметров для систем "совместного проектирования", заинтересованным администрациям/операторам или производителям рекомендуется следовать общим руководящим принципам и системному подходу к проектированию, используемому в настоящей Рекомендации. В частности, будет полезно использовать одни и те же определения параметров (например, чувствительность приемника в опорной точке R с учетом всех температурных эффектов и эффектов старения).

Приложение А

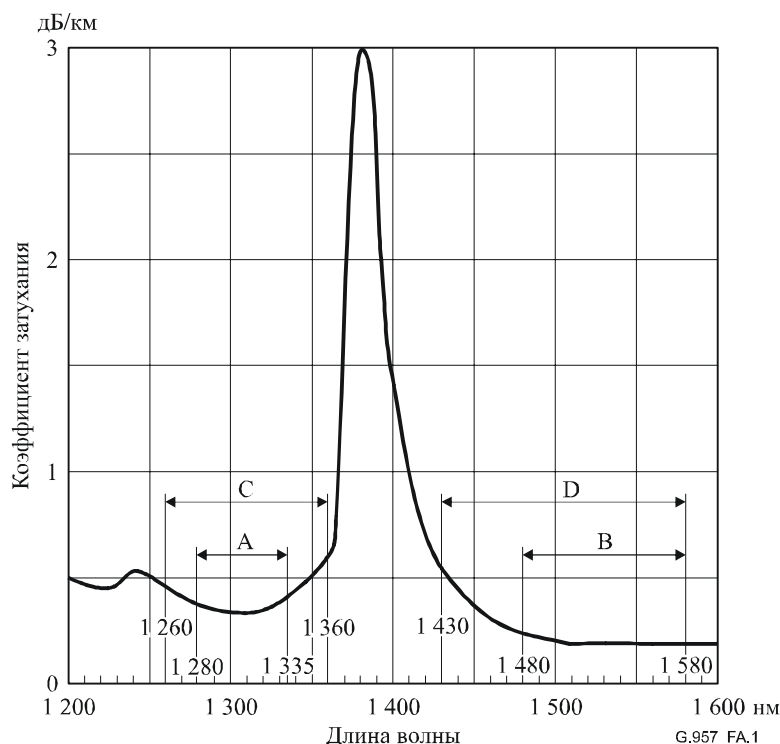
Соображения в отношении рабочей длины волны системы

В настоящем Приложении предоставляется дополнительная информация о выборе диапазона рабочих длин волн, указанных в таблицах 2–4.

А.1 Диапазоны рабочих длин волн, определяемые затуханием в волокне

Общий вид зависимости коэффициента затухания для проложенного волоконно-оптического кабеля, используемой в настоящей Рекомендации, показан на рисунке А.1. В данном случае он учитывает потери на срезках, сделанные при установке и ремонте, и рабочий диапазон температур. В Рек. МСЭ-Т G.652 указывается, что были получены значения затухания в диапазоне 0,3–0,4 дБ/км в области 1310 нм и 0,15–0,25 дБ/км в области 1550 нм.

Диапазоны рабочих длин волн, указанные в таблицах 2–4, были подтверждены данными, предоставленными производителями волокон, и предположениями в отношении общего запаса для учета прокладки кабелей, сращивания при прокладке, сращивания при ремонте и рабочего диапазона температур. Поэтому следующие эталонные значения максимального коэффициента затухания считаются соответствующими только в целях расчета систем: 3,5 дБ/км для внутростанционных приложений, 0,8 дБ/км для приложений малой дальности, 0,5 дБ/км для приложений большой дальности на 1310 нм и 0,3 дБ/км для приложений большой дальности на 1550 нм. Показано, что при использовании этих значений коэффициента затухания можно получить приблизительные целевые расстояния, приведенные в таблице 1.



Диапазоны А и В подходят для приложений большой дальности (L-N.x), а диапазоны С и D подходят для приложений малой дальности (S-N.x) и внутростанционных приложений (I-N).

Рисунок А.1/G.957 – Типичный коэффициент спектрального затухания для проложенного волоконно-оптического кабеля между S и R

А.2 Диапазоны рабочих длин волн, определяемые дисперсией волокна

Длина волны нулевой дисперсии для волокон G.652 находится между 1300 нм и 1324 нм, таким образом, волокно является оптимизированным по дисперсии в области 1310 нм. Эти длины волн и соответствующие требования, касающиеся наклона нулевой дисперсии, дают в результате максимальное допустимое абсолютное значение коэффициента дисперсии (определяемого волокнами, имеющими минимальные или максимальные длины волн нулевой дисперсии), показанное на рис. А.2-а. Однако волокна G.652 могут также использоваться в области 1550 нм, для которой максимальный коэффициент дисперсии является относительно большим, как показано на рис. А.2-б.

Допустимый диапазон длины волны нулевой дисперсии для волокна G.653 находится между 1500 нм и 1600 нм, таким образом, волокно является оптимизированным по дисперсии в области 1550 нм. Аналитические выражения для коэффициента дисперсии дают в результате максимально допустимые значения, представленные на рисунке А.3. Волокна G.653 могут также использоваться в области 1310 нм, для которой максимальный коэффициент дисперсии является относительно большим. Однако это возможное приложение в настоящее время не рассматривается в Рек. МСЭ-Т G.657.

Коэффициент дисперсии для волокон G.654 в области 1550 нм является аналогичным, однако немного большим, чем для волокон G.652. Этот случай все еще изучается и не был учтен в таблицах 2–4.

Для волокон G.652 в области 1310 нм и для волокон G.653 в области 1550 нм ограниченный дисперсией диапазон длин волн выбирается таким, чтобы абсолютные значения коэффициента дисперсии на предельных длинах волн были приблизительно равны. Как можно увидеть из форм кривых на рисунке А.2-а и рисунке А.3, абсолютные значения дисперсии по этой причине оказываются меньше в пределах рабочего диапазона длин волн.

Рисунок А.2-б показывает, что для волокон G.654, а также для волокон G.652 в области 1550 нм дисперсия ограничивает верхнюю рабочую длину волны, тогда как затухание ограничивает нижнюю рабочую длину волны.

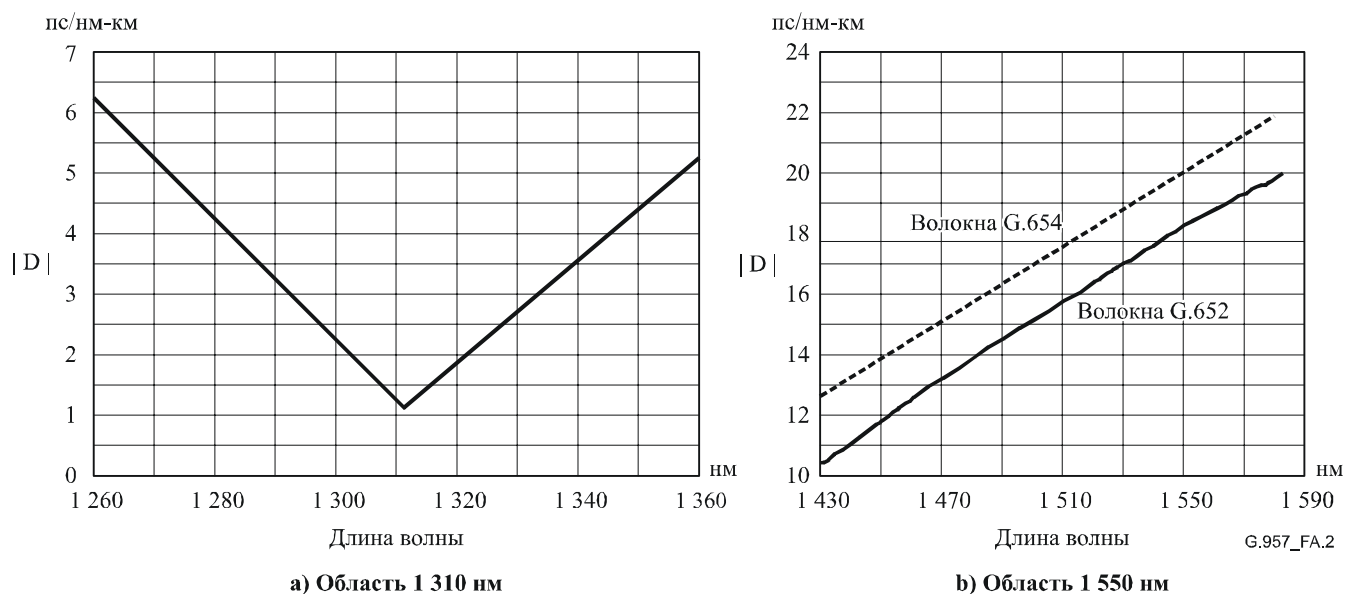


Рисунок А.2/G.957 – Максимальное абсолютное значение коэффициента дисперсии $|D|$ для волокон G.652 (—) и G.654 (----)

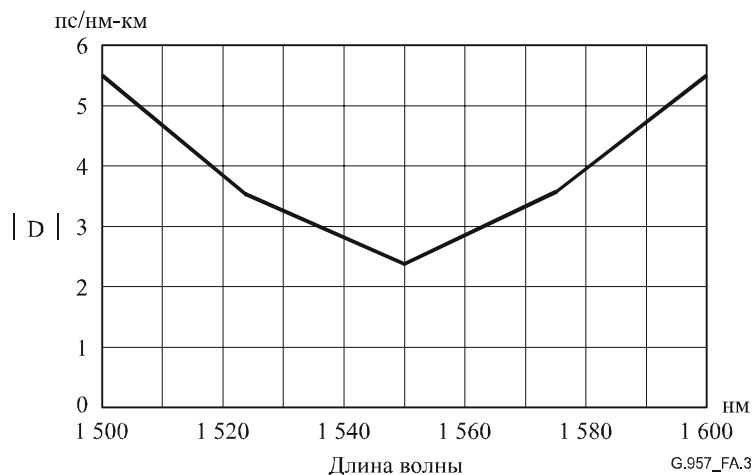


Рисунок А.3/G.957 – Максимальные абсолютные значения коэффициента дисперсии $|D|$ для волокон G.653

Взаимодействие передатчика и волокна учитывается параметром "эпсилон". Он определяется как произведение 10^{-6} , скорости передачи данных (в Мбит/с), дисперсии тракта (в пс/нм) и СКЗ спектральной ширины (в нм). Для штрафа по мощности в 1 дБ, вызванного дисперсией, эпсилон имеет максимальную величину. Только для учета межсимвольных помех к светодиодам и лазерам на ОПМ применяется значение 0,306. Ширина 20 дБ для лазеров на ОПМ считается как 6,07, умноженное на СКЗ ширины. (Увеличение эпсилон до 0,491, что соответствует штрафу по мощности 2 дБ, необходимо только для L-16.2.) Для учета межсимвольных помех и шума разделения мод к лазерам на МПМ применяется значение 0,115. (Для I-1 и I-4 большие значения спектральной ширины могут появляться нечасто, однако они сохранены в целях возможной экономии по стоимости.) Для учета изменений длины волны излучения к лазерам на ОПМ не применяется ни одно известное значение.

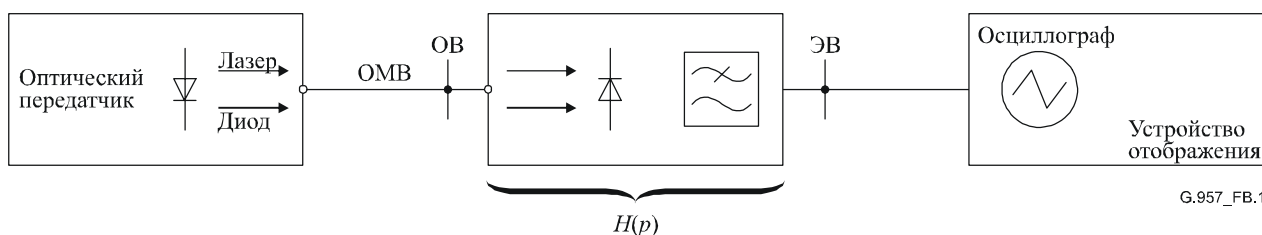
Для данной спектральной ширины фиксируется дисперсия оптического тракта для конкретного прикладного кода. Для соответствующей протяженности тракта, приведенной в таблице 1, получают затем максимально допустимый коэффициент дисперсии. Спектральная зависимость коэффициента дисперсии определяет тогда диапазон длин волн, ограниченных дисперсией. (Использование коэффициента дисперсии за пределами диапазонов длин волн, указанных в Рек. МСЭ-Т G.652, G.653 или G.654, является предметом дальнейших исследований.)

Приложение В

Измерение маски глаз-диаграммы оптического сигнала передачи

В.1 Измерительная установка

С целью обеспечения соответствия оптического сигнала передачи рабочим параметрам приемника рекомендуется использовать измерительную установку для снятия глаз-диаграммы оптического сигнала передачи, согласно рисунку В.1. Оптический attenuator может использоваться для адаптации уровня в опорной точке ОВ. Электрический усилитель может использоваться для адаптации уровня в опорной точке ЭВ. Значения маски глаз-диаграммы на рисунке 2 включают ошибки при измерении, например шум дискретизации осциллографа и неточности изготовления фильтра нижних частот.



G.957_FB.1

$H(p)$ Функция передачи опорного оптического приемника, включая функции передачи фотодетектора и электрического фильтра нижних частот

ОМВ Менее 10 м одномодового волокна (ОМВ), согласно Рек. МСЭ-Т G.652, G.653 или G.654

ОВ, ЭВ Опорные точки для оптического входа (ОВ) и электрического выхода (ЭВ)

Рисунок В.1/G.957 – Измерительная установка для глаз-диаграммы передатчика

В.2 Функция передачи опорного оптического приемника

Номинальная функция передачи опорного оптического приемника описывается характеристикой Бесселя-Гомсона четвертого порядка согласно выражению:

$$H(p) = \frac{1}{105} (105 + 105y + 45y^2 + 10y^3 + y^4)$$

с

$$p = j \frac{\omega}{\omega_r}$$

$$y = 2,1140p$$

$$\omega_r = 1,5\pi f_0$$

$$f_0 = \text{скорость передачи данных.}$$

Опорная частота $f_r = 0,75 f_0$. Номинальное затухание на этой частоте равно 3 дБ, где 0 дБ определяется как затухание на $0,03 f_r$. Соответствующее затухание и искажение из-за группового запаздывания на различных частотах приведены в таблице В.1. На рисунке В.2 показана упрощенная схема цепи фильтра нижних частот, используемая для измерения маски глаз-диаграммы оптического сигнала передачи.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Этот фильтр не предназначен для представления в качестве шумового фильтра.

Таблица В.1/G.957 – Номинальные значения затухания и искажения из-за группового запаздывания опорного оптического приемника

ff_0	ff_r	Затухание (дБ)	Искажение из-за группового запаздывания (UI)
0,15	0,2	0,1	0
0,3	0,4	0,4	0
0,45	0,6	1,0	0
0,6	0,8	1,9	0,002
0,75	1,0	3,0	0,008
0,9	1,2	4,5	0,025
1,0	1,33	5,7	0,044
1,05	1,4	6,4	0,055
1,2	1,6	8,5	0,10
1,35	1,8	10,9	0,14
1,5	2,0	13,4	0,19
2,0	2,67	21,5	0,30

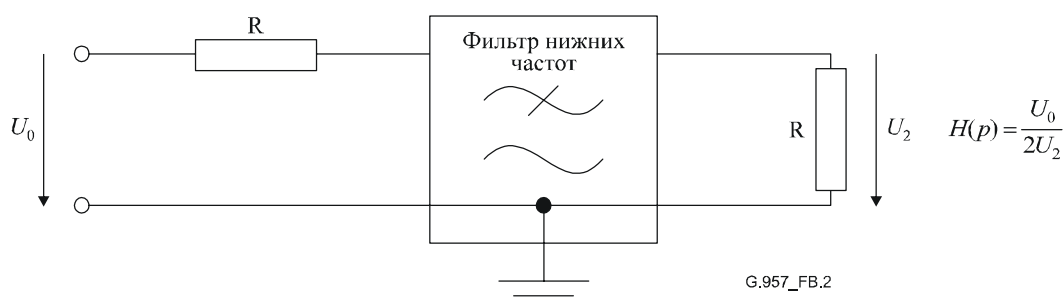


Рисунок В.2/G.957 – Фильтр нижних частот для измерения глаз-диаграммы передатчика

Для учета допусков компонентов оптического опорного приемника, включая фильтр низкой частоты, реальное затухание не должно отклоняться от номинального затухания на величину, превышающую значения, которые указаны в таблице В.2. Равномерность группового запаздывания должна проверяться в полосе частот ниже опорной частоты. Приемлемое отклонение является предметом дальнейших исследований.

Таблица В.2/G.957 – Значения допусков затухания опорного оптического приемника

ff_r	Δa (дБ) ^{а)}		
	STM-1	STM-4	STM-16
0,001 .. 1	±0,3	±0,3	±0,5
1 .. 2	±0,3 ... ±2,0	±0,3 ... ±2,0	±0,5 ... ±3,0

^{а)} Предварительные значения.
 ПРИМЕЧАНИЕ. – Промежуточные значения Δa должны быть линейно интерполированы на логарифмической шкале частот.

Дополнение I

Методы измерения отражений

Обычно используются два метода. В оптическом рефлектометре постоянного излучения (OCWR) используется постоянный или модулированный стабильный источник света с высокочувствительным измерителем оптической мощности с усреднением по времени. Он подходит для проведения измерений оптических возвратных потерь в кабельных сооружениях в точке S или отражательной способности приемника в точке R. В оптическом временном рефлектометре (OTDR) используется импульсный источник, имеющий низкую скважность, вместе с чувствительным оптическим приемником с высокой разрешающей способностью во временной области. Он подходит для проведения измерений дискретной отражательной способности между S и R или отражательной способности приемника в R.

В обоих приборах используются оптические ответвители 2×1 , и оба прибора имеются в продаже. Инструкции, которые поставляются вместе с прибором, могут заменять инструкции, приведенные ниже. Кроме того, разрабатываются испытательные процедуры.

В целях калибровки может использоваться перемычка с известным отражателем на конце. Значение отражательной способности может быть близко к нулю (что получают при тщательном согласовании показателей преломления и/или при слабом изгибе волокна) или около $-14,5$ дБ (при хорошем расщеплении), или может быть некоторая другая известная отражательная способность R_0 (при неполном расщеплении или примененном тонкопленочном покрытии). Соединение между перемычкой и прибором должно иметь низкую отражательную способность.

I.1 Оптический рефлектометр постоянного излучения

Состав ответвителя показан на рисунке I.1, и следующее калибровочное измерение необходимо выполнить только один раз. Мощность P_s измеряется путем непосредственного соединения оптического источника с измерителем мощности. Затем источник соединяют с выходным портом 3 ответвителя, тогда как измеритель мощности определяет P_{32} на входном порте 2. Теперь источник соединяют с входным портом 1, тогда как измеритель определяет мощность P_{13} на порте 3. Наконец, неотражающую перемычку соединяют с портом 3, тогда как на порте 2 измеряют мощность P_0 .

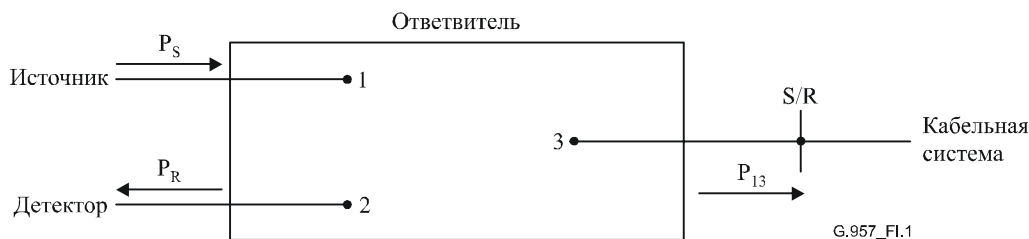


Рисунок I.1/G.957 – Конструкция ответвителя для OTDR и OCWR

Для измерения отражательной способности детектора разъем в точке R соединен с портом 3; для измерения ОВП кабельной системы разъем в точке S соединен с портом 3. В каждом случае измерителем определяется мощность P_R в порте 2. Отражательная способность детектора:

$$R = 10 \log_{10} \frac{P_s (P_R - P_0)}{P_{13} P_{32}}.$$

Оптические возвратные потери кабельной системы:

$$ORL = -R$$

1.2 Оптический временной рефлектометр

В данном случае ответитель обычно находится внутри прибора. Регулируемый оптический аттенуатор и короткий отрезок волокна, длина которого находится вне зоны нечувствительности прибора, поставляются вместе с прибором, если они не входят в его состав. Следующие калибровочные измерения следует выполнить только один раз. Присоединяется перемычка с известной отражательной способностью R_0 , что задает вид кривой OTDR, схематически изображенной на рисунке 1.2. Оптический аттенуатор регулируется так, чтобы пик отражения оказался немного ниже уровня насыщения прибора. Отмечается высота пика H_0 . Рассчитывается коэффициент калибровки:

$$F = R_0 - 10 \log_{10} \left(10^{\frac{H_0}{5}} - 1 \right).$$

(Если измеряется длительность по времени D импульса, то коэффициент обратного рассеяния волокна $B = F - 10 \log_{10} D$. Если D выражено в наносекундах, то B составляет примерно -80 дБ.)

Для измерения максимальной дискретной отражательной способности между S и R, OTDR подключается к точке S или R. Высота пика H отмечается для конкретной отражательной способности. Результирующее значение

$$R = F + 10 \log_{10} \left(10^{\frac{H}{5}} - 1 \right).$$

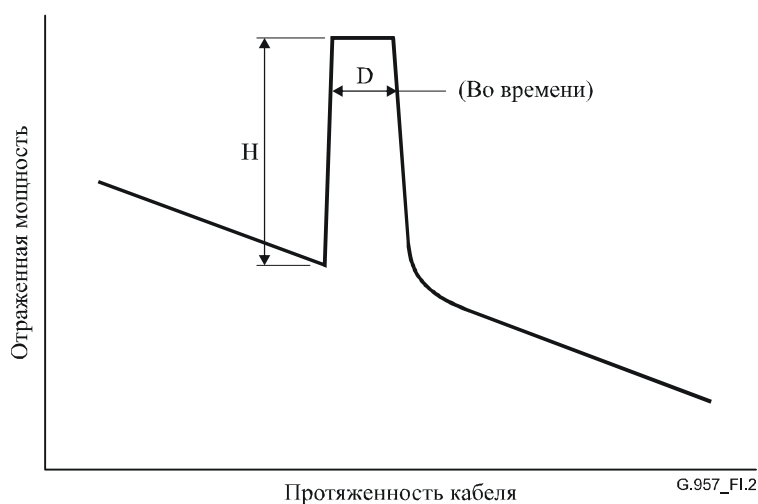


Рисунок 1.2/G.957 – Вид кривой OTDR при дискретном отражателе

Дополнение II

Проведение измерения защищенности при наличии последовательных идентичных цифр (CID)

II.1 Введение

Сигналы STM-N содержат области в потоке данных, в которых возможность появления вносимых ошибок оказывается выше вследствие структуры данных внутри этих областей.

В частности, могут быть выявлены три случая:

- 1) ошибки в результате закрытия глаз-диаграммы, вызванной тенденцией изменения основного уровня сигнала в оборудовании в зависимости от плотности последовательности из-за электрической связи по переменному току ("дрейф постоянной составляющей");
- 2) ошибки, вызванные неспособностью цепи восстановления временной синхронизации обеспечить неразрывность областей данных с небольшим объемом информации о синхронизации в виде переходов данных;
- 3) ошибки, вызванные тем же, что и в п. 2) выше, отказом цепи восстановления временной синхронизации, но усугубленные появлением первой строки байтов заголовка секции STM-N, предшествующей периоду с малым объемом информации о синхронизации (эти байты имеют низкое содержание данных, в частности для больших N).

Для проверки способности оборудования STM-N работать без ошибок при упомянутых выше условиях представляется возможным метод оценки защищенности блока в цепи при наличии последовательных идентичных цифр (CID).

Данный метод может применяться на этапе проектирования оборудования и в соответствующие моменты процесса сборки при производстве.

Для проверки адекватности восстановления временной синхронизации и работы оборудования STM-N на низких частотах могут использоваться чередующиеся последовательности цифровых сигналов.

Соответствующие цепочки последовательностей определены ниже и показаны на рисунке II.1.

Данное испытание не имеет целью моделирование ситуаций, которые могут возникать при возможных аномальных условиях работы оборудования.

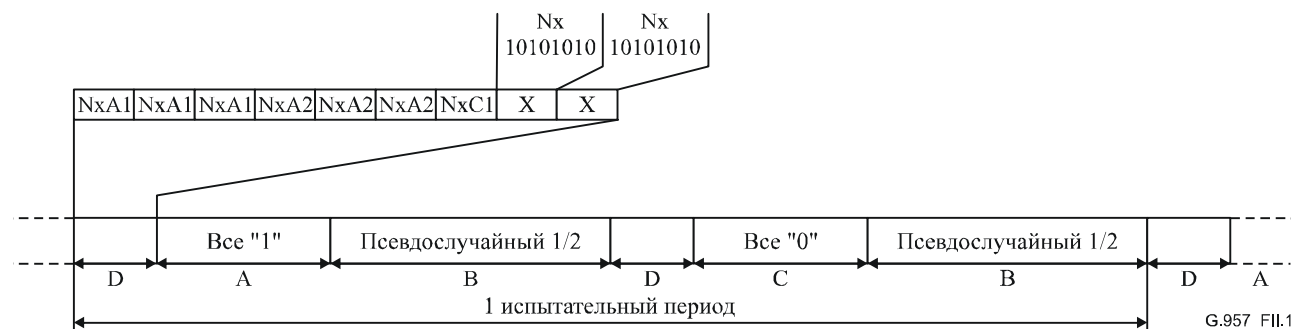


Рисунок II.1/G.957 – Испытательная цепочка зависимости последовательностей STM-N

II.2 Метод

Конкретные испытательные последовательности состоят из последовательных блоков данных четырех типов:

- a) все единицы (нулевое информационное наполнение в отношении временной синхронизации, высокая средняя амплитуда сигнала);
- b) псевдослучайные данные с отношением плотности маркеров 1/2;
- c) все нули (нулевое информационное наполнение в отношении временной синхронизации, низкая средняя амплитуда сигнала);
- d) блок данных, состоящий из первой строки байтов заголовка секции для испытываемой системы STM-N.

Испытательная последовательность показана на рисунке II.1, на котором можно выделить области А, В, С и D.

Длительность периодов нулевого информационного наполнения в отношении временной синхронизации А и С приравнена к самым длинным последовательностям элементов сигнала STM-N. В этом случае временно предлагается значение, равное девяти байтам (72 битам).

Длительность псевдослучайных периодов должна позволить восстановить как нулевое базовое линейное смещение сигнала, так и цепь восстановления временной синхронизации после периодов А и С. Следовательно, эта длительность должна быть больше самой большой постоянной времени в подсистеме приемника. В случае выделения тактовой частоты на основе ФАПЧ эта величина может составить 10 000 битов. Учитывая возможные недостатки испытательного оборудования, минимальным приемлемым значением считается 2000 битов.

Информационное наполнение псевдослучайной секции должно создаваться скремблером, имеющим тот же полином, который определен в Рек. МСЭ-Т G.707/Y.1322. Теоретически скремблер должен работать независимо, т. е. начало последовательности не должно быть коррелировано с секцией синхронизации кадров. Такая мера обеспечит то, что в ходе испытания система будет испытывать в некоторой точке наихудшее возможное фазирование двоичной псевдослучайной последовательности (ДПСП). Однако признается, что недостатки испытательного оборудования могут препятствовать использованию независимо функционирующего скремблера. Следовательно, может быть необходимо определить наихудший случай фазирования ДПСП, но этот вопрос является предметом дальнейшего исследования.

Период D определяется как первая строка заголовка секции сигнала STM-N, включая действительные байты С1 (последовательные двоичные номера), описанные в п. 9.2 Рек. МСЭ-Т G.707/Y.1322.

Рекомендуется, чтобы данная проверка применялась к системам СЦИ в любой соответствующий момент времени на этапе проектирования или производства. Это осуществляется с целью демонстрации возможности цепи восстановления сигнала и цепи принятия решений правильно обрабатывать сигналы СЦИ в худшем случае.

Следует подчеркнуть, что испытательная последовательность может быть отвергнута некоторым оборудованием или быть причиной его неисправной работы ввиду, например, наличия байтов кадровой синхронизации внутри последовательности. Поэтому проверка должна проводиться только в отношении устройств, на которых это не так сказывается, например блоков восстановления временной синхронизации, усилительных цепей приемника и т. п.

Однако проверка может применяться в некоторых случаях на доступных пользовательских портах. Она не предлагается в качестве проверки при общей приемке, для которой могут потребоваться специально определенные порты доступа и соединительные схемы внутри оборудования.

Дополнение III

Возможный метод оценки влияния запаса на старение в характеристики чувствительности приемника

В настоящем Дополнении представляется возможный метод определения влияния, обусловленного эффектами старения, в характеристику чувствительности приемника, используемую в данной Рекомендации.

III.1 Чувствительность приемника и раскрыв глаз-диаграммы

На рисунке III.1 показан раскрыв глаз-диаграммы в приемнике в зависимости от принимаемой оптической мощности. Значение раскрыва глаз-диаграммы, E , является величиной, которая определяется конструктором системы для работы при КОБ = 10^{-10} . Принимаемая мощность P_2 соответствует уровню мощности, требуемой для максимального раскрыва глаз-диаграммы в приемнике. Для стабильной работы системы принимаемая оптическая мощность обычно устанавливается на более высокий уровень, чем P_1 , например на такой, при котором в конце срока службы системы все еще удовлетворяется заданный раскрыв глаз-диаграммы E . Таким образом, P_1 – это чувствительность приемника в конце срока службы, а P_0 – это чувствительность приемника в начале срока службы. M – это запас между P_1 и P_0 для учета эффектов старения приемника. Величина запаса в отношении глаз-диаграммы зависит от характеристик приемника, а значения для различных приемников могут составлять $E_1 - E$ и $E_2 - E$ (например, тип I или тип II). Соответствующий запас в отношении глаз-диаграммы не может быть достигнут, если принимаемая мощность равна P_0 .

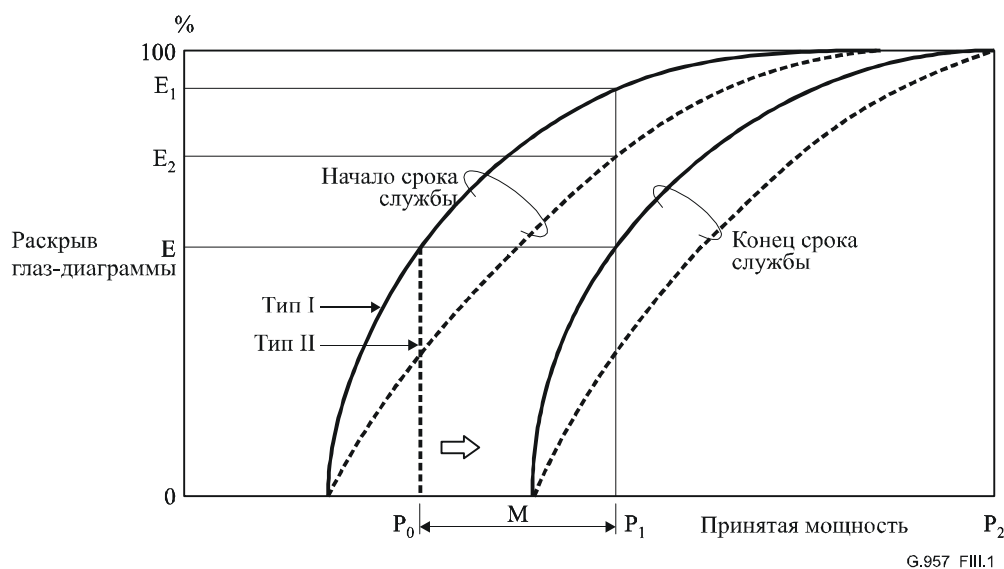


Рисунок III.1/G.957 – Характеристики раскрыва глаз-диаграммы

Что касается влияния эффектов старения на показатели работы приемника, то можно допустить, что раскрыв глаз-диаграммы как функция принимаемой оптической мощности смещается параллельно первоначальным характеристикам, как показано на рисунке III.2. В целях моделирования эффектов старения можно также допустить, что смещенная кривая может быть получена путем добавления некоторой величины шума межсимвольных помех к сигналу, соответствующему начальному значению запаса в отношении глаз-диаграммы. Предложенным методом испытания для оценки раскрыва глаз-диаграммы таким способом является испытание S/X .

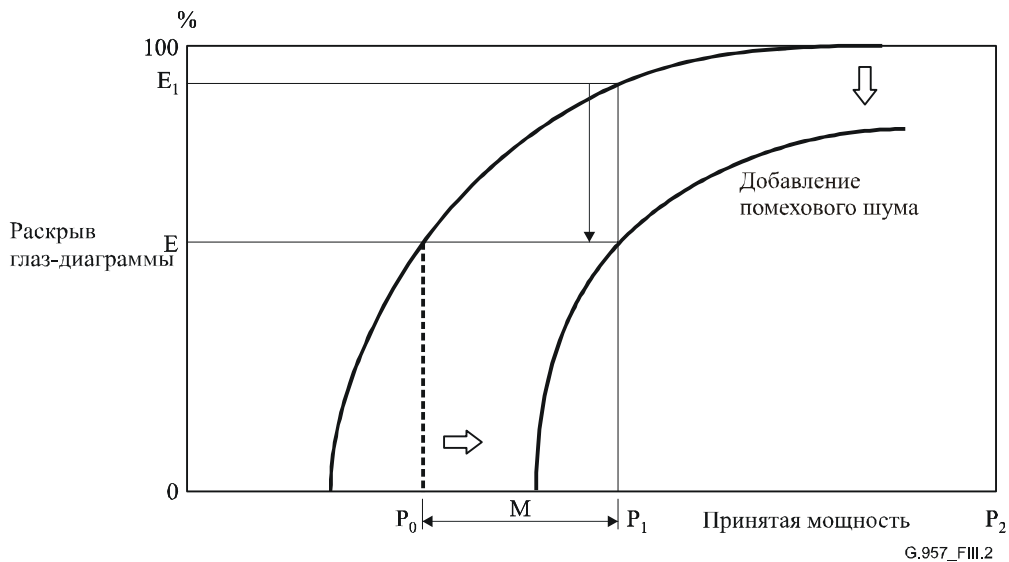


Рисунок III.2/G.957 – Раскрыв глаз-диаграммы, вызванный межсимвольными помехами

III.2 Метод испытания S/X

Испытание S/X выполняется с целью моделирования шума межсимвольных помех путем использования сигнала NRZ, модулированного на низкой частоте, по сравнению с рабочей скоростью передачи данных системы. Этот мешающий сигнал оптически объединяют с обычным оптическим сигналом и подают в испытываемый приемник.

При проведении испытания S/X мощность обычного оптического сигнала, как правило, устанавливается на P_1 . Величина оптической мощности шума помех X может быть определена с помощью соотношения между раскрывом глаз-диаграммы и отношением S/X , характеристики которого показаны на рисунке III.3. Из рисунка III.3 следует, что отношение S/X может быть определено как $(S/X)_E$ с помощью соотношения между E_1 и E . Запас на старение M и $(S/X)_E$ задаются выражениями:

$$M = P_1 - P_0$$

$$(S/X)_E = \frac{P_1}{X}$$

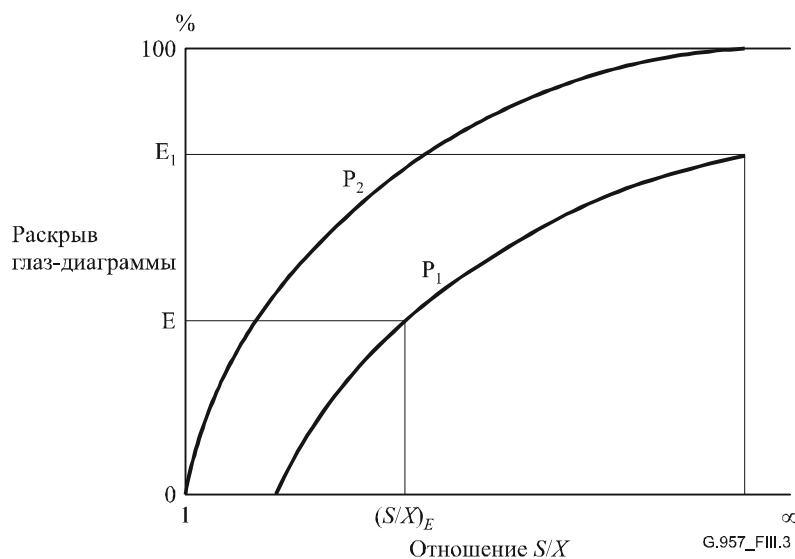


Рисунок III.3/G.957 – Раскрыв глаз-диаграммы и параметр "отношение S/X "

Дополнение IV

Примеры возможности модернизации

Ниже описаны два примера реализации возможности модернизации:

IV.1 Пример 1

С целью реализации недорогих конструкций для конкретного иерархического уровня путем использования существующих, повсеместно доступных оптических компонентов могут быть приняты следующие максимальные диапазоны затухания для приложений большой дальности:

- STM-1 28 дБ;
- STM-4 24 дБ;
- STM-16 24 дБ.

Существуют следующие возможности для осуществления модернизации одного иерархического уровня до более высокого иерархического уровня, когда желательно сохранить расстояния между регенераторами для исходной и модернизированной систем:

- i) Конструкция исходной системы может быть основана на наименьшем затухании (т. е. самом высоком иерархическом уровне), предусматриваемом для модернизированной системы большой дальности.
- ii) Если исходная система работает в области 1310 нм на волокне G.652 то модернизированная система может работать в области 1550 нм с целью получения меньшего затухания в кабеле, хотя и с более высоким штрафом по дисперсии.
- iii) Компоненты с относительно высокими потерями (например, соединители) могут быть заменены в модернизированной системе компонентами с низкими потерями.
- iv) Для модернизированной системы могут применяться методы статистического проектирования с целью обеспечения создания улучшенных кабельных участков.

IV.2 Пример 2

Другой подход к возможности модернизации состоит в применении в системах высшего порядка STM-N концепции набора классов качества для межстанционных интерфейсов большой дальности. В таблице IV.1 и на рисунке IV.1 показана классификация по качеству, основанная на максимальном затухании. Значения параметров для различных классов являются предметом дальнейшего исследования. Эти классы качества могут применяться пользователями при рассмотрении планирования сети и стоимостных характеристик и т. д. Кроме того, конструкция системы более высокого класса должна допускать учет будущих технологических достижений и изменяющихся требований к обслуживанию.

Таблица IV.1/G.957 – Классы качества для приложений большой дальности

Максимальное затухание	STM-1	STM-4	STM-16
28 дБ	Класс 1	Класс 2	Класс 2
24 дБ	–	Класс 1	Класс 1

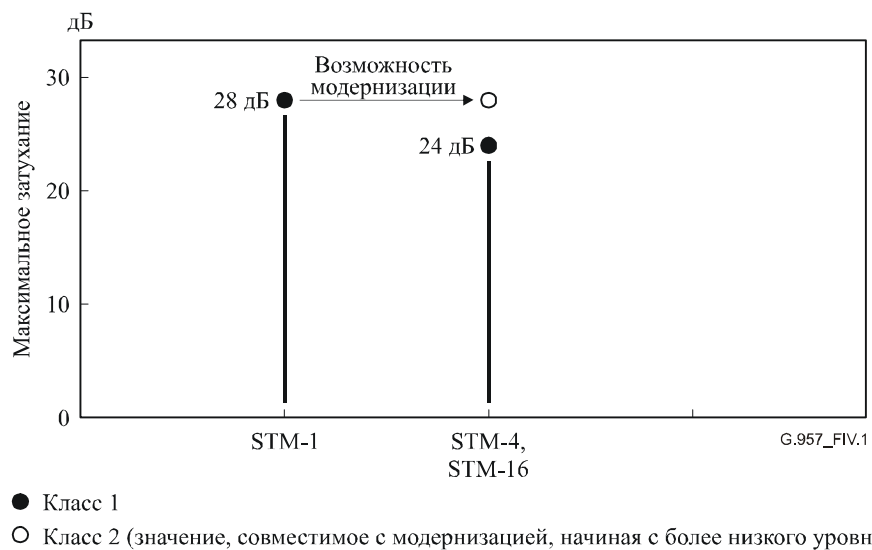


Рисунок IV.1/G.957 – Максимальное затухание для межстанционных интерфейсов большой дальности STM-N для двух классов качества

СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

Серия А	Организация работы МСЭ-Т
Серия D	Общие принципы тарификации
Серия E	Общая эксплуатация сети, телефонная служба, функционирование служб и человеческие факторы
Серия F	Нетелефонные службы электросвязи
Серия G	Системы и среда передачи, цифровые системы и сети
Серия H	Аудиовизуальные и мультимедийные системы
Серия I	Цифровая сеть с интеграцией служб
Серия J	Кабельные сети и передача сигналов телевизионных и звуковых программ и других мультимедийных сигналов
Серия K	Защита от помех
Серия L	Конструкция, прокладка и защита кабелей и других элементов линейно-кабельных сооружений
Серия M	Управление электросвязью, включая СУЭ и техническое обслуживание сетей
Серия N	Техническое обслуживание: международные каналы передачи звуковых и телевизионных программ
Серия O	Требования к измерительной аппаратуре
Серия P	Качество телефонной передачи, телефонные установки, сети местных линий
Серия Q	Коммутация и сигнализация
Серия R	Телеграфная передача
Серия S	Оконечное оборудование для телеграфных служб
Серия T	Оконечное оборудование для телематических служб
Серия U	Телеграфная коммутация
Серия V	Передача данных по телефонной сети
Серия X	Сети передачи данных, взаимосвязь открытых систем и безопасность
Серия Y	Глобальная информационная инфраструктура, аспекты межсетевого протокола и сети последующих поколений
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи