



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

G.698.1

(06/2005)

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

Характеристики среды передачи – Характеристики
оптических компонентов и подсистем

**Многоканальные приложения DWDM с
одноканальными оптическими
интерфейсами**

Рекомендация МСЭ-Т G.698.1

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
Общие положения	G.600–G.609
Симметричные кабельные пары	G.610–G.619
Наземные коаксиальные кабельные пары	G.620–G.629
Подводные кабели	G.630–G.649
Волоконно-оптические кабели	G.650–G.659
Характеристики оптических компонентов и подсистем	G.660–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
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.

Многоканальные приложения DWDM с одноканальными оптическими интерфейсами

Резюме

В настоящей Рекомендации предоставляются значения оптических параметров для интерфейсов физического уровня систем с плотным волновым уплотнением (DWDM), предназначенных, в первую очередь, для общегородских приложений. Приложения определяются с применением параметров оптических интерфейсов в точках соединений одиночных каналов между оптическими передатчиками и оптическим мультиплексором, а также между оптическими приемниками и оптическим демультиплексором в системе с DWDM. В настоящей Рекомендации используется методология, которая объединяет максимальное затухание мультиплексора/демультиплексора и волокна и поэтому не определяет в явном виде максимальную протяженность волоконной линии. В настоящий вариант Рекомендации включены однонаправленные приложения DWDM на скоростях 2,5 и 10 Гбит/с с частотным разнесением каналов, равным 100 ГГц.

Источник

Рекомендация МСЭ-Т G.698.1 утверждена 29 июня 2005 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, вырабатывают 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 не 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.

© 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	Область применения	1
2	Ссылки	1
	2.1 Нормативные ссылки	1
	2.2 Информативные ссылки.....	2
3	Термины и определения	2
4	Сокращения	3
5	Классификация оптических интерфейсов.....	3
	5.1 Приложения.....	3
	5.4 Одноканальные интерфейсы в эталонных точках S_S и R_S	6
6	Поперечная совместимость	7
7	Определения параметров.....	8
	7.1 Общая информация	8
	7.2 Интерфейс в точке S_S	9
	7.3 Параметры оптического тракта (один пролет) от S_S до R_S	10
	7.4 Интерфейс в точке R_S	13
8	Значения параметров	14
9	Соображения в отношении оптической безопасности	19

Многоканальные приложения DWDM с одноканальными оптическими интерфейсами

1 Область применения

Цель настоящей Рекомендации состоит в предоставлении спецификаций оптического интерфейса с целью реализации систем с плотным волновым уплотнением (DWDM), совместимых в поперечном направлении, предназначенных, прежде всего, для общегородских приложений.

В настоящей Рекомендации определяются и предоставляются значения для параметров одноканальных оптических интерфейсов физических межпунктовых приложений DWDM (с дальностью передачи в диапазоне примерно от 30 до 80 км) на одномодовых оптических волокнах с использованием метода "черной линии".

Несмотря на то, что приложения, содержащие усилители, не определяются в настоящее время в этой Рекомендации, предполагается, что они будут включены в будущую пересмотренную рекомендацию.

В настоящей Рекомендации описываются системы DWDM, которые включают следующие особенности:

- частотное разнесение каналов: 100 ГГц и выше (определено в Рек. МСЭ-Т G.694.1);
- скорость битов в канале связи: до 10 Гбит/с.

Спецификации организованы в соответствии с прикладными кодами.

2 Ссылки

Указанные ниже 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 могут подвергаться пересмотру; поэтому всем пользователям данной Рекомендации предлагается изучить возможность применения последнего издания рекомендаций и других ссылок, перечисленных ниже. Перечень действующих на настоящий момент рекомендаций МСЭ-Т регулярно публикуется. Ссылка на документ, приведенный в настоящей Рекомендации, не придает ему как отдельному документу статус рекомендации.

2.1 Нормативные ссылки

- 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.*
- ITU-T Recommendation G.655 (2003), *Characteristics of a non-zero dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable.*
- Рекомендация МСЭ-Т G.664 (2003 г.), *Процедуры и требования к обеспечению оптической безопасности оптических транспортных систем.*
- Рекомендация МСЭ-Т G.671 (2005 г.), *Характеристики передачи оптических компонентов и подсистем.*
- ITU-T Recommendation G.691 (2003), *Optical interfaces for single-channel STM-64 and other SDH systems with optical amplifiers.*
- ITU-T Recommendation G.692 (1998), *Optical interfaces for multichannel systems with optical amplifiers.*
- ITU-T Recommendation G.694.1 (2002), *Spectral grids for WDM Applications: DWDM frequency grid.*

- Рекомендация МСЭ-Т G.709/Y.1331 (2003 г.), *Интерфейсы оптической транспортной сети (OTN)*.
- ITU-T Recommendation G.957 (1999), *Optical interfaces for equipments and systems relating to the synchronous digital hierarchy*.
- Рекомендация МСЭ-Т G.959.1 (2003 г.), *Интерфейсы физического уровня оптической транспортной сети*.
- 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)*.

2.2 Информативные ссылки

- Рекомендации МСЭ-Т серии G – Дополнение 39 (2003 г.), *Рассмотрение вопросов расчета и проектирования оптических систем*.
- ITU-T Recommendation G.8251 (2001), *The control of jitter and wander within the optical transport network (OTN)*.

3 Термины и определения

В настоящей Рекомендации используются следующие термины, определенные в Рек. МСЭ-Т G.671:

- плотное волновое уплотнение (DWDM);
- вносимые потери в канале;
- отражательная способность;
- неравномерность;
- разнесение каналов;
- дифференциальная групповая задержка;
- отражательная способность.

В настоящей Рекомендации используется следующий термин, определенный в Рек. МСЭ-Т G.694.1:

- частотная сетка.

В настоящей Рекомендации используется следующий термин, определенный в Рек. МСЭ-Т G.709/Y.1331:

- полностью стандартизованный ТБОКк (ТБОКк).

В настоящей Рекомендации используются следующие термины, определенные в Рек. МСЭ-Т G.957:

- совместное проектирование;
- чувствительность приемника;
- поперечная совместимость.

В настоящей Рекомендации используются следующие термины, определенные в Рек. МСЭ-Т G.959.1:

- оптический компонентный сигнал;
- оптический компонентный сигнал класса NRZ 2.5G;
- оптический компонентный сигнал класса NRZ 10G.

4 Сокращения

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения:

КОБ	Коэффициент ошибок по битам
ДГЗ	Дифференциальная групповая задержка
ЕХ	Коэффициент гашения
FEC	Упреждающая коррекция ошибок
дди	Для дальнейшего исследования
НП	Не применяется
ЭС	Элемент сети
NRZ	Без возврата к нулю
ОУ	Оптический усилитель
ОМВВ	Оптический мультиплексор ввода/вывода
ОД	Оптический демультиплексор
ОМ	Оптический мультиплексор
ОЭС	Оптический элемент сети
ТБОКк	Полностью стандартизированный транспортный блок оптического канала k
ПМД	Поляризационная модовая дисперсия
RP _R	Эталонная точка линии на общем входе элемента сети с DWDM
RP _S	Эталонная точка линии на общем выходе элемента сети с DWDM
R _S	Эталонная точка одиночного канала на потоковом выходе элемента сети с DWDM
S _S	Эталонная точка одиночного канала на потоковом входе элемента сети с DWDM
ВУ	Волновое уплотнение

5 Классификация оптических интерфейсов

5.1 Приложения

В настоящей Рекомендации предоставляются параметры физического уровня и значения для одноканальных интерфейсов многоканальных оптических систем с DWDM в физических межпунктовых приложениях. Эти системы с DWDM с одноканальными интерфейсами предназначены, прежде всего, для использования в общегородских сетях с различными клиентами, услугами и протоколами.

В настоящей Рекомендации применяется способ создания спецификации с использованием метода "черной линии", который означает, что параметры оптического интерфейса заданы только для оптических компонентных сигналов (одиночного канала). Дополнительные спецификации предоставляются для таких параметров черной линии, как максимальное затухание, хроматическая дисперсия, неравномерность и поляризационная модовая дисперсия. Этот метод обеспечивает возможность поперечной совместимости в одноканальной точке за счет прямой конфигурации волнового уплотнения. Однако он не обеспечивает поперечной совместимости в многоканальных точках. В этом методе ОМ и ОД считаются одним набором оптических устройств.

В настоящее время в этой Рекомендации рассматриваются только приложения DWDM, в которых черная линия не содержит оптических усилителей.

5.2 Эталонные точки

5.2.1 Однонаправленные приложения

На рисунке 5-1 показан набор эталонных точек при использовании метода "черной линии" для одноканального соединения (S_S и R_S) между передатчиками (Tx) и приемниками (Rx). Элемент сети DWDM включает здесь OM или ОД, который используется как пара с противостоящим элементом.

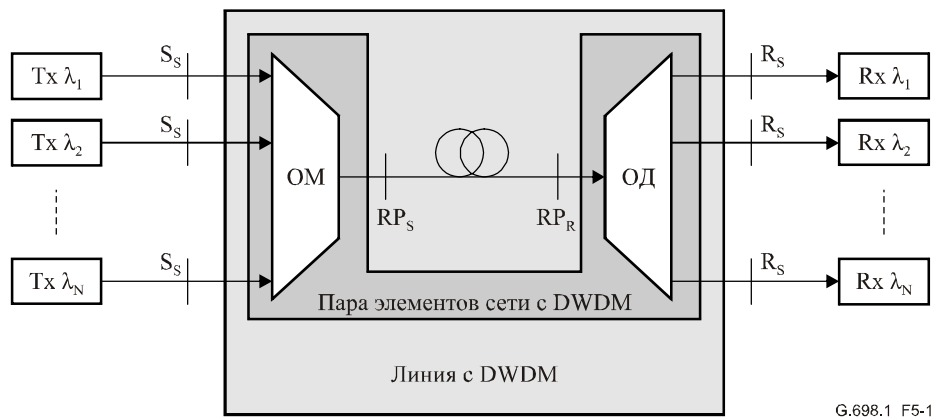


Рисунок 5-1/G.698.1 – Метод "черной линии"

Эта эталонная модель не включает каких-либо оптических усилителей в системе с DWDM. Эталонные точки на рисунке 5-1 определяются следующим образом:

- S_S – это эталонная точка одиночного канала на потоковом входе элемента сети с DWDM;
- R_S – это эталонная точка одиночного канала на потоковом выходе элемента сети с DWDM;
- RP_S – это эталонная точка линии на общем выходе элемента сети с DWDM;
- RP_R – это эталонная точка линии на общем входе элемента сети с DWDM.

Отметим, что RP_S и RP_R определяются только для предоставления информации по волоконной линии, а не для предоставления характеристик сигнала в этих точках.

5.2.2 Двухнаправленные приложения

Несмотря на то, что в настоящее время в этой Рекомендации не содержатся какие-либо двухнаправленные приложения, предполагается, что они будут добавлены в будущей пересмотренной рекомендации. На рисунке 5-2 показан набор эталонных точек для одноволоконного двухнаправленного метода "черной линии" для одноканального соединения (S_S и R_S) между передатчиками (Tx) и приемниками (Rx). Элемент сети DWDM включает здесь OM/ОД, который используется как пара с противостоящим элементом.

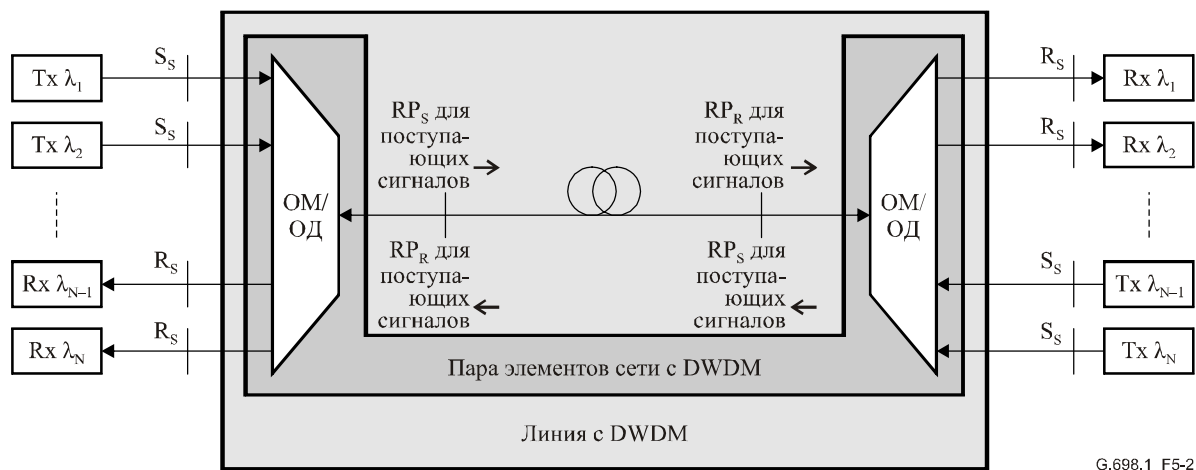


Рисунок 5-2/G.698.1 – Метод "черной линии" для двунаправленных приложений

Эталонные точки на рисунке 5-2 даны в соответствии с п. 5.2.1.

5.3 Система условных обозначений

Прикладной код устанавливает сеть, внедрение и архитектурные характеристики приложения.

Обозначение прикладного кода составляется следующим образом:

$$DScWx-ytz(v),$$

где:

- D** это указатель приложений с DWDM.
- S** указывает такие варианты максимальной спектральной амплитуды, как:
 - **N** указывает узкую спектральную амплитуду;
 - **W** указывает широкую спектральную амплитуду.
- c** это канальный разнос в ГГц.
- W** это буква, указывающая дальность пролета, как например:
 - **S** указывает на малую протяженность;
 - **L** указывает на большую протяженность.
- x** это максимальное число пролетов, допускаемое в пределах прикладного кода.
- y** указывает, какой самый высокий класс оптического компонентного сигнала поддерживается:
 - **1** указывает на NRZ 2.5G;
 - **2** указывает на NRZ 10G.
- t** это буква-заполнитель, указывающая конфигурацию, которая поддерживается прикладным кодом. В настоящем варианте этой Рекомендации единственным используемым значением является:
 - **D** указывает, что черная линия не содержит каких-либо оптических усилителей.

z указывает типы волокон следующим образом:

- 2 указывает на волокно G.652;
- 3 указывает на волокно G.653;
- 5 указывает на волокно G.655.

v указывает диапазон рабочих длин волн через полосы спектра (см. Рекомендации МСЭ-Т серии G – Дополнение 39):

v	Дескриптор	Номинальный диапазон длин волн (нм)
S	Малая длина волны	1 460–1 530
C	Обыкновенный	1 530–1 565
L	Большая длина волны	1 565–1 625

Если используется более, чем одна спектральная полоса, то **v** становится буквами полосы, разделенными "+", например, для приложения, требующего использования полос C и L, **v** будет "C + L".

ПРИМЕЧАНИЕ. – Номинальные диапазоны длин волн даны здесь в целях классификации, а не спецификации. Реальная минимальная и максимальная длины волн для каждого приложения должны быть рассчитаны исходя из максимальной и минимальной частот канала для этого приложения.

Двунаправленная система указывается путем добавления буквы **B** впереди прикладного кода. Для прикладных кодов DWDM это будет:

B-DS_Wx-ytz(v).

Для некоторых прикладных кодов в конце кода добавляется индекс. В настоящее время единственным определенным индексом является:

- **F** для указания того, что для этого приложения необходима передача битов FEC, как определено в Рек. МСЭ-Т G.709/Y.1331.

5.4 Одноканальные интерфейсы в эталонных точках S_s и R_s

Одноканальные интерфейсы, описанные в п. 5.4.1, предназначены для обеспечения возможности поперечной совместимости на одноканальных интерфейсах на любом конце линии с DWDM (ОМ, волокно и ОД), как показано на рисунках 5-1 и 5-2.

С дополнительными требованиями, имеющими отношение к поперечной совместимости, можно ознакомиться в пункте 6.

Прикладные коды одиночных каналов, построенные в соответствии с системой условных обозначений в п. 5.3, сведены в таблицу 5-1.

Таблица 5-1/G.698.1 – Классификация приложений

Приложение	Малая протяженность (S)	Большая протяженность (L)
Тип волокна	G.652, G.653, G.655	G.652, G.653, G.655
Класс оптического компонентного сигнала NRZ 2.5G	DN100S1-1D2(C), DW100S1-1D2(C), DN100S1-1D3(L), DW100S1-1D3(L), DN100S1-1D5(C), DW100S1-1D5(C)	DN100L1-1D2(C), DW100L1-1D2(C), DN100L1-1D3(L), DW100L1-1D3(L), DN100L1-1D5(C), DW100L1-1D5(C)

Таблица 5-1/G.698.1 – Классификация приложений

Приложение	Малая протяженность (S)	Большая протяженность (L)
Тип волокна	G.652, G.653, G.655	G.652, G.653, G.655
ТБОК1 с задействованной FEC	DN100S1-1D2(C)F, DW100S1-1D2(C)F, DN100S1-1D3(L)F, DW100S1-1D3(L)F, DN100S1-1D5(C)F, DW100S1-1D5(C)F	DN100L1-1D2(C)F, DW100L1-1D2(C)F, DN100L1-1D3(L)F, DW100L1-1D3(L)F, DN100L1-1D5(C)F, DW100L1-1D5(C)F
Класс оптического компонентного сигнала NRZ 10G	DN100S1-2D2(C), DW100S1-2D2(C), DN100S1-2D3(L), DW100S1-2D3(L), DN100S1-2D5(C), DW100S1-2D5(C)	DN100L1-2D2(C), DW100L1-2D2(C), DN100L1-2D3(L), DW100L1-2D3(L), DN100L1-2D5(C), DW100L1-2D5(C)
ТБОК2 с задействованной FEC	DN100S1-2D2(C)F, DW100S1-2D2(C)F, DN100S1-2D3(L)F, DW100S1-2D3(L)F, DN100S1-2D5(C)F, DW100S1-2D5(C)F	DN100L1-2D2(C)F, DW100L1-2D2(C)F, DN100L1-2D3(L)F, DW100L1-2D3(L)F, DN100L1-2D5(C)F, DW100L1-2D5(C)F

5.4.1 Многоканальные системы с одноканальными интерфейсами без усилителей

Многоканальные системы с одноканальными интерфейсами без усилителей в этой Рекомендации определены в таблицах 8-1–8-4.

5.4.2 Многоканальные системы с одноканальными интерфейсами с усилителями

Многоканальные системы с одноканальными интерфейсами с усилителями в настоящее время не определены в этой Рекомендации.

6 Поперечная совместимость

В настоящей Рекомендации определяются параметры с целью обеспечения возможности поперечной (т. е. от разных поставщиков) совместимости элементов сети (ЭС) с DWDM в методе "черной линии" в эталонных точках S_S и R_S одиночного канала.

Эталонные точки одиночных каналов S_S и R_S предназначены для того, чтобы сделать поперечно совместимыми многочисленные потоковые интерфейсы элементов сети с DWDM. В этом случае многочисленные передатчики ($T_x \lambda_i$) и приемники ($R_x \lambda_i$) компонентного сигнала могут быть поставлены различными изготовителями. Отметим, что элементы сети с DWDM (ОМ и ОД) в методе "черной линии" поставлены одним изготовителем и рассматриваются в качестве единого набора оптических устройств.

Возможность поперечной (т. е. от разных поставщиков) совместимости обеспечивается для всех эталонных точек одиночных каналов S_S и R_S элементов сети с DWDM в методе "черной линии", имеющих один и тот же прикладной код.

Сосуществование потоковых интерфейсов с различными прикладными кодами на протяжении одной и той же черной линии является вопросом совместного проектирования. Нужно принять меры, в частности, в отношении обеспечения совместимости ключевых параметров, например, выходной мощности в S_S и входной мощности в R_S , скорости битов/линейного кодирования в S_S и скорости битов/линейного кодирования в R_S и т. д.

Для элемента прикладного кода, относящегося к максимальной спектральной амплитуде (указатель S в прикладном коде, см. п. 5.3), несоответствие между указателем передатчика и указателем линии вызовет несовместимость, когда передатчик имеет код, содержащий W (широкая спектральная

амплитуда), а линия содержит N (узкая спектральная амплитуда). Все другие комбинации поперечно совместимы.

7 Определения параметров

Параметры в таблице 7-1 определены в интерфейсных точках, а определения предоставляются в следующих ниже пунктах.

Таблица 7-1/G.698.1 – Параметры физического уровня и значения для приложений DWDM с использованием метода "черной линии"

Параметр	Единицы измерения	Определен в п.
Общая информация		
Минимальное разнесение каналов	ГГц	7.1.1
Скорость в битах/линейное кодирование оптического компонентного сигнала	–	7.1.2
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	7.1.3
Тип волокна	–	7.1.4
Интерфейс в точке S_S		
Максимальная средняя выходная мощность канала	дБм	7.2.1
Минимальная средняя выходная мощность канала	дБм	7.2.1
Минимальная центральная частота	ТГц	7.2.2
Максимальная центральная частота	ТГц	7.2.2
Максимальная спектральная амплитуда	ГГц	7.2.3
Минимальный коэффициент подавления боковой моды	дБ	7.2.4
Минимальный коэффициент гашения	дБ	7.2.5
Глазковая маска	–	7.2.6
Оптический тракт от точки S_S до R_S		
Максимальные вносимые потери канала	дБ	7.3.1
Минимальные вносимые потери канала	дБ	7.3.1
Максимальная неравномерность	дБ	7.3.2
Максимальная хроматическая дисперсия	пс/нм	7.3.3
Минимальные оптические возвратные потери в S_S	дБ	7.3.4
Максимальная дискретная отражательная способность между S_S и R_S	дБ	7.3.5
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	7.3.6
Максимальные оптические перекрестные помехи в R_S	дБ	7.3.7
Интерфейс в точке R_S		
Максимальная средняя входная мощность	дБм	7.4.1
Чувствительность приемника	дБм	7.4.2
Максимальный штраф оптического тракта	дБ	7.4.3
Максимальная отражательная способность приемника	дБ	7.4.4

7.1 Общая информация

7.1.1 Минимальное разнесение каналов

Минимальная номинальная разница по частоте между двумя соседними каналами. Все возможные допуски реальных частот рассмотрены в п. 7.2.3.

7.1.2 Скорость в битах/линейное кодирование оптических компонентных сигналов

Оптический компонентный сигнал класса NRZ 2.5G применяется к непрерывным цифровым сигналам с линейным кодированием без возврата к нулю от номинально 622 Мбит/с до номинально 2,67 Гбит/с. Оптический компонентный сигнал класса NRZ 10G применяется к непрерывным цифровым сигналам с линейным кодированием без возврата к нулю от номинально 2,4 Гбит/с до номинально 10,71 Гбит/с.

7.1.3 Максимальный коэффициент ошибок по битам

Параметры определены относительно цели проектирования оптической секции, состоящей в том, чтобы коэффициент ошибок по битам (КОБ) был не хуже, чем значение, определенное прикладным кодом. Это значение применяется к каждому оптическому каналу для крайнего случая затухания в оптическом тракте и условий рассеяния в каждом приложении. В случае прикладных кодов, для которых необходима передача битов (например, имея код с индексом F), необходимо, чтобы КОБ удовлетворял требованиям только после применения коррекции (если она используется). Для других прикладных кодов необходимо, чтобы КОБ удовлетворял требованиям без использования FEC.

7.1.4 Тип волокна

Типы одномодового оптического волокна выбраны из тех типов, которые определены в Рек. МСЭ-Т G.652, G.653 и G.655.

7.2 Интерфейс в точке S_s

7.2.1 Максимальная и минимальная средняя выходная мощность канала

Средняя мощность каждого оптического канала в эталонной точке S_s является средней мощностью псевдослучайной последовательности данных, вносимых в линию с DWDM. Она задается как диапазон (максимум и минимум), чтобы предусмотреть некоторую оптимизацию по затратам и чтобы учесть поправки на работу в стандартных условиях эксплуатации, на ухудшение состояния соединителей, на измерительные допуски и на эффекты старения.

7.2.2 Минимальная и максимальная центральная частота

Центральная частота является номинальной частотой одиночного канала, на которой с помощью линейного кода NRZ модулирована цифровая кодированная информация конкретного оптического канала.

Центральные частоты всех каналов в рамках приложения находятся на частотной сетке для минимального разнеса каналов приложения, данного в Рек. МСЭ-Т G.694.1.

Несмотря на то, что в настоящей Рекомендации не определены конкретные центральные частоты, используемые в рамках каждого приложения, номинальные центральные частоты всех каналов в рамках приложения должны быть больше или равны минимальной центральной частоте и меньше или равны максимальной центральной частоте.

Отметим, что значение "c" (скорость света в вакууме), которое должно быть использовано для преобразования между частотой и длиной волны, составляет $2,99792458 \times 10^8$ м/с.

7.2.3 Максимальная спектральная амплитуда

Это максимально допустимая разница между номинальной центральной частотой канала и точками -15 дБ спектра передатчика, наиболее удаленных от номинальной центральной частоты, измеренной в точке S_s. Это поясняется на рисунке 7-1.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Измерение точек -15 дБ спектра передатчика должно быть выполнено с номинальным разрешением по полосе пропускания, равным 0,01 нм.

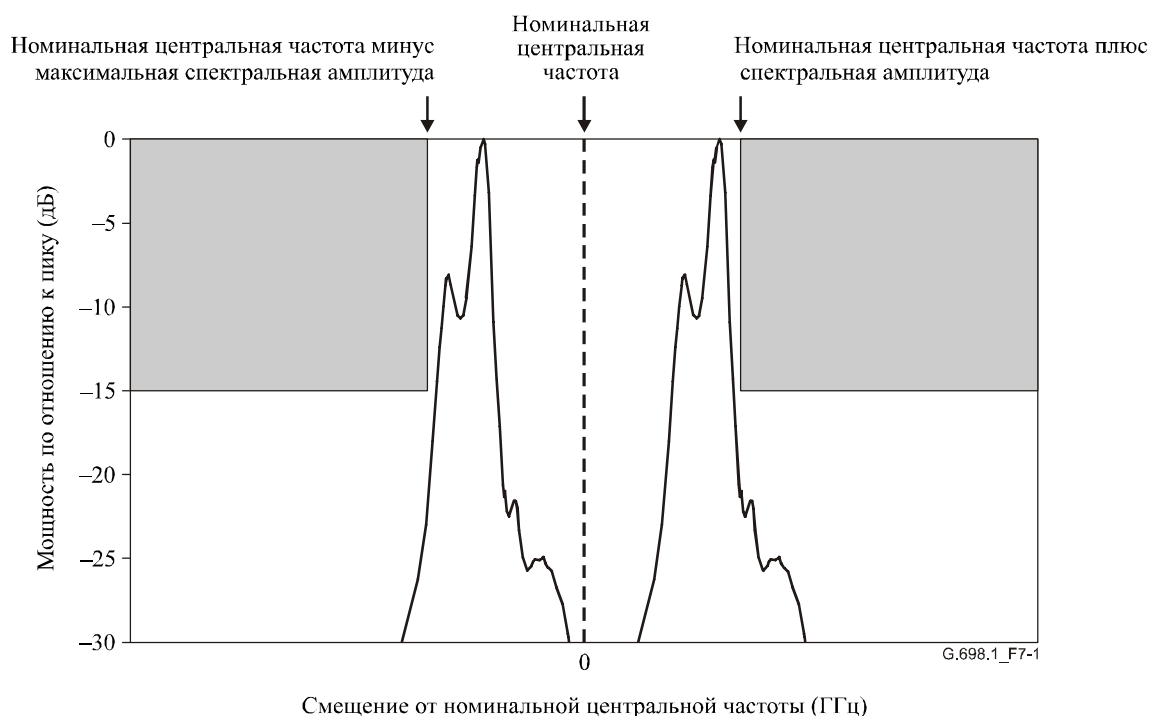


Рисунок 7-1/G.698.1 – Иллюстрация максимальной спектральной амплитуды

Этот параметр определяет также диапазон частот, в котором вносимые потери канала и спецификации неравномерности должны удовлетворять требованиям.

7.2.4 Минимальный коэффициент подавления боковой моды

Минимальный коэффициент подавления боковой моды является минимальным значением отношения самого большого пика из всего спектра передатчика ко второму самому большому пику. Спектральное разрешение измерения должно быть лучше, чем максимальная спектральная ширина пика, как определено в Рек. МСЭ-Т G.691. Второй самый большой пик может быть следующим за основным пиком или может быть расположенным далеко от него.

ПРИМЕЧАНИЕ. – В рамках этого определения спектральные пики, которые отделены от самого большого пика тактовой частотой, не считаются боковыми модами.

7.2.5 Минимальный коэффициент гашения канала

Коэффициент гашения (EX) определяется как:

$$EX = 10\log_{10}(A/B).$$

В приведенном выше определении EX величина A является средним уровнем оптической мощности в центре логической "1", а величина B является средним уровнем оптической мощности в центре логического "0". Правило, принятое для оптических логических уровней, таково:

- излучение света имеет место для логической "1";
- нет излучения для логического "0".

7.2.6 Глазковая маска

С определением и пределами для этого параметра можно ознакомиться в Рек. МСЭ-Т G.959.1.

7.3 Параметры оптического тракта (единичный пролет) от S_s до R_s

7.3.1 Минимальные и максимальные вносимые потери канала

Вносимые потери канала определяются в Рек. МСЭ-Т G.671. Для любого оптического канала – это минимальное (или максимальное) снижение оптической мощности между входным и выходным

портами черной линии для этого канала в диапазоне частот центральной частоты канала $\pm$ максимальная спектральная амплитуда.

Спецификации вносимых потерь предполагаются значениями для наихудших случаев, включающих потери из-за пары ОМ\ДМ, сращиваний, соединителей, оптических аттенуаторов (если таковые используются) или других пассивных оптических устройств и любой дополнительный запас на кабель, с тем чтобы учесть поправки на:

- 1) будущие модификации конфигурации кабеля (дополнительные сращивания, увеличенные кабельные длины и т. д.);
- 2) изменения показателей работы волоконного кабеля из-за факторов окружающей среды; и
- 3) ухудшения состояния любых соединителей, оптических аттенуаторов или других пассивных оптических устройств между точками S_s и R_s , если таковые используются.

7.3.2 Максимальная неравномерность

Неравномерность (устройства с DWDM) определена в Рек. МСЭ-Т G.671. В этой Рекомендации она применяется ко всей черной линии от эталонной точки S_s до соответствующей точки R_s . Для любого оптического канала – это разница размаха во вносимых потерях между входным и выходным портами черной линии для этого канала в диапазоне частот центральной частоты канала $\pm$ максимальная спектральная амплитуда. Это поясняется на рисунке 7-2.



Рисунок 7-2/G.698.1 – Иллюстрация максимальной неравномерности

7.3.3 Максимальная хроматическая дисперсия

Этот параметр определяет максимальное значение хроматической дисперсии оптического тракта, которое способна выдерживать система. Оно считается значением дисперсии для наихудшего случая. Метод наихудшего случая по отношению к этому параметру предназначен для того, чтобы дать некоторые запасы по чувствительному параметру, а также чтобы сделать возможным увеличение дальности передачи для волоконных линий с малыми потерями.

Величины максимальной хроматической дисперсии, содержащиеся в таблицах 8-1–8-4, были получены из оценки для максимальной протяженности линии, поддерживаемой каждым прикладным кодом, рассчитанным исходя из максимальных вносимых потерь канала (с поправкой на вычтенные из них потери пары ОМ\ДМ), поделенных на 0,21 дБ/км. В случае, если значения дисперсии, полученные этим методом, считались выше целесообразных для существующих в настоящее время

эффективных по затратам оптических передатчиков, значения дисперсии уменьшались в соответствии с существующей в настоящее время технологической возможностью, и, таким образом, эти приложения могут быть ограничены по дисперсии, тогда как другие ограничены по потерям.

Допустимый штраф оптического тракта учитывает все детерминистские эффекты, вызванные хроматической дисперсией, а также штраф, вызванный максимальной дифференциальной групповой задержкой.

7.3.4 Минимальные оптические возвратные потери в S_S

Отражения вызываются неоднородностями коэффициента преломления вдоль оптического тракта. Если их не контролировать, то они могут ухудшить показатели работы системы, оказывая мешающее воздействие на работу оптического источника или приводя к интерферометрическому шуму в приемнике вследствие многократных отражений. Отражения от оптического тракта контролируются путем определения:

- минимальных оптических возвратных потерь кабельного участка в эталонной точке источника (S_S), включая любые соединители; и
- максимальной дискретной отражательной способности между эталонной точкой источника (S_S) и эталонной точкой на приеме (R_S).

Отражательной способностью называется отражение от одной дискретной точки отражения, тогда как оптическими возвратными потерями является отношение падающей оптической мощности к общей возвращенной оптической мощности от всего волокна, включая дискретные отражения и обратное рассеяние, например рассеяние Релея.

Методы измерения отражений описаны в Дополнении I/G.957. В целях измерения отражательной способности и возвратных потерь предполагается, что точки S_S и R_S совпадают с торцом каждого разъема соединителя. Признается, что это не включает реальных показателей отражения соответствующих соединителей в операционной системе. Предполагается, что эти отражения имеют номинальное значение отражения для конкретных типов используемых соединителей.

7.3.5 Максимальная дискретная отражательная способность между S_S и R_S

Оптическую отражательную способность определяют как отношение имеющейся в точке отраженной оптической мощности к оптической мощности, падающей в эту точку. Контроль за отражениями широко обсуждался в Рек. МСЭ-Т G.957. Максимальное число соединителей или других дискретных точек отражения, которые могут быть включены в оптический тракт (например, для распределительных щитов или компонентов ВУ), должно быть таким, чтобы позволить получить заданные общие оптические возвратные потери. Если этого нельзя сделать с использованием соединителей, удовлетворяющих максимальным дискретным отражениям, приведенным в таблицах пункта 8, то тогда должны использоваться соединители, имеющие лучшие показатели отражения. В ином случае должно быть уменьшено число соединителей. Может быть также необходимо ограничить число соединителей или использовать соединители с улучшенными показателями отражения во избежание недопустимых искажений из-за многократных отражений.

В таблицах пункта 8 значение максимальной дискретной отражательной способности между эталонными точками источника и эталонными точками на приеме предназначено для минимизации эффектов многократных отражений (например, интерферометрического шума). Значение для максимальной отражательной способности приемника выбирается для обеспечения приемлемых штрафов вследствие многократных отражений для всех возможных конфигураций систем, включающих многочисленные соединители и т. п. В системах, в которых используется меньше соединителей или используются соединители с лучшими показателями, создается меньше многократных искажений, и, следовательно, в них допускается применение приемников, имеющих более высокую отражательную способность.

7.3.6 Максимальная групповая дифференциальная задержка

Дифференциальная групповая задержка (ДГЗ) – это разница во времени между частями импульса, которые передаются в двух основных состояниях поляризации оптического сигнала. Для расстояний больших, чем несколько километров, и на основе предположения случайной (строгой) связи поляризационных мод, ДГЗ в волокне может быть статистически моделирована как подчиняющаяся распределению Максвелла.

В настоящей Рекомендации максимальная групповая дифференциальная задержка определяется как значение ДГЗ, которое должно допускаться системой при максимальном ухудшении чувствительности, равном 1 дБ.

Ввиду статистической природы поляризационной модовой дисперсии (ПМД) связь между максимальной ДГЗ и средней ДГЗ может быть определена только вероятностно. Вероятность мгновенных ДГЗ, превышающих любую заданную величину, может быть определена с помощью статистики Максвелла. Поэтому, если нам известна максимальная величина ДГЗ, которая может быть допущена в системе, мы можем получить эквивалентную среднюю ДГЗ путем деления на отношение максимума к среднему, что соответствует допустимой вероятности. Некоторые примеры отношений даны в таблице 7-2.

Таблица 7-2/G.698.1 – Средние ДГЗ и вероятности

Отношение максимума к среднему	Вероятность превышения максимума
3,0	$4,2 \times 10^{-5}$
3,5	$7,7 \times 10^{-7}$
4,0	$7,4 \times 10^{-9}$

7.3.7 Максимальные оптические перекрестные помехи

Этот параметр устанавливает требование на развязку линии, которое соответствует методу "черной линии" и состоит в том, что при самых худших условиях работы оптические перекрестные помехи в любой эталонной точке R_S меньше значения максимальных оптических перекрестных помех.

В частности, развязка линии превышает величину, требуемую для обеспечения того, что если любой канал работает при минимальной средней выходной мощности в точке S_S , а все другие работают при максимальной средней выходной мощности, то оптические перекрестные помехи в соответствующей точке R_S будут меньше максимальной величины оптических перекрестных помех.

7.4 Интерфейс в точке R_S

7.4.1 Максимальная средняя входная мощность

Максимально допустимое значение средней принимаемой мощности в точке R_S для достижения конкретного максимального КОБ прикладного кода.

7.4.2 Чувствительность приемника

Чувствительность приемника определяется как минимальное значение средней принимаемой мощности в точке R_S для достижения КОБ, равного 10^{-12} . Это требование должно удовлетворяться для передатчика при наихудших случаях значений его глазковой маски, коэффициента гашения, оптических возвратных потерь в точке S_S , ухудшения состояния соединителей приемника и измерительных допусков. Чувствительность приемника не должна удовлетворять требованиям при наличии дисперсии, отражений от оптического тракта или перекрестных помех; эти эффекты определены отдельно при назначении максимального штрафа оптического тракта.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Чувствительность приемника не должна удовлетворять требованиям при наличии джиттера передатчика, превышающего соответствующий предел создания джиттера (например, G.8251 для оптических компонентных сигналов оптических транспортных сетей).

Эффекты старения не определяются отдельно, поскольку они обычно являются предметом обсуждения между оператором сети и изготовителем оборудования.

7.4.3 Максимальный штраф оптического тракта

Штрафом тракта является очевидное снижение чувствительности приемника вследствие искажения волновой формы сигнала в ходе его передачи по тракту. Это проявляется как сдвиг кривых КОБ системы в направлении более высоких уровней входной мощности. Это соответствует положительному штрафу тракта. Отрицательные штрафы тракта могут существовать при некоторых обстоятельствах, однако должны быть небольшими. (Отрицательный штраф тракта указывает на то, что не совсем безупречный глаз передатчика был частично улучшен зависящими от тракта искажениями). В идеальном случае кривые КОБ должны быть только транслированы, однако нередко встречаются изменения формы, которые могут указывать на появление наименьших КОБ. Поскольку штраф тракта является изменением чувствительности приемника, он измеряется на уровне КОБ, равном 10^{-12} .

Для приложений, определяемых в настоящей Рекомендации, штрафы тракта ограничены максимумом в 1,5 дБ для систем малой протяженности NRZ 2.5G и 2,5 дБ для всех других систем. Эти пределы являются более высокими, чем в других рекомендациях из-за дополнительного штрафа, вызываемого оптическими перекрестными помехами.

В будущем могут быть внедрены системы, в которых используются методы адаптации дисперсии, основанные на предсказании сигнала в передатчике. В этом случае штраф тракта в вышеупомянутом смысле может быть определен между точками с неискаженными сигналами. Однако эти точки не совпадают с основными интерфейсами тракта и, таким образом, могут даже не быть доступными. Определение штрафа тракта для этого случая является предметом дальнейшего исследования.

Средняя величина случайных штрафов дисперсии из-за ПМД включена в допустимый штраф тракта. В этом отношении, требуется такое сочетание передатчик/приемник, при котором выдерживается реальная ДГЗ с периодом 0,3 бита и с максимальным ухудшением чувствительности в 1 дБ (с 50% оптической мощности в каждом основном состоянии поляризации). Для хорошо спроектированного приемника это соответствует штрафу в 0,1–0,2 дБ для ДГЗ, равной 0,1 периода бита. Реальная ДГЗ, которая может встретиться в работе, является случайно изменяющейся характеристикой волокна/кабеля и не может быть определена в этой Рекомендации. Этот вопрос далее обсуждается в Дополнении I/G.691.

Отметим, что уменьшение отношения сигнал/шум из-за оптического усиления (которое должно быть включено в будущий пересмотр этой Рекомендации) не считается штрафом тракта.

Для приложений, в которых используется метод "черной линии", штраф тракта включает штраф перекрестных помех.

7.4.4 Максимальная отражательная способность приемника

Отражения от приемника назад в линию с DWDM определяются максимальной допустимой отражательной способностью приемника, измеренной в эталонной точке R_S . Оптическая отражательная способность определена в Рек. МСЭ-T G.671.

8 Значения параметров

Параметры физического уровня и значения даны в таблицах 8-1–8-4.

Таблица 8-1/G.698.1 – Параметры физического уровня и значения для класса NRZ 2.5G, приложения малой протяженности с частотным разделением в 100 ГГц

Параметр	Единицы измерения	DN100S1-1D2(C) DN100S1-1D3(L) DN100S1-1D5(C)	DW100S1-1D2(C) DW100S1-1D3(L) DW100S1-1D5(C)	DN100S1-1D2(C)F DN100S1-1D3(L)F DN100S1-1D5(C)F	DW100S1-1D2(C)F DW100S1-1D3(L)F DW100S1-1D5(C)F
Общая информация					
Минимальное разнесение каналов	ГГц	100		100	
Скорость в битах/линейное кодирование оптического компонентного сигнала	–	NRZ 2.5G		NRZ OTU1	
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	10^{-12}		10^{-12} (Примечание)	
Тип волокна	–	G.652, G.653, G.655		G.652, G.653, G.655	
Интерфейс в точке S_s					
Максимальная средняя выходная мощность канала	дБм	+4		+4	
Минимальная средняя выходная мощность канала	дБм	0		0	
Минимальная центральная частота	ТГц	191,5 для (C) 186,0 для (L)		191,5 для (C) 186,0 для (L)	
Максимальная центральная частота	ТГц	196,2 для (C) 191,5 для (L)		196,2 для (C) 191,5 для (L)	
Максимальная спектральная амплитуда	ГГц	$\pm 12,5$ ± 20		$\pm 12,5$ ± 20	
Минимальный коэффициент подавления боковой моды	дБ	30		30	
Минимальный коэффициент гашения	дБ	8,2		8,2	
Глазковая маска	–	NRZ 2.5G по G.959.1		NRZ 2.5G по G.959.1	
Оптический тракт от точки S_s до R_s					
Максимальные вносимые потери канала	дБ	16,5		19,5	
Минимальные вносимые потери канала	дБ	4		4	
Максимальная неравномерность	дБ	2		2	
Максимальная хроматическая дисперсия	пс/нм	950		1 200	
Минимальные оптические возвратные потери в S _s	дБ	24		24	
Максимальная дискретная отражательная способность между S _s и R _s	дБ	–27		–27	
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	120		120	
Максимальные оптические перекрестные помехи	дБ	–15		–15	
Интерфейс в точке R_s					
Максимальная средняя входная мощность	дБм	0		0	
Чувствительность приемника	дБм	–18		–21	
Максимальный штраф оптического тракта	дБ	1,5		1,5	
Максимальная отражательная способность приемника	дБ	–27		–27	
ПРИМЕЧАНИЕ. – Необходимо, чтобы КОБ для этих прикладных кодов удовлетворял требованиям только после применения коррекции ошибок (если используется). КОБ на входе декодера FEC может поэтому быть значительно выше, чем 10^{-12} .					

Таблица 8-2/G.698.1 – Параметры физического уровня и значения для класса NRZ 2.5G, приложения большой протяженности с частотным разделением в 100 ГГц

Параметр	Единицы измерения	DN100L1-1D2(C) DN100L1-1D3(L) DN100L1-1D5(C)	DW100L1-1D2(C) DW100L1-1D3(L) DW100L1-1D5(C)	DN100L1-1D2(C)F DN100L1-1D3(L)F DN100L1-1D5(C)F	DW100L1-1D2(C)F DW100L1-1D3(L)F DW100L1-1D5(C)F
Общая информация					
Минимальное разнесение каналов	ГГц	100		100	
Скорость в битах/линейное кодирование оптического компонентного сигнала	–	NRZ 2.5G		NRZ OTU1	
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	10^{-12}		10^{-12} (Примечание 1)	
Тип волокна	–	G.652, G.653, G.655		G.652, G.653, G.655	
Интерфейс в точке S_s					
Максимальная средняя выходная мощность канала	дБм	+4		+4	
Минимальная средняя выходная мощность канала	дБм	0		0	
Минимальная центральная частота	ТГц	191,5 для (C) 186,0 для (L)		191,5 для (C) 186,0 для (L)	
Максимальная центральная частота	ТГц	196,2 для (C) 191,5 для (L)		196,2 для (C) 191,5 для (L)	
Максимальная спектральная амплитуда	ГГц	$\pm 12,5$ ± 20		$\pm 12,5$ ± 20	
Минимальный коэффициент подавления боковой моды	дБ	30		30	
Минимальный коэффициент гашения	дБ	8,2		8,2	
Глазковая маска	–	NRZ 2.5G по G.959.1		NRZ 2.5G по G.959.1	
Оптический тракт от точки S_s до R_s					
Максимальные вносимые потери канала	дБ	25,5		28,5	
Минимальные вносимые потери канала	дБ	13		13	
Максимальная неравномерность	дБ	2		2	
Максимальная хроматическая дисперсия	пс/нм	1 400 (Примечание 2)		1 600	
Минимальные оптические возвратные потери в S _s	дБ	24		24	
Максимальная дискретная отражательная способность между S _s и R _s	дБ	–27		–27	
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	120		120	
Максимальные оптические перекрестные помехи	дБ	–16		–16	
Интерфейс в точке R_s					
Максимальная средняя входная мощность	дБм	–9		–9	
Чувствительность приемника	дБм	–28		–31	
Максимальный штраф оптического тракта	дБ	2,5		2,5	
Максимальная отражательная способность приемника	дБ	–27		–27	
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Необходимо, чтобы КОБ для этих прикладных кодов удовлетворял требованиям только после применения коррекции ошибок (если используется). КОБ на входе декодера FEC может поэтому быть значительно выше, чем 10^{-12}. ПРИМЕЧАНИЕ 2. – В случаях, когда максимальная скорость битов ограничена 2,488 Гбит/с (STM-16), применяется максимальная хроматическая дисперсия в 1600 пс/нм.					

**Таблица 8-3/G.698.1 – Параметры физического уровня и значения для класса NRZ 10G,
приложения малой протяженности с частотным разделением в 100 ГГц**

Параметр	Единицы измерения	DN100S1-2D2(C) DN100S1-2D3(L) DN100S1-2D5(C)	DW100S1-2D2(C) DW100S1-2D3(L) DW100S1-2D5(C)	DN100S1-2D2(C)F DN100S1-2D3(L)F DN100S1-2D5(C)F	DW100S1-2D2(C)F DW100S1-2D3(L)F DW100S1-2D5(C)F
Общая информация					
Минимальное разнесение каналов	ГГц	100		100	
Скорость в битах/линейное кодирование оптического компонентного сигнала	–	NRZ 10G		NRZ OTU2	
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	10^{-12}		10^{-12} (Примечание)	
Тип волокна	–	G.652, G.653, G.655		G.652, G.653, G.655	
Интерфейс в точке S_s					
Максимальная средняя выходная мощность канала	дБм	+3		+3	
Минимальная средняя выходная мощность канала	дБм	–1		–1	
Минимальная центральная частота	ТГц	191,5 для (C) 186,0 для (L)		191,5 для (C) 186,0 для (L)	
Максимальная центральная частота	ТГц	196,2 для (C) 191,5 для (L)		196,2 для (C) 191,5 для (L)	
Максимальная спектральная амплитуда	ГГц	±12,5 ±20		±12,5 ±20	
Минимальный коэффициент подавления боковой моды	дБ	30		30	
Минимальный коэффициент гашения	дБ	8,2		8,2	
Глазковая маска	–	NRZ 10G область 1550 нм по G.959.1		NRZ 10G область 1550 нм по G.959.1	
Оптический тракт от точки S_s до R_s					
Максимальные вносимые потери канала	дБ	18,5		21,5	
Минимальные вносимые потери канала	дБ	10		10	
Максимальная неравномерность	дБ	2		2	
Максимальная хроматическая дисперсия	пс/нм	1 100		1 400	
Минимальные оптические возвратные потери в S _s	дБ	24		24	
Максимальная дискретная отражательная способность между S _s и R _s	дБ	–27		–27	
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	30		30	
Максимальные оптические перекрестные помехи	дБ	–16		–16	
Интерфейс в точке R_s					
Максимальная средняя входная мощность	дБм	–7		–7	
Чувствительность приемника	дБм	–22		–25	
Максимальный штраф оптического тракта	дБ	2,5		2,5	
Максимальная отражательная способность приемника	дБ	–27		–27	
ПРИМЕЧАНИЕ. – Необходимо, чтобы КОБ для этих прикладных кодов удовлетворял требованиям только после применения коррекции ошибок (если используется). КОБ на входе декодера FEC может поэтому быть значительно выше, чем 10^{-12} .					

Таблица 8-4/G.698.1 – Параметры физического уровня и значения для класса NRZ 10G, приложения большой протяженности с частотным разделением в 100 ГГц

Параметр	Единицы измерения	DN100L1-2D2(C) DN100L1-2D3(L) DN100L1-2D5(C)	DW100L1-2D2(C) DW100L1-2D3(L) DW100L1-2D5(C)	DN100L1-2D2(C)F DN100L1-2D3(L)F DN100L1-2D5(C)F	DW100L1-2D2(C)F DW100L1-2D3(L)F DW100L1-2D5(C)F
Общая информация					
Минимальное разнесение каналов	ГГц	100		100	
Скорость в битах/линейное кодирование оптического компонентного сигнала	–	NRZ 10G		NRZ OTU2	
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	10^{-12}		10^{-12} (Примечание)	
Тип волокна	–	G.652, G.653, G.655		G.652, G.653, G.655	
Интерфейс в точке S_s					
Максимальная средняя выходная мощность канала	дБм	+6		+6	
Минимальная средняя выходная мощность канала	дБм	+3		+3	
Минимальная центральная частота	ТГц	191,5 для (C) 186,0 для (L)		191,5 для (C) 186,0 для (L)	
Максимальная центральная частота	ТГц	196,2 для (C) 191,5 для (L)		196,2 для (C) 191,5 для (L)	
Максимальная спектральная амплитуда	ГГц	$\pm 12,5$ ± 20		$\pm 12,5$ ± 20	
Минимальный коэффициент подавления боковой моды	дБ	30		30	
Минимальный коэффициент гашения	дБ	9		9	
Глазковая маска	–	NRZ 10G область 1550 нм по G.959.1		NRZ 10G область 1550 нм по G.959.1	
Оптический тракт от точки S_s до R_s					
Максимальные вносимые потери канала	дБ	24,5		27,5	
Минимальные вносимые потери канала	дБ	13		13	
Максимальная неравномерность	дБ	2		2	
Максимальная хроматическая дисперсия	пс/нм	1 600		1 700	
Минимальные оптические возвратные потери в S _s	дБ	24		24	
Максимальная дискретная отражательная способность между S _s и R _s	дБ	–27		–27	
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	30		30	
Максимальные оптические перекрестные помехи	дБ	–16		–16	
Интерфейс в точке R_s					
Максимальная средняя входная мощность	дБм	–7		–7	
Чувствительность приемника	дБм	–24		–27	
Максимальный штраф оптического тракта	дБ	2,5		2,5	
Максимальная отражательная способность приемника	дБ	–27		–27	
ПРИМЕЧАНИЕ. – Необходимо, чтобы КОБ для этих прикладных кодов удовлетворял требованиям только после применения коррекции ошибок (если используется). КОБ на входе декодера FEC может поэтому быть значительно выше, чем 10^{-12} .					

9 Соображения в отношении оптической безопасности

Соображения в отношении оптической безопасности изложены в Рек. МСЭ-Т G.664, ИЕС 60825-1 и ИЕС 60825-2.

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