



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

G.695

(01/2005)

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

Характеристики среды передачи – Характеристики
оптических компонентов и подсистем

**Оптические интерфейсы для приложений,
использующих грубое мультиплексирование
с разделением по длине волны**

Рекомендация МСЭ-Т G.695

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 ТЕЛЕФОННЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ ПО МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ	G.300–G.399
ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ ПО РАДИОРЕЛЕЙНЫМ ИЛИ СПУТНИКОВЫМ ЛИНИЯМ И СОЕДИНЕНИЕ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ЛИНИЯМИ	G.400–G.449
КООРДИНАЦИЯ РАДИОТЕЛЕФОНИИ И ПРОВОДНОЙ ТЕЛЕФОНИИ	G.450–G.499
ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	G.500–G.599
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 АСПЕКТЫ И АСПЕКТЫ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К ПОЛЬЗОВАТЕЛЮ	G.1000–G.1999
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ	G.6000–G.6999
ЦИФРОВОЕ ОКОНЕЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	G.7000–G.7999
ЦИФРОВЫЕ СЕТИ	G.8000–G.8999

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

Оптические интерфейсы для приложений, использующих грубое мультиплексирование с разделением по длине волны

Резюме

В настоящей Рекомендации приводятся значения оптических параметров для интерфейсов физического уровня приложений, использующих грубое мультиплексирование с разделением по длине волны (CWDM), с не более чем 16 каналами и скоростью до 2,5 Гбит/с. Приложения описываются с помощью двух различных методов: один с использованием параметров многоканальных интерфейсов, другой – параметров одноканальных интерфейсов. Специфицируются как однонаправленные, так и двунаправленные интерфейсы.

Источник

Рекомендация МСЭ-Т G.695 утверждена 13 января 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.

Всемирная ассамблея по стандартизации электросвязи (ВАСЭ), которая проводится каждые четыре года, определяет 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 I 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 соответствие 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 то, 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 реализации 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 2005

Все права сохранены. Никакая часть данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких-либо средств без предварительного 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
	3.1 Определения.....	2
	3.2 Термины, определенные в других Рекомендациях.....	2
4	Сокращения	3
5	Классификация оптических интерфейсов.....	4
	5.1 Приложения.....	4
	5.2 Эталонные точки.....	4
	5.3 Номенклатура.....	8
	5.4 Многоканальные интерфейсы в эталонных точках MPI-S _M и MPI-R _M	8
	5.5 Одноканальные интерфейсы в эталонных точках S _S и R _S	10
6	Поперечная совместимость	11
7	Определение параметров.....	12
	7.1 Общая информация	13
	7.2 Интерфейс в точке MPI-S _M или S _S	14
	7.3 Общие параметры оптического тракта (один пролет) от точки MPI-S _M до MPI-R _M или от точки S _S до R _S	15
	7.4 Интерфейс в точке MPI-R _M или R _S	17
	7.5 Дополнительные параметры для оптического тракта от точки S _S до R _S	19
8	Значения параметров	20
9	Соображения оптической безопасности	31
	Дополнение I – Зависимость затухания и хроматической дисперсии от длины волны	31
	I.1 Затухание.....	31
	I.2 Хроматическая дисперсия.....	32
	Дополнение II – Оптический тракт от точки RP _S до точки RP _R	33
	Дополнение III – "Черные звенья", содержащие OADM.....	34
	III.1 Число OADM в "черном звене"	34
	III.2 Смешанные прикладные коды.....	36
	III.3 Защита.....	36
	Дополнение IV – Значения параметров для 16-канальных приложений	37

Оптические интерфейсы для приложений, использующих грубое мультиплексирование с разделением по длине волны

1 Область применения

Настоящая Рекомендация применима к оптическим интерфейсам оптических линейных систем, использующих грубое мультиплексирование с разделением по длине волны (CWDM), для сетевых приложений, использующих одномодовое волокно. В настоящей Рекомендации определяются и приводятся значения параметров оптических интерфейсов физических приложений систем CWDM с топологией "точка–точка" и "кольцо". Их основное назначение – обеспечить поперечную (в условиях нескольких поставщиков оборудования) совместимость интерфейсов.

Приложения описываются с помощью двух различных методов: один с использованием параметров многоканальных интерфейсов, другой – параметров одноканальных интерфейсов. Специфицируются как однонаправленные, так и двунаправленные интерфейсы.

В настоящей Рекомендации описываются оптические линейные системы, которые имеют следующие особенности:

- максимальное число каналов: до 16.
- скорость сигнала в канале: до 2,5 Гбит/с с кодом NRZ.

Сетка длин волн CWDM при этом соответствует Рекомендации МСЭ-Т G.694.2.

Спецификации организуются в соответствии с прикладными кодами.

В будущем могут быть включены приложения, обеспечивающие возможность полной поперечной совместимости в точках как многоканальных, так и одноканальных интерфейсов.

2 Ссылки

2.1 Нормативные ссылки

Указанные ниже Рекомендации МСЭ-Т и другие источники содержат положения, которые путем ссылки 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 источников, перечисленных ниже. Список действующих в настоящее время Рекомендаций МСЭ-Т регулярно публикуется. Ссылка на документ в данной Рекомендации не придает ему как отдельному документу статус Рекомендации.

- ITU-T Recommendation G.652 (2003), *Characteristics of a single-mode optical fibre and cable.*
- Рекомендация МСЭ-Т G.653 (2003), *Характеристики одномодовых волоконно-оптических кабелей со сдвигом дисперсии.*
- 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), *Процедуры и требования к обеспечению оптической безопасности оптических транспортных систем.*
- ITU-T Recommendation G.671 (2005), *Transmission characteristics of optical components and subsystems.*
- 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*.
- Рекомендация МСЭ-Т G.694.2 (2003), *Спектральные сетки для применения технологий WDM: сетка длин волн технологии CWDM*.
- Рекомендация МСЭ-Т G.709/Y.1331 (2003), *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), *Интерфейсы физического уровня оптической транспортной сети*.
- IEC 60825-1 (2001-08), *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification, requirements and user's guide*.
- IEC 60825-2 (2004-06), *Safety of laser products – Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS)*.

2.2 Информативные ссылки

- Supplement 39 to ITU-T G-series Recommendations (2003), *Optical system design and engineering considerations*.

3 Термины и определения

3.1 Определения

Отсутствуют.

3.2 Термины, определенные в других Рекомендациях

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

- грубое мультиплексирование с разделением по длине волны (CWDM);
- оптический волновой мультиплексор/демультиплексор;
- канальные вносимые потери;
- разнос каналов;
- дифференциальная групповая задержка;
- коэффициент отражения.

В настоящей Рекомендации используется следующий термин, определенный в Рекомендации МСЭ-Т G.694.2:

- сетка длин волн.

В настоящей Рекомендации используются следующие термины, определенные в Рекомендации МСЭ-Т G.709/Y.1331:

- полностью стандартизованные OTUk (OTUk).

В настоящей Рекомендации используются следующие термины, определенные в Рекомендации МСЭ-Т G.872:

- интерфейсы между доменами (IrDI);
- регенерация 3R.

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

- комплексное инженерное решение;
- чувствительность приемника;
- поперечная совместимость.

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

- минимальная эквивалентная чувствительность;
- оптический компонентный сигнал класса NRZ 1,25 Гбит/с;
- оптический компонентный сигнал класса NRZ 2,5 Гбит/с.

4 Сокращения

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения:

3R	(Регенерация) Усиление, восстановление формы, восстановление синхронизации
ASE	Усиленное спонтанное излучение
КОБ	Коэффициент ошибок по битам
DGD	Дифференциальная групповая задержка
EX	Коэффициент ослабления сигнала
ffs	Для дальнейшего изучения
IrDI	Интерфейс между доменами
MPI	Интерфейс основного тракта
MPI-R _M	Эталонная точка MPI на агрегатном входе сетевого элемента CWDM
MPI-S _M	Эталонная точка MPI на агрегатном выходе сетевого элемента CWDM
NA	Неприменимо
NE	Сетевой элемент
NRZ	Без возвращения к нулю
OA	Оптический усилитель
OADM	Оптический мультиплексор ввода-вывода
OD	Оптический демультиплексор
OM	Оптический мультиплексор
ONE	Оптический сетевой элемент
OTU _k	Полностью стандартизованный оптический каналный транспортный блок – k
PMD	Поляризационная модовая дисперсия
RP _R	Эталонная точка звена на агрегатном входе сетевого элемента CWDM
RP _S	Эталонная точка звена на агрегатном выходе сетевого элемента CWDM
R _S	Одноканальная эталонная точка на компонентном выходе сетевого элемента CWDM
S _S	Одноканальная эталонная точка на компонентном входе сетевого элемента CWDM
WDM	Мультиплексирование с разделением по длине волны; волновое мультиплексирование

5 Классификация оптических интерфейсов

5.1 Приложения

В настоящей Рекомендации приводятся параметры физического уровня и значения для многоканальных и одноканальных интерфейсов в физических приложениях CWDM с топологией "точка-точка" и "кольцо". Системы CWDM позволяют реализовать экономически эффективные приложения благодаря использованию сочетания неохлаждаемых одномодовых лазеров, свободного выбора допусков несущих длин волн лазеров и широкополосных фильтров. Системы CWDM могут быть использованы в транспортных сетях для различных клиентов, услуг и протоколов.

Метод спецификации, используемый в настоящей Рекомендации, разбивается на два типа.

Первый метод является методом "черного ящика", который означает, что не предполагается ограничивать или определять внутренние элементы и/или соединения между этими элементами внутри "черного ящика". Существуют, однако, функциональные требования для "черного ящика", наиболее важным из которых является включение регенерации 3R. Этот метод позволяет обеспечивать поперечную совместимость в эталонных точках многоканальных систем.

Второй метод – это метод "черного звена", который означает, что в его рамках указываются параметры оптических интерфейсов только для (одноканальных) оптических компонентных сигналов. Дополнительные информативные описания даются для параметров волоконно-оптического звена многоканального участка, таких как максимальное затухание, хроматическая дисперсия и поляризационная модовая дисперсия. Этот метод позволяет обеспечить поперечную совместимость в одноканальных эталонных точках, использующих непосредственную конфигурацию волнового мультиплексирования. Однако он не позволяет обеспечить поперечную совместимость в многоканальных эталонных точках. При этом методе OM и OD рассматриваются как единый набор оптических устройств, и могут быть включены мультиплексоры OADM.

В настоящей Рекомендации рассматриваются только многоканальные интерфейсы без усиления, однако в будущем могут быть включены интерфейсы с усилением.

5.2 Эталонные точки

5.2.1 Однонаправленные приложения

На рисунке 5-1 показан набор эталонных точек только для многоканального соединения (MPI-S_M и MPI-R_M) при использовании метода "черного ящика". Здесь сетевой элемент CWDM включает мультиплексор OM и передатчики или демультиплексор OD и приемники.

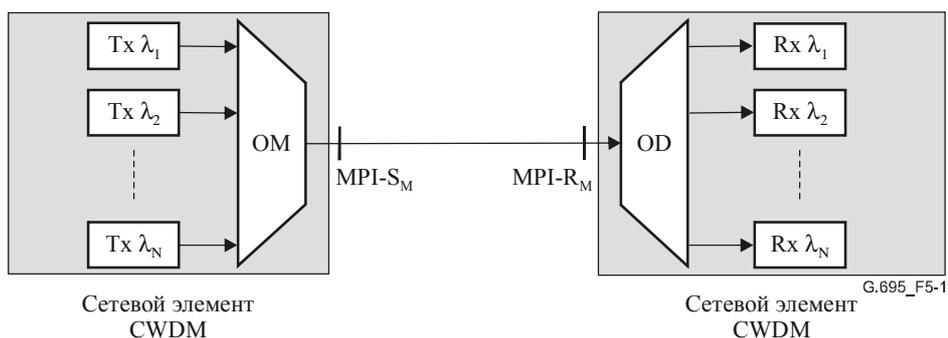


Рисунок 5-1/G.695 – Метод "черного ящика"

На рисунке 5-2 показан набор эталонных точек для одноканального соединения (S_S и R_S) между передатчиками (Tx) и приемниками (Rx) при использовании метода "черного звена" с линейной топологией. Здесь сетевые элементы CWDM включают мультиплексор OM и демультиплексор OD, которые используются как пара "противоположного" элемента, и могут также включать один или несколько мультиплексоров OADM.

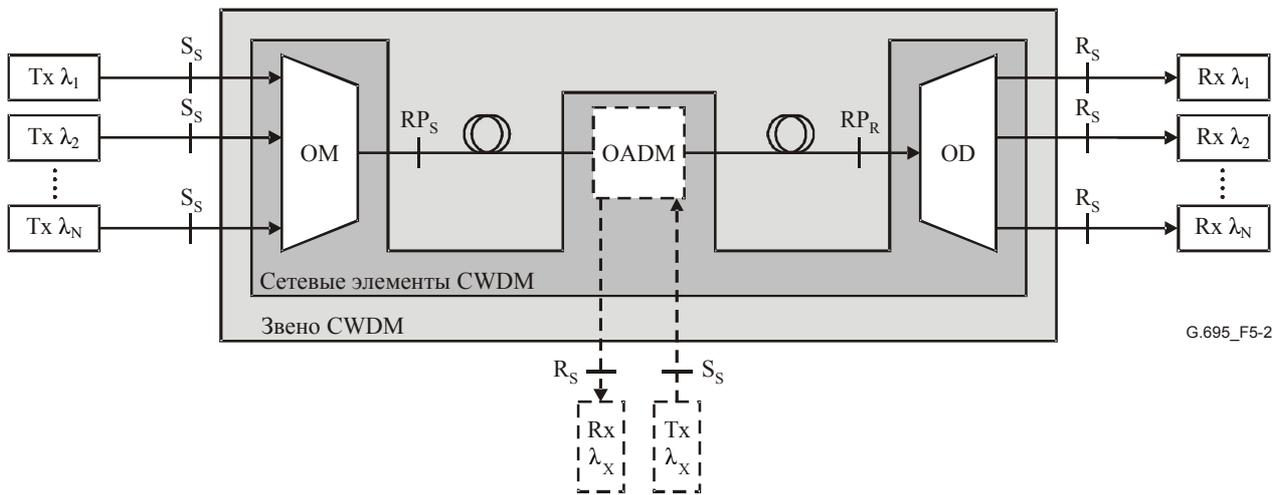


Рисунок 5-2/G.695 – Метод "черного звена" с линейной топологией

На рисунке 5.3 показан соответствующий набор эталонных точек для одноканального соединения (S_S и R_S) между передатчиками (Tx) и приемниками (Rx) при использовании метода "черного звена" с топологией "кольцо". Здесь сетевые элементы CWDM включают два или более OADM, соединенных в кольцо.

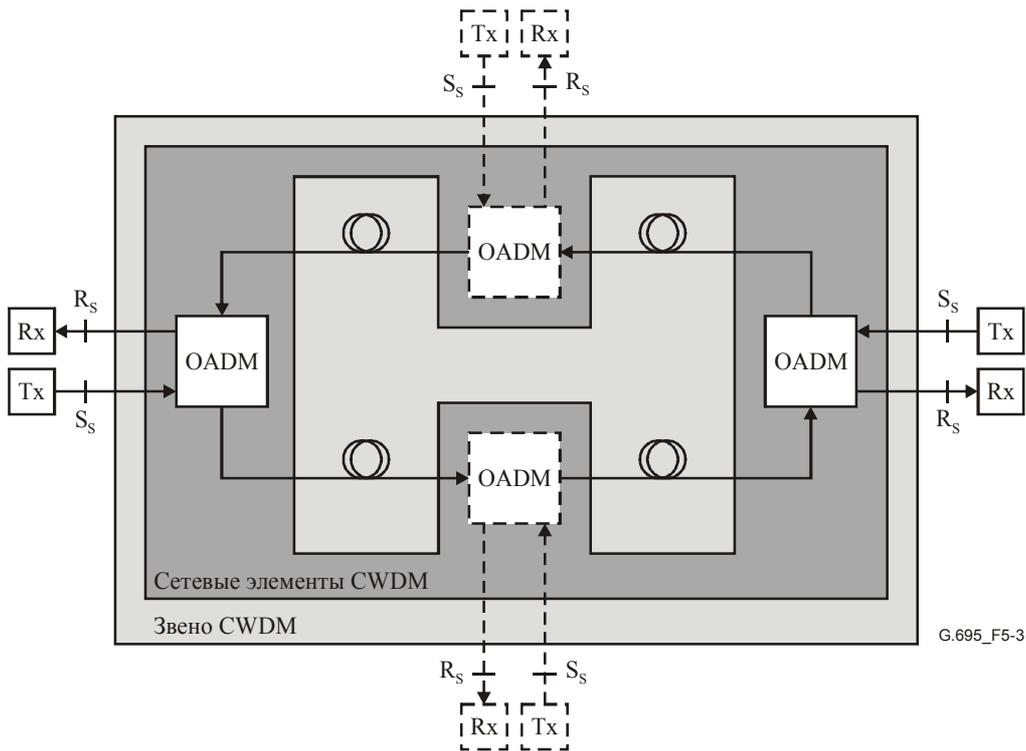


Рисунок 5-3/G.695 – Метод "черного звена" с топологией "кольцо"

Эти эталонные модели не содержат каких-либо оптических усилителей в системе CWDM. Однако в будущем могут быть внедрены приложения, использующие оптические усилители.

Эталонные точки на рисунках 5-1, 5-2 и 5-3 определяются следующим образом:

- S_S является одноканальной эталонной точкой на компонентном входе сетевого элемента CWDM;
- R_S является одноканальной эталонной точкой на компонентном выходе сетевого элемента CWDM;
- $MPI-S_M$ является многоканальной эталонной точкой на агрегатном выходе сетевого элемента CWDM;
- $MPI-R_M$ является многоканальной эталонной точкой на агрегатном входе сетевого элемента CWDM;
- RP_S является эталонной точкой звена на агрегатном выходе сетевого элемента CWDM;
- RP_R является эталонной точкой на агрегатном входе сетевого элемента CWDM.

Здесь одноканальные эталонные точки S_S и R_S применяются к системам в рамках метода "черного звена" (с линейной топологией или топологией "кольцо"), где на каждом тракте от точки S_S до соответствующей ей точке R_S должны соблюдаться значения параметров прикладных кодов, приведенные в таблице 8-11. Многоканальные эталонные точки $MPI-S_M$ и $MPI-R_M$ применяются к системам в рамках метода "черного ящика". Эталонные точки звена RP_S и RP_R применяются только к системам в рамках метода "черного звена".

Следует отметить, что точки $MPI-S_M$ и $MPI-R_M$ определяются, чтобы обеспечить нормативные спецификации для оптических интерфейсов. С другой стороны, точки RP_S и RP_R определяются только для того, чтобы обеспечить информацию для волоконно-оптического звена, а не для того, чтобы обеспечить характеристики сигнала в этих точках.

5.2.2 Двухнаправленные приложения

На рисунке 5-4 показан набор эталонных точек только для многоканального соединения ($MPI-S_M$ и $MPI-R_M$) при использовании метода "черного ящика" для одноволоконных двухнаправленных приложений. Здесь сетевой элемент CWDM включает OM/OD, передатчики и приемники.

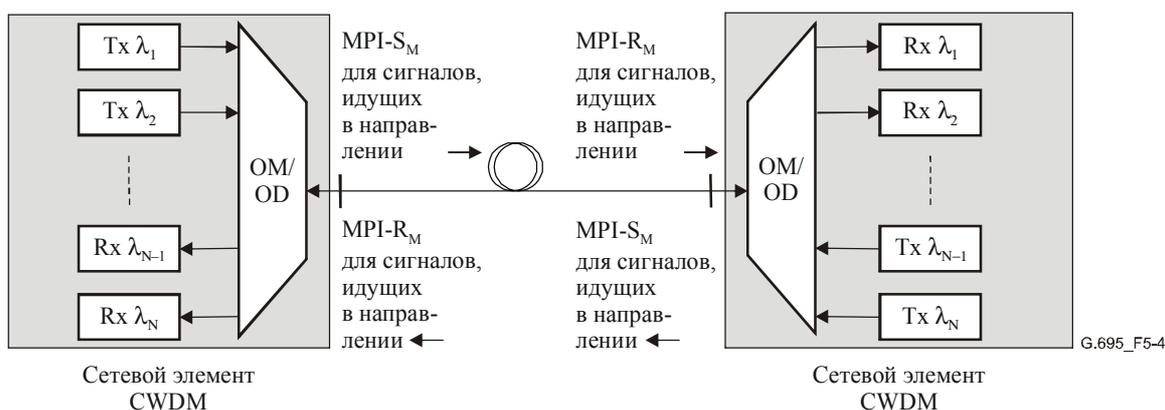


Рисунок 5-4/G.695 – Метод "черного ящика" для двухнаправленных приложений

На рисунке 5-5 показан набор эталонных точек для одноканального соединения (S_S и R_S) между передатчиками (Tx) и приемниками (Rx) при использовании метода "черного звена" с линейной топологией для одноволоконных двухнаправленных приложений. Здесь сетевые элементы CWDM включают один OM/OD, который используется как пара "противоположного" элемента, и могут также включать один или несколько OADM.

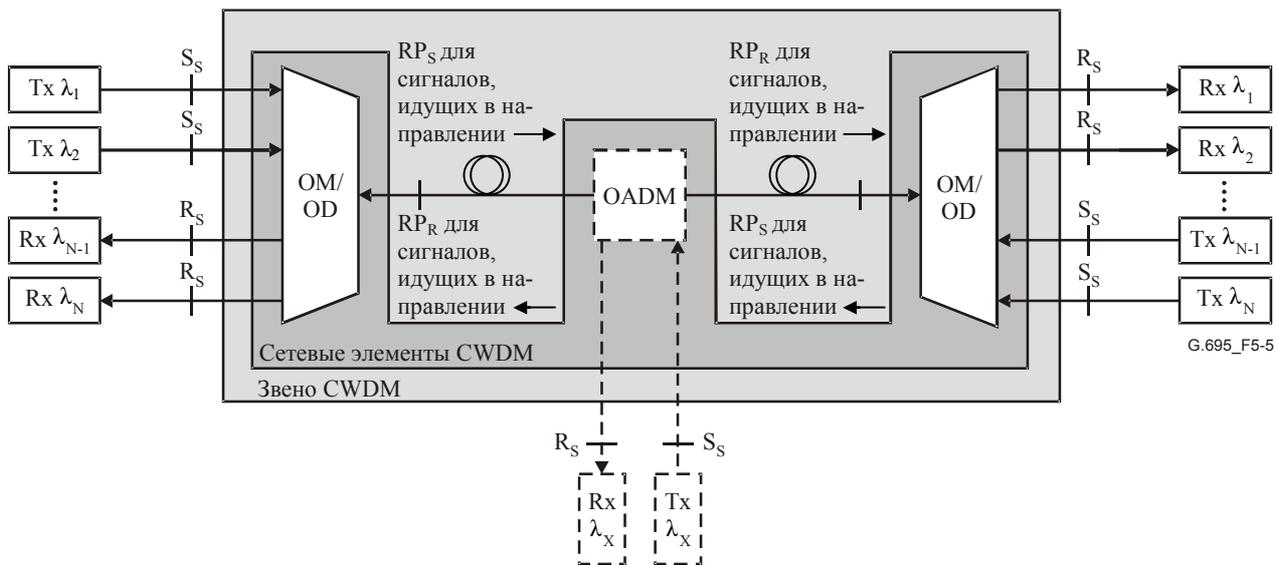


Рисунок 5-5/G.695 – Метод "черного звена" с линейной топологией для двунаправленных приложений

На рисунке 5-6 показан соответствующий набор эталонных точек для одноканального соединения (S_S и R_S) между передатчиками (Tx) и приемниками (Rx) при использовании метода "черного звена" с топологией "кольцо" для одноволоконных двунаправленных приложений. Здесь сетевые элементы включают два или более OADM, соединенных в кольцо.

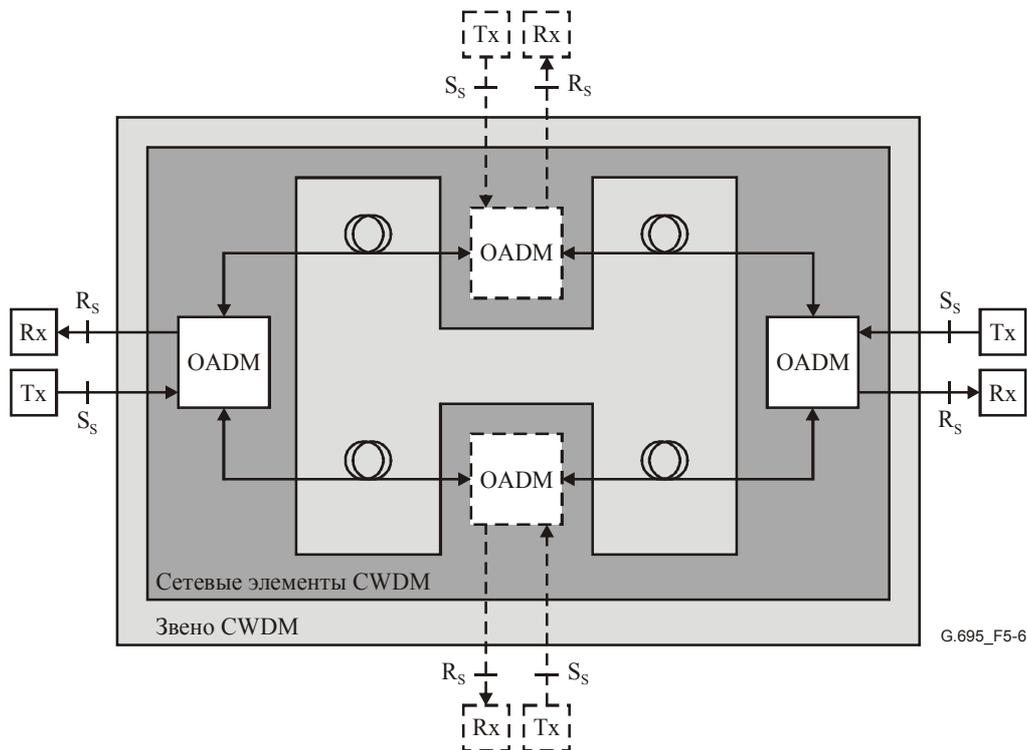


Рисунок 5-6/G.695 – Метод "черного звена" с топологией "кольцо" для двунаправленных приложений

Эталонные точки на рисунках 5-4, 5-5 и 5-6 определяются в п. 5.2.1.

5.3 Номенклатура

Прикладной код идентифицирует сеть, реализацию и архитектурные характеристики приложения.

Нотация прикладного кода строится следующим образом:

$$CnWx-ytz,$$

где:

C – указатель приложений CWDM;

n – максимальное число каналов, поддерживаемых данным прикладным кодом;

W– указатель длины пролета (расстояния), а именно:

– **S** указывает на короткое расстояние;

– **L** указывает на большое расстояние;

x – максимальное число пролетов, поддерживаемое данным прикладным кодом;

y – указатель самого высокого класса поддерживаемых оптических компонентных сигналов:

– **0** указывает на класс NRZ 1,25 Мбит/с;

– **1** указывает на класс NRZ 2,5 Мбит/с;

t – буква-"заполнитель", указывающая конфигурацию, поддерживаемую данным прикладным кодом. В действующей на данный момент версии настоящей Рекомендации используется только одна следующая величина:

– **D**, указывающая, что в приложении не содержатся оптические усилители;

z – указатель типа используемого волокна:

– **2** указывает на использование волокна типа G.652;

– **3** указывает на использование волокна типа G.653;

– **5** указывает на использование волокна типа G.655.

Прикладной код для двунаправленной системы CWDM формируется добавлением буквы **B** перед общим прикладным кодом, т. е. для CWDM он будет иметь следующий вид :

$$B-CnWx-ytz.$$

Прикладной код для системы CWDM, использующей метод "черного звена", формируется добавлением буквы **S** перед общим прикладным кодом, т. е. для CWDM он будет иметь следующий вид:

$$S-CnWx-ytz.$$

5.4 Многоканальные интерфейсы в эталонных точках MPI-S_M и MPI-R_M

Многоканальные интерфейсы, описанные в пп. 5.4.1 и 5.4.2, предназначены для обеспечения поперечной совместимости. Эти интерфейсы могут функционировать на оптическом волокне типа G.652, G.653 и G.655 для одновременной передачи до 16 каналов с использованием оптических компонентных сигналов 1,25 или 2,5 Гбит/с с кодировкой NRZ, в зависимости от конкретного прикладного кода.

Дополнительные требования, связанные с поперечной совместимостью, можно найти в п. 6.

В таблицах 5-1–5-5 приведены многоканальные прикладные коды, которые структурированы в соответствии с номенклатурой, описанной в п. 5.3.

Таблица 5-1/G.695 – Классификация 4-канальных однонаправленных интерфейсов

Приложение	Короткое расстояние (S)			Большое расстояние (L)		
	G.652	G.653	G.655	G.652	G.653	G.655
Тип волокна						
Оптический компонентный сигнал класса NRZ 1,25 Гбит/с	–	–	–	–	–	–
Плановое расстояние для класса NRZ 1,25 Гбит/с (км) ^{a)}	–	–	–	–	–	–
Оптический компонентный сигнал класса NRZ 2,5 Гбит/с	C4S1-1D2	C4S1-1D3	C4S1-1D5	C4L1-1D2	C4L1-1D3	C4L1-1D5
Плановое расстояние для класса NRZ 2,5 Гбит/с (км) ^{a)}	37	37	37	69	72	72

^{a)} Эти плановые расстояния служат только для классификации, а не для спецификации.

Table 5-2/G.695 – Классификация 4-канальных двунаправленных интерфейсов

Приложение	Короткое расстояние (S)	Большое расстояние (L)	
		G.652	G.653
Тип волокна	G.652	G.652	G.653
Оптический компонентный сигнал класса NRZ 1,25 Гбит/с	–	B-C4L1-0D2	B-C4L1-0D3
Плановое расстояние для класса NRZ 1,25 Гбит/с (км) ^{a)}	–	90	90
Оптический компонентный сигнал класса NRZ 2,5 Гбит/с	–	B-C4L1-1D2	B-C4L1-1D3
Плановое расстояние для класса NRZ 2,5 Гбит/с (км) ^{a)}	–	80	83

^{a)} Эти плановые расстояния служат только для классификации, а не для спецификации.

Таблица 5-3/G.695 – Классификация 8-канальных интерфейсов

Приложение	Короткое расстояние (S)	Большое расстояние (L)	
		G.652	G.653
Тип волокна	G.652	G.652	G.653
Оптический компонентный сигнал класса NRZ 1,25 Гбит/с	–	B-C8L1-0D2	B-C8L1-0D3
Плановое расстояние для класса NRZ 1,25 Гбит/с (км) ^{a)}	–	64	64
Оптический компонентный сигнал класса NRZ 2,5 Гбит/с	C8S1-1D2 B-C8S1-1D2	C8L1-1D2 B-C8L1-1D2	B-C8L1-1D3
Плановое расстояние для класса NRZ 2,5 Гбит/с (км) ^{a)}	27	55	58

^{a)} Эти плановые расстояния служат только для классификации, а не для спецификации.

Таблица 5-4/G.695 – Классификация 12-канальных интерфейсов

Приложение	Короткое расстояние (S)	Большое расстояние (L)	
		G.652	G.653
Тип волокна	G.652	G.652	G.653
Оптический компонентный сигнал класса NRZ 1,25 Гбит/с	–	B-C12L1-0D2	–
Плановое расстояние для класса NRZ 1,25 Гбит/с (км) ^{a)}	–	42	–
Оптический компонентный сигнал класса NRZ 2,5 Гбит/с	–	B-C12L1-1D2	–
Плановое расстояние для класса NRZ 2,5 Гбит/с (км) ^{a)}	–	38	–
^{a)} Эти плановые расстояния служат только для классификации, а не для спецификации.			

Таблица 5-5/G.695 – Классификация 16-канальных интерфейсов

Приложение	Короткое расстояние (S)	Большое расстояние (L)	
		G.652	G.653
Тип волокна	G.652	G.652	G.653
Оптический компонентный сигнал класса NRZ 1,25 Гбит/с	–	–	–
Плановое расстояние для класса NRZ 1,25 Гбит/с (км) ^{a)}	–	–	–
Оптический компонентный сигнал класса NRZ 2,5 Гбит/с	C16S1-1D2 B-C16S1-1D2	C16L1-1D2 B-C16L1-1D2	–
Плановое расстояние для класса NRZ 2,5 Гбит/с (км) ^{a)}	20	42	–
^{a)} Эти плановые расстояния служат только для классификации, а не для спецификации.			

5.4.1 Многоканальные интерфейсы без усиления

Многоканальные интерфейсы без усиления определены в настоящей Рекомендации в таблицах 8-1–8-10.

5.4.2 Многоканальные интерфейсы с усилением

Многоканальные интерфейсы с усилением могут быть включены в настоящую Рекомендацию в будущем.

5.5 Одноканальные интерфейсы в эталонных точках S_S и R_S

Одноканальные интерфейсы, описанные в п. 5.5.1, предназначены для обеспечения поперечной совместимости в одноканальных интерфейсах на любом конце звена CWDM, как показано на рисунках 5-2, 5-3, 5-5 и 5-6.

Дополнительные требования, связанные с поперечной совместимостью, можно найти в п. 6.

В таблице 5-6 приведены одноканальные прикладные коды, которые структурированы в соответствии с номенклатурой, описанной в п. 5.3. Ожидаемые расстояния для различных значений вносимых потерь сетевых элементов CWDM указаны в Дополнении II, а информация, касающаяся "черных звеньев", содержащих OADM, приведена в Дополнении III.

Таблица 5-6/G.695 – Классификация многоканальных систем с одноканальными интерфейсами

Приложение	Короткое расстояние (S)	Большое расстояние (L)
Тип волокна	G.652, G.653, G.655	G.652, G.653, G.655
Оптический компонентный сигнал класса NRZ 2,5 Гбит/с	S-C8S1-1D2, S-C8S1-1D3, S-C8S1-1D5	S-C8L1-1D2, S-C8L1-1D3, S-C8L1-1D5

5.5.1 Многоканальные системы без усиления с одноканальными интерфейсами

Многоканальные системы без усиления с одноканальными интерфейсами определены в настоящей Рекомендации в таблице 8-11.

5.5.2 Многоканальные системы с усилением и одноканальными интерфейсами

Многоканальные системы с усилением и одноканальными интерфейсами могут быть включены в настоящую Рекомендацию в будущем.

6 Поперечная совместимость

В настоящей Рекомендации определяются параметры, для того чтобы сделать возможной поперечную совместимость (в условиях нескольких поставщиков оборудования) в многоканальных эталонных точках MPI-S_M и MPI-R_M сетевых элементов (NE) CWDM при использовании метода "черного ящика" и в одноканальных эталонных точках S_S и R_S сетевых элементов (NE) CWDM при использовании метода "черного звена".

Многоканальные эталонные точки MPI-S_M и MPI-R_M предназначены для соединения двух агрегатных интерфейсов сетевых элементов CWDM, которые могут быть получены от разных поставщиков.

Одноканальные эталонные точки S_S и R_S предназначены для обеспечения поперечной совместимости нескольких компонентных интерфейсов сетевых элементов CWDM. В этом случае передатчики (Tx λ_i) и приемники (Rx λ_i) многоканальных компонентных сигналов могут быть получены от многих различных поставщиков. Отметим, что сетевые элементы CWDM (OM и OD) при методе "черного звена" получены от одного поставщика и рассматриваются как единый набор оптических устройств.

Возможность поперечной совместимости (в условиях нескольких поставщиков оборудования) обеспечивается во всех:

- многоканальных эталонных точках MPI-S_M и MPI-R_M для NE CWDM в рамках метода "черного ящика", имеющих одинаковый прикладной код.

Соединение агрегатных интерфейсов с различными прикладными кодами требует комплексного инженерного решения. Нужно быть особенно внимательным по отношению к критическим параметрам, которые должны быть согласованы, как, например, выходная мощность MPI-S_M, входная мощность MPI-R_M и т. д.

- одноканальных эталонных точках S_S и R_S для NE CWDM в рамках метода "черного звена", имеющих одинаковый прикладной код.

Сосуществование компонентных интерфейсов с различными прикладными кодами требует комплексного инженерного решения. Нужно быть особенно внимательным по отношению к критическим параметрам, которые должны быть согласованы, как, например, выходная мощность S_S и входная мощность R_S, битовая скорость/линейное кодирование S_S и битовая скорость/линейное кодирование R_S, и т. д.

7 Определение параметров

Параметры в таблицах 7-1 и 7-2 определяются в точках интерфейсов, а сами определения приводятся в пунктах, указанных ниже.

Таблица 7-1/G.695 – Параметры физического уровня и значения для приложений CWDM, использующих метод "черного ящика"

Параметр	Единицы	Определен в
Общая информация		
Максимальное число каналов	–	7.1.1
Битовая скорость/линейное кодирование оптических компонентных сигналов	–	7.1.2
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	7.1.3
Тип волокна	–	7.1.4
Интерфейс в точке MPI-S_M		
Максимальная средняя выходная мощность канала	дБм	7.2.1
Минимальная средняя выходная мощность канала	дБм	7.2.1
Максимальная средняя полная выходная мощность	дБм	7.2.2
Центральная длина волны	нм	7.2.3
Разнос каналов	нм	7.2.4
Максимальное отклонение центральной длины волны	нм	7.2.5
Минимальный коэффициент ослабления сигнала в канале	дБ	7.2.6
Глазковая диаграмма	–	7.2.7
Оптический тракт от точки MPI-S_M до точки MPI-R_M		
Максимальное затухание	дБ	7.3.1
Минимальное затухание	дБ	7.3.2
Максимальная хроматическая дисперсия	пс/нм	7.3.3
Минимальные оптические возвратные потери в точке MPI-S _M	дБ	7.3.4
Максимальный дискретный коэффициент отражения между точками MPI-S _M и MPI-R _M	дБ	7.3.5
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	7.3.6
Интерфейс в точке MPI-R_M		
Максимальная средняя входная мощность канала	дБм	7.4.1
Минимальная средняя входная мощность канала	дБм	7.4.2
Максимальная средняя полная входная мощность	дБм	7.4.3
Максимальные дополнительные потери оптического тракта	дБ	7.4.4
Минимальная эквивалентная чувствительность	дБм	7.4.7
Максимальный коэффициент отражения оптического сетевого элемента	дБ	7.4.5

Таблица 7-2/G.695 – Параметры физического уровня и значения для приложений CWDM, использующих метод "черного звена"

Параметр	Единицы	Определен в
Общая информация		
Максимальное число каналов	–	7.1.1
Битовая скорость/линейное кодирование оптических компонентных сигналов	–	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
Центральная длина волны	нм	7.2.3
Разнос каналов	нм	7.2.4
Максимальное отклонение центральной длины волны	нм	7.2.5
Минимальный коэффициент ослабления сигнала в канале	дБ	7.2.6
Глазковая диаграмма	–	7.2.7
Оптический тракт от точки S_S до точки R_S		
Максимальные вносимые потери канала	дБ	7.5.1
Минимальные вносимые потери канала	дБ	7.5.1
Максимальная хроматическая дисперсия	пс/нм	7.3.3
Минимальные оптические возвратные потери в точке S _S	дБ	7.3.4
Максимальный дискретный коэффициент отражения между точками S _S и R _S	дБ	7.3.5
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	7.3.6
Максимальные межканальные перекрестные помехи в точке R _S	дБ	7.5.2
Максимальные интерферометрические перекрестные помехи в точке R _S	дБ	7.5.3
Интерфейс в точке R_S		
Максимальная средняя входная мощность канала	дБм	7.4.1
Чувствительность приемника	дБм	7.4.6
Максимальные потери оптического тракта	дБ	7.4.4
Максимальный коэффициент отражения приемника	дБ	7.4.5

7.1 Общая информация

7.1.1 Максимальное число каналов

Максимальное число оптических каналов, которое может одновременно присутствовать на некотором интерфейсе.

Для двунаправленных приложений максимальное число каналов выражается в виде $n/2 + n/2$, где n – максимальное число каналов, поддерживаемых данным прикладным кодом, а $n/2$ – число каналов в каждом направлении.

7.1.2 Битовая скорость/линейное кодирование оптических компонентных сигналов

Оптический компонентный сигнал класса NRZ 1,25 Гбит/с применяется к непрерывным цифровым сигналам с линейным кодированием без возвращения к нулю, имеющим номинальную скорость от 622 Мбит/с до 1,25 Гбит/с. Оптический компонентный сигнал класса NRZ 2,5 Гбит/с применяется к непрерывным цифровым сигналам с линейным кодированием без возвращения к нулю, имеющим номинальную скорость от 622 Мбит/с до 2,67 Гбит/с.

7.1.3 Максимальный коэффициент ошибок по битам

Все параметры специфицируются относительно целевого показателя ошибок при проектировании оптического участка – коэффициента ошибок по битам (КОБ), который не должен быть хуже значения, указанного в прикладном коде. Это значение применяют к каждому оптическому каналу в экстремальных случаях затухания оптического тракта и наличия дисперсии, характерных для каждого приложения. Возможное влияние на определение этого параметра, обусловленное наличием упреждающей коррекции ошибок (например, в OTUk), в настоящей версии данной Рекомендации не рассматривается.

7.1.4 Тип волокна

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

7.2 Интерфейс в точке MPI-S_M или S_S

7.2.1 Максимальная и минимальная средняя выходная мощность канала

Средняя вводимая мощность каждого оптического канала в эталонной точке MPI-S_M или S_S является средней мощностью псевдослучайной последовательности данных, связанных с волокном или звеном CWDM. Она задается как диапазон (максимальное и минимальное значения) с учетом некоторой оптимизации затрат и для охвата допусков в стандартных эксплуатационных условиях, ухудшения оптических соединителей, допустимых отклонений при измерениях и эффектов старения.

7.2.2 Максимальная средняя полная выходная мощность

Максимальное значение средней введенной оптической мощности в точке MPI-S_M.

ПРИМЕЧАНИЕ. – При определении значений, указанных в настоящей Рекомендации, учитывались вопросы безопасности волоконно-оптической связи, поскольку это желательно, чтобы избежать необходимости использования автоматического снижения мощности (APR), автоматического гашения мощности (APSD) или автоматического отключения лазера (ALS), по экономическим соображениям.

7.2.3 Центральная длина волны

Номинальная длина волны одного канала, которая модулируется цифровой кодированной информацией конкретных оптических каналов путем использования линейного кода NRZ (как определено в Рекомендациях МСЭ-Т G.957 и G.691).

Центральная длина волны базируется на сетке длин волн, приведенной в Рекомендации МСЭ-Т G.694.2. Допустимые центральные длины волн для многоканального сетевого элемента CWDM определяются в таблицах 8-1–8-11.

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

7.2.4 Разнос каналов

Номинальная разница в длине волны между двумя соседними каналами. Все возможные допуски фактических длин волн рассматриваются в п. 7.2.5.

7.2.5 Максимальное отклонение центральной длины волны

Разность между номинальной центральной длиной волны и фактической центральной длиной волны. Отклонение центральной длины волны определяется в основном двумя факторами. Во-первых, производителям лазеров разрешены вариация номинальной длины волны, чтобы достичь более высокого выхода, и/или расширение допусков на изготовление. Во-вторых, использование неохлаждаемых лазеров приводит к изменению длины волны с изменением температуры в пределах определенного температурного диапазона, характерного для таких лазеров.

В отклонение центральной длины волны также вносят вклад все другие процессы, которые влияют на мгновенное значение центральной длины волны источника в интервале измерений, соответствующем битовой скорости в канале. Эти процессы и факторы включают сжатие импульсов источника с

использованием линейной частотной модуляции, полосу частот информационного канала, уширение за счет фазовой самомодуляции и эффекты старения.

Максимальное отклонение центральной длины волны для систем CWDM с топологией "точка–точка" приводится в таблицах 8-1–8-11.

7.2.6 Минимальный коэффициент ослабления сигнала в канале

Коэффициент ослабления сигнала (EX) определяется в Рекомендации МСЭ-Т G.693 как одноканальный параметр:

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

В вышеприведенном определении коэффициента EX A – средний уровень оптической мощности в центре интервала логической "1", а B – средний уровень оптической мощности в центре интервала логического "0". Для оптических логических уровней принято следующее соглашение:

- эмиссия (испускание) света соответствует логической "1";
- отсутствие эмиссии света соответствует логическому "0".

Для многоканальных интерфейсов могут быть использованы два альтернативных метода проверки этого параметра, как указано в Рекомендации МСЭ-Т G.959.1:

- метод А может быть использован, если одноканальные эталонные точки доступны для проверки на передающем конце звена. При этом методе используются процедуры, описанные в Рекомендациях МСЭ-Т G.957 и G.691. Схема использования этого метода приведена в Приложении А/G.959.1;
- при методе В используется эталонный оптический полосовой фильтр для изоляции отдельно передаваемого сигнала. Характеристики эталонного оптического полосового фильтра приведены в Приложении В/G.959.1.

7.2.7 Глазковая диаграмма

Определение и пределы этого параметра приведены в Рекомендации МСЭ-Т G.691. Это определение может быть непосредственно применено к одноканальным интерфейсам в рамках метода "черного звена". В случае многоканальных интерфейсов в рамках метода "черного ящика" могут быть использованы два альтернативных метода, изложенных в Рекомендации МСЭ-Т G.959.1:

- метод А может быть использован, если одноканальные эталонные точки доступны для проверки на передающем конце звена. При этом методе используются процедуры, описанные в Рекомендациях МСЭ-Т G.957 и G.691. Схема использования этого метода приведена в Приложении А/G.959.1;
- при методе В используется эталонный оптический полосовой фильтр для изоляции отдельно передаваемого сигнала, а также эталонный приемник. Характеристики эталонного оптического полосового фильтра и эталонного приемника приведены в Приложении В/G.959.1.

7.3 Общие параметры оптического тракта (один пролет) от точки MPI-S_M до MPI-R_M или от точки S_S до R_S

7.3.1 Максимальное затухание

Максимальное затухание тракта для всех длин волн, используемых данным приложением, когда рассматриваемая система работает в условиях конца срока службы при КОБ = 10⁻¹² (или при значении КОБ, заданном прикладным кодом) и при наихудших сигнале на передающей стороне и дисперсии. Определение эффектов, влияющих на максимальное затухание, приводится в п. 6.3.1/G.691.

Плановые расстояния для каждого приложения базируются на наборе предполагаемых максимальных коэффициентов затухания, приведенных в Дополнении I. Указанные значения отражают потери в установленном волокне (включая сростки и допуски на (ремонт) кабеля). Следует отметить, что этот метод дает теоретическое значение. Потери из-за соединителей и сростков, а также потери из-за

изгибов кабеля или оптического мониторинга, которые могут присутствовать при практической реализации, могут привести к другим плановым расстояниям.

7.3.2 Минимальное затухание

Минимальное затухание тракта, при котором рассматриваемая система, работающая в наихудших условиях передачи, может достичь уровня КОБ не хуже чем 10^{-12} (или значения, заданного прикладным кодом).

7.3.3 Максимальная хроматическая дисперсия

Этот параметр определяет максимальное значение хроматической дисперсии, которое данная система может допустить на оптическом тракте. Оно рассматривается как значение дисперсии для худшего случая. Применение метода худшего случая для данного параметра предназначено для получения некоторых запасов для других чувствительных параметров, а также для обеспечения возможности увеличить расстояние передачи для волоконно-оптических кабелей с меньшими потерями.

Допустимые дополнительные потери оптического тракта учитывают все детерминистские эффекты, вызванные хроматической дисперсией, а также дополнительные потери, вызванные максимальной дифференциальной групповой задержкой.

7.3.4 Минимальные оптические возвратные потери в точке MPI-S_M или S_S

Отражения вызываются неоднородностями показателя преломления на оптическом тракте. Если не управлять ими, они могут вызвать ухудшение качественных показателей системы из-за возмущающего воздействия на работу оптического источника или из-за многократных отражений, которые приводят к интерферометрическим шумам в приемнике. Отражения от оптического тракта управляются путем определения:

- минимального уровня возвратных потерь кабеля в эталонных точках источника (т. е. MPI-S_M и S_S), включая любые оптические соединители; и
- максимального дискретного коэффициента отражения между эталонными точками источника (т. е. MPI-S_M и S_S) и эталонными точками приемника (т. е. MPI-R_M и R_S).

Коэффициент отражения учитывает отражения от любой одиночной дискретной точки отражения, тогда как оптические возвратные потери являются отношением падающей оптической мощности к полной возвращенной оптической мощности всего волокна, включая как дискретные отражения, так и распределенное обратное рассеяние, такое как рэлеевское рассеяние.

Методы измерения отражений описаны в Дополнении I/G.957. Для измерения коэффициента отражения и возвратных потерь предполагается, что точки S_S и R_S совпадают с конечной оптической поверхностью каждой вилки соединителя. Известно, что это не включает фактические характеристики отражения соответствующих соединителей в действующей системе. Предполагается, что эти отражения имеют номинальные значения отражения для определенного типа используемого оптического соединителя.

7.3.5 Максимальные дискретные коэффициенты отражения между точками MPI-S_M и MPI-R_M или между точками S_S и R_S

Оптический коэффициент отражения определяется как отношение отраженной оптической мощности, присутствующей в некоторой точке, к оптической мощности, падающей в эту точку. Управление отражениями широко обсуждается в Рекомендации МСЭ-Т G.957. Максимальное число оптических соединителей или других дискретных точек отражения, которые могут быть включены в рассматриваемый оптический тракт (например, распределительный кросс или компоненты WDM), должно быть таким, чтобы можно было достичь определенного в спецификации уровня общих оптических возвратных потерь. Если этого нельзя достичь с использованием оптических соединителей, удовлетворяющих уровню максимальных дискретных отражений, приведенному в таблицах в п. 8, то должны использоваться оптические соединители, имеющие лучшие характеристики отражения. Как вариант, число оптических соединителей должно быть уменьшено. Также может оказаться необходимым ограничить число оптических соединителей или использовать оптические соединители с улучшенными характеристиками отражения, чтобы избежать неприемлемых ухудшений, вызванных многократными отражениями.

Приведенные в таблицах в п. 8 значения максимального дискретного коэффициента отражения между эталонными точками источника и эталонными точками приемника предназначены для минимизации влияния многократных отражений (например, интерферометрического шума). Значение максимального коэффициента отражения приемника выбирается из расчета получения приемлемого уровня дополнительных потерь, вызванных многократными отражениями, для всех

вероятных конфигураций систем, включающих большое количество оптических соединителей и т. д. Системы, применяющие меньшее число соединителей или соединители более высокого качества, создают меньше многократных отражений и, следовательно, могут работать с приемниками, демонстрирующими более высокий коэффициент отражения.

7.3.6 Максимальная дифференциальная групповая задержка

Дифференциальная групповая задержка (DGD) – это разница во времени между частями импульса, которые передаются в двух основных состояниях поляризации оптического сигнала. Для расстояний, превышающих несколько километров, в предположении (строго) случайного характера связки поляризационных мод, DGD в волокне может быть статистически смоделирована как имеющая распределение Максвелла.

В настоящей Рекомендации максимальная дифференциальная групповая задержка определяется как величина DGD, которую система может допустить с максимальным ухудшением чувствительности в 1 дБ.

Благодаря статистической природе поляризационной модовой дисперсии (PMD) соотношение между максимальной и средней DGD может быть определено только на вероятностной основе. Вероятность превышения мгновенной DGD любого заданного значения может быть логически получена из статистики распределения Максвелла. Поэтому, если нам известно максимальное значение DGD, которое допустимо для данной системы, мы можем вывести эквивалентное среднее значение DGD путем деления отношения максимума к среднему значению, которое соответствует приемлемой вероятности. Некоторые примеры таких отношений приведены в таблице 7-3, ниже.

Таблица 7-3/G.695 – Средние значения и вероятности DGD

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

7.4 Интерфейс в точке MPI-R_M или R_S

7.4.1 Максимальная средняя входная мощность канала

Максимальное приемлемое значение средней принятой мощности канала в точке MPI-R_M или R_S для достижения определенного максимального значения КОБ, соответствующего прикладному коду.

7.4.2 Минимальная средняя входная мощность канала

Минимальное приемлемое значение средней принятой мощности канала в точке MPI-R_M или R_S. Минимальная средняя входная мощность канала является минимальной средней выходной мощностью канала минус максимальное затухание для данного приложения.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Минимальная средняя входная мощность канала в точке MPI-R_M должна быть выше, чем минимальная эквивалентная чувствительность на величину дополнительных потерь оптического тракта.

7.4.3 Максимальная средняя полная входная мощность

Максимальная приемлемая полная входная мощность в точке MPI-R_M.

7.4.4 Максимальные дополнительные потери оптического тракта

Дополнительные потери тракта представляют собой явное снижение чувствительности приемника (или эквивалентной чувствительности в случае использования метода "черного ящика") вследствие искажения формы сигнала во время его передачи по тракту. Это проявляется как сдвиг кривых КОБ системы в направлении более высоких уровней мощности входного сигнала. Это соответствует положительным дополнительным потерям тракта. При определенных обстоятельствах также могут существовать отрицательные дополнительные потери тракта, но они должны быть невелики. (Отрицательные дополнительные потери тракта указывают на то, что не совсем совершенная глазковая диаграмма передачи была частично улучшена за счет искажений, зависящих от тракта передачи.) В идеале кривые КОБ должны только передаваться, но вариации их формы не так уж редки и могут указывать на появление пьедестала кривой КОБ. Поскольку дополнительные потери тракта состоят в изменении чувствительности приемника, они измеряются при КОБ = 10^{-12} .

В методе "черного ящика" (где определена минимальная входная мощность канала) дополнительные потери оптического тракта равны разности между минимальной средней входной мощностью канала в точке $MPI-R_M$ и минимальной эквивалентной чувствительностью.

Для приложений, определенных в настоящей Рекомендации, дополнительные потери тракта ограничиваются максимальным значением 1,5 дБ для систем связи на короткие расстояния и 2,5 дБ – для систем связи на большие расстояния. Эти пределы выше, чем в других Рекомендациях вследствие дополнительных потерь, вызванных оптическими перекрестными помехами.

В будущем могут быть использованы системы, применяющие методы адаптации дисперсии, основанные на предискажении сигнала в передатчике. В этом случае дополнительные потери тракта в смысле того, что было сказано выше, могут быть определены только между точками с неискаженными сигналами. Эти точки, однако, не совпадают с интерфейсами основного тракта и, следовательно, даже не могут быть доступны. Определение дополнительных потерь в этом случае требует дальнейшего изучения.

Среднее значение случайных дисперсионных дополнительных потерь из-за PMD включается в допустимые дополнительные потери тракта. В связи с этим требуется комбинация передатчик/приемник, чтобы допустить фактическую задержку DGD на уровне 0,3 битового периода с максимальным ухудшением чувствительности 1 дБ (при 50% оптической мощности в каждом из основных состояний поляризации). Для хорошо сконструированных приемников это соответствует дополнительным потерям 0,1–0,2 дБ для DGD на уровне 0,1 битового периода. Фактическая DGD, которая может встретиться при эксплуатации, является произвольно изменяющимся свойством волокна/кабеля и не может быть определена в настоящей Рекомендации. Эта тема более подробно обсуждается в Дополнении I/G.691.

Следует отметить, что уменьшение отношения сигнал–шум вследствие оптического усиления не рассматривается как дополнительные потери тракта.

Для приложений, использующих метод "черного ящика", дополнительные потери тракта включают дополнительные потери от перекрестных помех.

Для многоканальных интерфейсов могут быть использованы два альтернативных метода проверки этих параметров:

- метод А может быть использован, если одноканальные эталонные точки доступны для проверки на приемном конце звена. При этом методе используются процедуры, описанные в Рекомендациях МСЭ-Т G.957 и G.691. Схема использования этого метода приведена в Приложении А/G.959.1;
- при методе В используется эталонный оптический полосовой фильтр для изоляции отдельно передаваемого сигнала, а также эталонный приемник. Характеристики эталонного оптического полосового фильтра и эталонного приемника приведены в Приложении В/G.959.1.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Потери оптического тракта, существующие в эталонном приемнике, могут отличаться от наблюдаемых в приемной аппаратуре и зависят от конкретного исполнения.

7.4.5 Максимальный коэффициент отражения сетевого элемента CWDM или приемника

Отражения от оборудования обратно в кабель или от приемника обратно в звено CWDM определяются максимально допустимыми коэффициентами отражения оборудования или приемника, измеренными в эталонной точке $MPI-R_M$ или R_S , соответственно. Оптические коэффициенты отражения определяются в Рекомендации МСЭ-Т G.671.

7.4.6 Чувствительность приемника

Чувствительность приемника определяется как минимальное значение средней принимаемой мощности в точке R_S , необходимое для достижения КОБ = 10^{-12} . Она должна обеспечиваться передатчиком со значениями худшего случая для глазковой диаграммы передатчика, коэффициента ослабления сигнала, оптических возвратных потерь в точке S_S , ухудшения оптических соединителей приемника и допустимых отклонений при измерениях. Чувствительность приемника не обязательно должна обеспечиваться при наличии дисперсии, отражений от оптического тракта или оптических перекрестных помех; эти эффекты определяются отдельно в распределении максимальных дополнительных оптических потерь.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Чувствительность приемника не обязательно должна обеспечиваться при наличии фазового дрожания передатчика, превышающего предельные уровни генерации фазового дрожания (например, установленные в Рекомендации G.8251 для оптических компонентных сигналов OTN).

Эффекты старения не определяются отдельно, поскольку они, как правило, обсуждаются между сетевым оператором и производителем оборудования.

7.4.7 Минимальная эквивалентная чувствительность

Это минимальная чувствительность, которая потребовалась бы приемнику, расположенному в точке $MPI-R_M$, для достижения определенного максимального КОБ в соответствии с прикладным кодом, если бы все, за исключением одного, каналы были удалены (с помощью идеального фильтра без потерь) в точке $MPI-R_M$. Она должна обеспечиваться передатчиком со значениями худшего случая для глазковой диаграммы передатчика, коэффициента ослабления сигнала, оптических возвратных потерь в точке $MPI-S_M$, ухудшения оптических соединителей, перекрестных помех на передающей стороне, шумов оптических усилителей и допустимых отклонений при измерениях. Такая чувствительность не обязательно обеспечивается при наличии дисперсии, нелинейностей, отражений от оптического тракта или перекрестных помех; эти эффекты определяются отдельно в распределении максимальных дополнительных потерь оптического тракта.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Минимальная средняя входная мощность канала в точке $MPI-R_M$ должна быть выше, чем минимальная эквивалентная чувствительность на величину дополнительных потерь оптического тракта.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Чувствительность приемника не обязательно должна обеспечиваться при наличии фазового дрожания передатчика, превышающего предельные уровни генерации фазового дрожания (например, установленные в Рекомендации МСЭ-Т G.8251 для оптических компонентных сигналов OTN).

Эффекты старения не определяются отдельно. Как правило, специфицируются значения худшего случая для конца срока эксплуатации.

7.5 Дополнительные параметры для оптического тракта от точки S_S до R_S

7.5.1 Минимальные и максимальные вносимые потери в канале

Канальные вносимые потери определяются в Рекомендации МСЭ-Т G.671.

7.5.2 Максимальные межканальные перекрестные помехи

Этот параметр предьявляет требование по изоляции звена, соответствующего методу "черного звена", с тем чтобы в наихудших эксплуатационных условиях межканальные перекрестные помехи в любой эталонной точке R_S были меньше максимального значения таких помех.

Межканальные перекрестные помехи определяются, как отношение общей мощности всех мешающих каналов к общей мощности полезных каналов, когда полезные и мешающие каналы работают на разных длинах волн.

В частности, изоляция такого звена должна быть больше, чем то количество, которое требуется для обеспечения того, чтобы межканальные перекрестные помехи в соответствующей точке R_S были меньше максимального значения таких помех, когда какой-либо один канал работает при минимальной средней выходной мощности в точке S_S , а все другие – при максимальной средней выходной мощности.

7.5.3 Максимальные интерферометрические перекрестные помехи

Этот параметр предьявляет требование по изоляции звена, соответствующего методу "черного звена", с тем чтобы в наихудших эксплуатационных условиях интерферометрические перекрестные помехи в любой эталонной точке R_S были меньше максимального значения таких помех.

Интерферометрические перекрестные помехи определяются как отношение мощности мешающего излучения к мощности полезного излучения в одном канале, где мощность мешающего излучения – это мощность (без учета ASE), которая осталась бы в канале, если бы из звена был удален полезный сигнал при сохранении всех остальных условий в звене неизменными.

В частности, изоляция такого звена должна быть больше, чем то количество, которое требуется для обеспечения того, чтобы интерферометрические перекрестные помехи в соответствующей точке R_S были меньше максимального значения таких помех, когда какой-либо один канал работает при минимальной средней выходной мощности в точке S_S , а все другие – при максимальной средней выходной мощности.

8 Значения параметров

Параметры физического уровня и значения для многоканальных интерфейсов для систем, использующих метод "черного ящика", приведены в таблицах 8-1–8-10.

Параметры физического уровня и значения для одноканальных интерфейсов для систем, использующих метод "черного звена", приведены в таблице 8-11.

Таблица 8-1/G.695 – Параметры физического уровня и значения для многоканальных интерфейсов и 4-канальных приложений систем связи на короткие расстояния, использующих метод "черного ящика"

Параметр	Единицы	C4L1-1D2	C4L1-1D3	C4L1-1D5
Общая информация				
Максимальное число каналов	–	4		
Битовая скорость/линейное кодирование оптических компонентных сигналов	–	NRZ 2,5 Гбит/с		
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	10^{-12}		
Тип волокна	–	G.652	G.653	G.655
Интерфейс в точке MPI-S_M				
Максимальная средняя выходная мощность канала	дБм	+4,5		
Минимальная средняя выходная мощность канала	дБм	–3		
Максимальная средняя полная выходная мощность	дБм	+10,5		
Центральная длина волны	нм	1531 + 20 м м = 0–3		
Разнос каналов	нм	20		
Максимальное отклонение центральной длины волны (примечание)	нм	±6,5		
Минимальный коэффициент ослабления сигнала в канале	дБ	8,2		
Глазковая диаграмма	–	STM-16 по G.957		
Оптический тракт (один пролет) от точки MPI-S_M до точки MPI-R_M				
Максимальное затухание	дБ	10,5		
Минимальное затухание	дБ	4		
Максимальная хроматическая дисперсия	пс/нм	1000	200	500
Минимальные оптические возвратные потери в точке MPI-S _M	дБ	24		
Максимальный дискретный коэффициент отражения между точками MPI-S _M и MPI-R _M	дБ	–27		
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	120		
Интерфейс в точке MPI-R_M				
Максимальная средняя входная мощность канала	дБм	+0,5		
Минимальная средняя входная мощность канала	дБм	–13,5		
Максимальная средняя полная входная мощность	дБм	+6,5		
Максимальные дополнительные потери оптического тракта	дБ	1,5		
Минимальная эквивалентная чувствительность	дБм	–15		
Максимальный коэффициент отражения оптического сетевого элемента	дБ	–27		
ПРИМЕЧАНИЕ. – Система с максимальным отклонением центральной длины волны ±7 нм, которая соответствует всем другим значениям параметров G.695 для соответствующих прикладных кодов, является поперечно совместимой для любых приложений, охватываемых данным кодом, за исключением того, что она не обеспечивает поперечной совместимости с системами с отклонением ±6,5 нм без комплексного инженерного решения.				

Таблица 8-2/G.695 – Параметры физического уровня и значения для многоканальных интерфейсов и 4-канальных приложений систем связи на большие расстояния, использующих метод "черного ящика"

Параметр	Единицы	C4L1-1D2	C4L1-1D3	C4L1-1D5
Общая информация				
Максимальное число каналов	–		4	
Битовая скорость/линейное кодирование оптических компонентных сигналов	–		NRZ 2,5 Гбит/с	
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–		10^{-12}	
Тип волокна	–	G.652	G.653	G.655
Интерфейс в точке MPI-S_M				
Максимальная средняя выходная мощность канала	дБм		+4,5	
Минимальная средняя выходная мощность канала	дБм		–3	
Максимальная средняя полная выходная мощность	дБм		+10,5	
Центральная длина волны	нм		1531 + 20 м	m = 0–3
Разнос каналов	нм		20	
Максимальное отклонение центральной длины волны (примечание)	нм		±6,5	
Минимальный коэффициент ослабления сигнала в канале	дБ		8,2	
Глазковая диаграмма	–		STM-16 по G.957	
Оптический тракт (один пролет) от точки MPI-S_M до точки MPI-R_M				
Максимальное затухание	дБ	19,5	20,5	20,5
Минимальное затухание	дБ		13	
Максимальная хроматическая дисперсия	пс/нм	1700	350	1000
Минимальные оптические возвратные потери в точке MPI-S _M	дБ		24	
Максимальный дискретный коэффициент отражения между точками MPI-S _M и MPI-R _M	дБ		–27	
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс		120	
Интерфейс в точке MPI-R_M				
Максимальная средняя входная мощность канала	дБм		–8,5	
Минимальная средняя входная мощность канала	дБм	–22,5	–23,5	–23,5
Максимальная средняя полная входная мощность	дБм		–2,5	
Максимальные дополнительные потери оптического тракта	дБ	2,5	1,5	1,5
Минимальная эквивалентная чувствительность	дБм		–25	
Максимальный коэффициент отражения оптического сетевого элемента	дБ		–27	
<p>ПРИМЕЧАНИЕ. – Система с максимальным отклонением центральной длины волны ±7 нм, которая соответствует всем другим значениям параметров G.695 для соответствующих прикладных кодов, является поперечно совместимой для любых приложений, охватываемых данным кодом, за исключением того, что она не обеспечивает поперечной совместимости с системами с отклонением ±6,5 нм без комплексного инженерного решения.</p>				

Таблица 8-3/G.695 – Параметры физического уровня и значения для многоканальных интерфейсов и 4-канальных двунаправленных приложений систем связи на большие расстояния, использующих метод "черного ящика"

Параметр	Единицы	B-C4L1-0D2	B-C4L1-0D3	B-C4L1-1D2	B-C4L1-1D3
Общая информация					
Максимальное число каналов	–	2 + 2	2 + 2	2 + 2	2 + 2
Битовая скорость/линейное кодирование оптических компонентных сигналов	–	NRZ 1,25 Гбит/с	NRZ 1,25 Гбит/с	NRZ 2,5 Гбит/с	NRZ 2,5 Гбит/с
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	10^{-12}	10^{-12}	10^{-12}	10^{-12}
Тип волокна	–	G.652	G.653	G.652	G.653
Интерфейс в точке MPI-SM					
Максимальная средняя выходная мощность канала	дБм	+5 ^{b)}	+5 ^{b)}	+5 ^{b)}	+5 ^{b)}
Минимальная средняя выходная мощность канала	дБм	0 ^{b)}	0 ^{b)}	0 ^{b)}	0 ^{b)}
Максимальная средняя полная выходная мощность	дБм	+8	+8	+8	+8
Центральная длина волны	нм	1531 + 20 м м = 0–3			
Разнос каналов	нм	20	20	20	20
Максимальное отклонение центральной длины волны ^{a)}	нм	±6,5	±6,5	±6,5	±6,5
Минимальный коэффициент ослабления сигнала в канале	дБ	8,2	8,2	8,2	8,2
Глазковая диаграмма	–	STM-4 по G.957	STM-4 по G.957	STM-4 по G.957	STM-4 по G.957
Оптический тракт (один пролет) от точки MPI-SM до точки MPI-RM					
Максимальное затухание	дБ	25,5	25,5	22,5	23,5
Минимальное затухание	дБ	12	12	12	12
Максимальная хроматическая дисперсия	пс/нм	2400	–	2000	–
Минимальные оптические возвратные потери в точке MPI-S _M	дБ	24	24	24	24
Максимальный дискретный коэффициент отражения между точками MPI-S _M и MPI-R _M	дБ	–27	–27	–27	–27
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	120	120	120	120
Интерфейс в точке MPI-RM					
Максимальная средняя входная мощность канала	дБм	–7	–7	–7	–7
Минимальная средняя входная мощность канала	дБм	–25,5	–25,5	–22,5	–23,5
Максимальная средняя полная входная мощность	дБм	–4	–4	–4	–4
Максимальные дополнительные потери оптического тракта	дБ	1,5	1,5	2,5	1,5
Минимальная эквивалентная чувствительность	дБм	–27	–27	–25	–25
Максимальный коэффициент отражения оптического сетевого элемента	дБ	–27	–27	–27	–27
<p>^{a)} Система с максимальным отклонением центральной длины волны ±7 нм, которая соответствует всем другим значениям параметров G.695 для соответствующих прикладных кодов, является поперечно совместимой для любых приложений, охватываемых данным кодом, за исключением того, что она не обеспечивает поперечной совместимости с системами с отклонением ±6,5 нм без комплексного инженерного решения.</p> <p>^{b)} Уровни передаваемой мощности для этих двунаправленных приложений с числом каналов 2 + 2 выше, чем для других приложений в настоящей Рекомендации, поэтому плановое расстояние 80 км является достижимым для сигнала класса NRZ 2,5 Гбит/с.</p>					

Таблица 8-4/G.695 – Параметры физического уровня и значения для многоканальных интерфейсов и 8-канальных приложений, использующих метод "черного ящика"

Параметр	Единицы	C8S1-1D2	B-C8S1-1D2	C8L1-1D2
Общая информация				
Максимальное число каналов	–	8	4 + 4	8
Битовая скорость/линейное кодирование оптических компонентных сигналов	–	NRZ 2,5 Гбит/с	NRZ 2,5 Гбит/с	NRZ 2,5 Гбит/с
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²
Тип волокна	–	G.652	G.652	G.652
Интерфейс в точке MPI-S_M				
Максимальная средняя выходная мощность канала	дБм	+4	+4	+4
Минимальная средняя выходная мощность канала	дБм	–3,5	–3,5	–3,5
Максимальная средняя полная выходная мощность	дБм	+13	+10	+13
Центральная длина волны	нм	1471 + 20 м м = 0–7	±1471 + 20 м м = 0–7	1471 + 20 м м = 0–7
Разнос каналов	нм	20	20	20
Максимальное отклонение центральной длины волны (примечание)	нм	±6,5	±6,5	±6,5
Минимальный коэффициент ослабления сигнала в канале	дБ	8,2	8,2	8,2
Глазковая диаграмма	–	STM-16 по G.957	STM-16 по G.957	STM-16 по G.957
Оптический тракт (один пролет) от точки MPI-S_M до точки MPI-R_M				
Максимальное затухание	дБ	9	9	9
Минимальное затухание	дБ	3	3	12
Максимальная хроматическая дисперсия	пс/нм	800	800	1600
Минимальные оптические возвратные потери в точке MPI-S _M	дБ	24	24	24
Максимальный дискретный коэффициент отражения между точками MPI-S _M и MPI-R _M	дБ	–27	–27	–27
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	120	120	120
Интерфейс в точке MPI-R_M				
Максимальная средняя входная мощность канала	дБм	+1	+1	–8
Минимальная средняя входная мощность канала	дБм	–12,5	–12,5	–21,5
Максимальная средняя полная входная мощность	дБм	+10	+7	+1
Максимальные дополнительные потери оптического тракта	дБ	1,5	1,5	2,5
Минимальная эквивалентная чувствительность	дБм	–14	–14	–24
Максимальный коэффициент отражения оптического сетевого элемента	дБ	–27	–27	–27
ПРИМЕЧАНИЕ. – Система с максимальным отклонением центральной длины волны ±7 нм, которая соответствует всем другим значениям параметров G.695 для соответствующих прикладных кодов, является поперечно совместимой для любых приложений, охватываемых данным кодом, за исключением того, что она не обеспечивает поперечной совместимости с системами с отклонением ±6,5 нм без комплексного инженерного решения.				

Таблица 8-5/G.695 – Параметры физического уровня и значения для многоканальных интерфейсов и 8-канальных двунаправленных приложений систем связи на большие расстояния, использующих метод "черного ящика"

Параметр	Единицы	B-C8L1-0D2	B-C8L1-0D3	B-C8L1-1D2	B-C8L1-1D3
Общая информация					
Максимальное число каналов	–	4 + 4	4 + 4	4 + 4	4 + 4
Битовая скорость/линейное кодирование оптических компонентных сигналов	–	NRZ 1,25 Гбит/с	NRZ 1,25 Гбит/с	NRZ 2,5 Гбит/с	NRZ 2,5 Гбит/с
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	10^{-12}	10^{-12}	10^{-12}	10^{-12}
Тип волокна	–	G.652	G.653	G.652	G.653
Интерфейс в точке MPI-S_M					
Максимальная средняя выходная мощность канала	дБм	+4	+4	+4	+4
Минимальная средняя выходная мощность канала	дБм	–3,5	–3,5	–3,5	–3,5
Максимальная средняя полная выходная мощность	дБм	+10	+10	+10	+10
Центральная длина волны	нм	1471 + 20 м м = 0–7			
Разнос каналов	нм	20	20	20	20
Максимальное отклонение центральной длины волны (примечание)	нм	±6,5	±6,5	±6,5	±6,5
Минимальный коэффициент ослабления сигнала в канале	дБ	8,2	8,2	8,2	8,2
Глазковая диаграмма	–	STM-4 по G.957	STM-4 по G.957	STM-16 по G.957	STM-16 по G.957
Оптический тракт (один пролет) от точки MPI-S_M до точки MPI-R_M					
Максимальное затухание	дБ	21	21	18	19
Минимальное затухание	дБ	12	12	12	12
Максимальная хроматическая дисперсия	пс/нм	2000	–	1600	–
Минимальные оптические возвратные потери в точке MPI-S _M	дБ	24	24	24	24
Максимальный дискретный коэффициент отражения между точками MPI-S _M и MPI-R _M	дБ	–27	–27	–27	–27
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	120	120	120	120
Интерфейс в точке MPI-R_M					
Максимальная средняя входная мощность канала	дБм	–8	–8	–8	–8
Минимальная средняя входная мощность канала	дБм	–24,5	–24,5	–21,5	–22,5
Максимальная средняя полная входная мощность	дБм	–2	–2	–2	–2
Максимальные дополнительные потери оптического тракта	дБ	1,5	1,5	2,5	1,5
Минимальная эквивалентная чувствительность	дБм	–26	–26	–24	–24
Максимальный коэффициент отражения оптического сетевого элемента	дБ	–27	–27	–27	–27
ПРИМЕЧАНИЕ. – Система с максимальным отклонением центральной длины волны ±7 нм, которая соответствует всем другим значениям параметров G.695 для соответствующих прикладных кодов, является поперечно совместимой для любых приложений, охватываемых данным кодом, за исключением того, что она не обеспечивает поперечной совместимости с системами с отклонением ±6,5 нм без комплексного инженерного решения.					

Таблица 8-6/G.695 – Параметры физического уровня и значения для многоканальных интерфейсов и 12-канальных двунаправленных приложений систем связи на большие расстояния, использующих метод "черного ящика"

Параметр	Единицы	B-C12L1-0D2		B-C12L1-1D2	
		1291–1351	1471–1611	1291–1351	1471–1611
Блок длин волн	нм	1291–1351	1471–1611	1291–1351	1471–1611
Общая информация					
Максимальное число каналов	–	6 + 6		6 + 6	
Битовая скорость/линейное кодирование оптических компонентных сигналов	–	NRZ 1,25 Гбит/с		NRZ 2,5 Гбит/с	
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	10^{-12}		10^{-12}	
Тип волокна	–	G.652		G.652	
Интерфейс в точке MPI-S_M					
Максимальная средняя выходная мощность канала	дБм	+3,5	+1,5	+3,5	+1,5
Минимальная средняя выходная мощность канала	дБм	–4	–6	–4	–6
Максимальная средняя полная выходная мощность	дБм	+10,7		+10,7	
Центральная длина волны	нм	1291 + 20 м, м = 0–3	1471 + 20 м, м = 0–7	1291 + 20 м, м = 0–3	1471 + 20 м, м = 0–7
Разнос каналов	нм	20		20	
Максимальное отклонение центральной длины волны (примечание)	нм	±6,5		±6,5	
Минимальный коэффициент ослабления сигнала в канале	дБ	8,2		8,2	
Глазковая диаграмма	–	STM-4 по G.957		STM-16 по G.957	
Оптический тракт (один пролет) от точки MPI-S_M до точки MPI-R_M					
Максимальное затухание	дБ	20	14,7	18	13,3
Минимальное затухание	дБ	11	7	11	7
Максимальная хроматическая дисперсия	пс/нм	310	1200	280	1100
Минимальные оптические возвратные потери в точке MPI-S _M	дБ	24		24	
Максимальный дискретный коэффициент отражения между точками MPI-S _M и MPI-R _M	дБ	–27		–27	
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	120		120	
Интерфейс в точке MPI-R_M					
Максимальная средняя входная мощность канала	дБм	–7,5	–5,5	–7,5	–5,5
Минимальная средняя входная мощность канала	дБм	–24	–20,7	–22	–19,3
Максимальная средняя полная входная мощность	дБм	+2,3		+2,3	
Максимальные дополнительные потери оптического тракта	дБ	1	1	1	1,5
Минимальная эквивалентная чувствительность	дБм	–25	–21,7	–23	–20,8
Максимальный коэффициент отражения оптического сетевого элемента	дБ	–27		–27	
<p>ПРИМЕЧАНИЕ. – Система с максимальным отклонением центральной длины волны ±7 нм, которая соответствует всем другим значениям параметров G.695 для соответствующих прикладных кодов, является поперечно совместимой для любых приложений, охватываемых данным кодом, за исключением того, что она не обеспечивает поперечной совместимости с системами с отклонением ±6,5 нм без комплексного инженерного решения.</p>					

Таблица 8-7/G.695 – Параметры физического уровня и значения для многоканальных интерфейсов и 16-канальных приложений с прикладным кодом C16S1-1D2, использующих метод "черного ящика"

Параметр	Единицы	C16S1-1D2
Блок длин волн	нм	ffs
Общая информация		
Максимальное число каналов	–	16
Битовая скорость/линейное кодирование оптических компонентных сигналов	–	NRZ 2,5 Гбит/с
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	10^{-12}
Тип волокна	–	G.652.C или G.652.D
Интерфейс в точке MPI-S_M		
Максимальная средняя выходная мощность канала	дБм	ffs
Минимальная средняя выходная мощность канала	дБм	ffs
Максимальная средняя полная выходная мощность	дБм	ffs
Центральная длина волны	нм	ffs
Разнос каналов	нм	20
Максимальное отклонение центральной длины волны (примечание)	нм	±6,5
Минимальный коэффициент ослабления сигнала в канале	дБ	8,2
Глазковая диаграмма	–	STM-16 по G.957
Оптический тракт (один пролет) от точки MPI-S_M до точки MPI-R_M		
Максимальное затухание	дБ	ffs
Минимальное затухание	дБ	ffs
Максимальная хроматическая дисперсия	пс/нм	ffs
Минимальные оптические возвратные потери в точке MPI-S _M	дБ	ffs
Максимальный дискретный коэффициент отражения между точками MPI-S _M и MPI-R _M	дБ	ffs
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	120
Интерфейс в точке MPI-R_M		
Максимальная средняя входная мощность канала	дБм	ffs
Минимальная средняя входная мощность канала	дБм	ffs
Максимальная средняя полная входная мощность	дБм	ffs
Максимальные дополнительные потери оптического тракта	дБ	ffs
Минимальная эквивалентная чувствительность	дБм	ffs
Максимальный коэффициент отражения оптического сетевого элемента	дБ	ffs
<p>ПРИМЕЧАНИЕ. – Система с максимальным отклонением центральной длины волны ±7 нм, которая соответствует всем другим значениям параметров G.695 для соответствующих прикладных кодов, является поперечно совместимой для любых приложений, охватываемых данным кодом, за исключением того, что она не обеспечивает поперечной совместимости с системами с отклонением ±6,5 нм без комплексного инженерного решения.</p>		

Таблица 8-8/G.695 – Параметры физического уровня и значения для многоканальных интерфейсов и 16-канальных приложений с прикладным кодом C16L1-1D2, использующих метод "черного ящика"

Параметр	Единицы	C16L1-1D2
Блок длин волн	нм	ffs
Общая информация		
Максимальное число каналов	–	16
Битовая скорость/линейное кодирование оптических компонентных сигналов	–	NRZ 2,5 Гбит/с
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	10^{-12}
Тип волокна	–	G.652.C или G.652.D
Интерфейс в точке MPI-S_M		
Максимальная средняя выходная мощность канала	дБм	ffs
Минимальная средняя выходная мощность канала	дБм	ffs
Максимальная средняя полная выходная мощность	дБм	ffs
Центральная длина волны	нм	ffs
Разнос каналов	нм	20
Максимальное отклонение центральной длины волны (примечание)	нм	±6,5
Минимальный коэффициент ослабления сигнала в канале	дБ	8,2
Глазковая диаграмма	–	STM-16 по G.957
Оптический тракт (один пролет) от точки MPI-S_M до точки MPI-R_M		
Максимальное затухание	дБ	ffs
Минимальное затухание	дБ	ffs
Максимальная хроматическая дисперсия	пс/нм	ffs
Минимальные оптические возвратные потери в точке MPI-S _M	дБ	ffs
Максимальный дискретный коэффициент отражения между точками MPI-S _M и MPI-R _M	дБ	ffs
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	120
Интерфейс в точке MPI-R_M		
Максимальная средняя входная мощность канала	дБм	ffs
Минимальная средняя входная мощность канала	дБм	ffs
Максимальная средняя полная входная мощность	дБм	ffs
Максимальные дополнительные потери оптического тракта	дБ	ffs
Минимальная эквивалентная чувствительность	дБм	ffs
Максимальный коэффициент отражения оптического сетевого элемента	дБ	ffs
<p>ПРИМЕЧАНИЕ. – Система с максимальным отклонением центральной длины волны ±7 нм, которая соответствует всем другим значениям параметров G.695 для соответствующих прикладных кодов, является поперечно совместимой для любых приложений, охватываемых данным кодом, за исключением того, что она не обеспечивает поперечной совместимости с системами с отклонением ±6,5 нм без комплексного инженерного решения.</p>		

Таблица 8-9/G.695 – Параметры физического уровня и значения для многоканальных интерфейсов и 16-канальных приложений с прикладным кодом В-С16S1-1D2, использующих метод "черного звена"

Параметр	Единицы	В-С16S1-1D2
Блок длин волн	нм	ffs
Общая информация		
Максимальное число каналов	–	8 + 8
Битовая скорость/линейное кодирование оптических компонентных сигналов	–	NRZ 2,5 Гбит/с
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	10 ⁻¹²
Тип волокна	–	G.652.C или G.652.D
Интерфейс в точке MPI-S_M		
Максимальная средняя выходная мощность канала	дБм	ffs
Минимальная средняя выходная мощность канала	дБм	ffs
Максимальная средняя полная выходная мощность	дБм	ffs
Центральная длина волны	нм	ffs
Разнос каналов	нм	20
Максимальное отклонение центральной длины волны (примечание)	нм	±6,5
Минимальный коэффициент ослабления сигнала в канале	дБ	8,2
Глазковая диаграмма	–	STM-16 по G.957
Оптический тракт (один пролет) от точки MPI-S_M до точки MPI-R_M		
Максимальное затухание	дБ	ffs
Минимальное затухание	дБ	ffs
Максимальная хроматическая дисперсия	пс/нм	ffs
Минимальные оптические возвратные потери в точке MPI-S _M	дБ	ffs
Максимальный дискретный коэффициент отражения между точками MPI-S _M и MPI-R _M	дБ	ffs
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	120
Интерфейс в точке MPI-R_M		
Максимальная средняя входная мощность канала	дБм	ffs
Минимальная средняя входная мощность канала	дБм	ffs
Максимальная средняя полная входная мощность	дБм	ffs
Максимальные дополнительные потери оптического тракта	дБ	ffs
Минимальная эквивалентная чувствительность	дБм	ffs
Максимальный коэффициент отражения оптического сетевого элемента	дБ	ffs
ПРИМЕЧАНИЕ. – Система с максимальным отклонением центральной длины волны ±7 нм, которая соответствует всем другим значениям параметров G.695 для соответствующих прикладных кодов, является поперечно совместимой для любых приложений, охватываемых данным кодом, за исключением того, что она не обеспечивает поперечной совместимости с системами с отклонением ±6,5 нм без комплексного инженерного решения.		

Таблица 8-10/G.695 – Параметры физического уровня и значения для многоканальных интерфейсов и 16-канальных приложений с прикладным кодом В-С16L1-1D2, использующих метод "черного ящика"

Параметр	Единицы	В-С16L1-1D2
Блок длин волн	нм	ffs
Общая информация		
Максимальное число каналов	–	8 + 8
Битовая скорость/линейное кодирование оптических компонентных сигналов	–	NRZ 2,5 Гбит/с
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	10 ⁻¹²
Тип волокна	–	G.652.C или G.652.D
Интерфейс в точке MPI-S_M		
Максимальная средняя выходная мощность канала	дБм	ffs
Минимальная средняя выходная мощность канала	дБм	ffs
Максимальная средняя полная выходная мощность	дБм	ffs
Центральная длина волны	нм	ffs
Разнос каналов	нм	20
Максимальное отклонение центральной длины волны (примечание)	нм	±6,5
Минимальный коэффициент ослабления сигнала в канале	дБ	8,2
Глазковая диаграмма	–	STM-16 по G.957
Оптический тракт (один пролет) от точки MPI-S_M до точки MPI-R_M		
Максимальное затухание	дБ	ffs
Минимальное затухание	дБ	ffs
Максимальная хроматическая дисперсия	пс/нм	ffs
Минимальные оптические возвратные потери в точке MPI-S _M	дБ	ffs
Максимальный дискретный коэффициент отражения между точками MPI-S _M и MPI-R _M	дБ	ffs
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	120
Интерфейс в точке MPI-R_M		
Максимальная средняя входная мощность канала	дБм	ffs
Минимальная средняя входная мощность канала	дБм	ffs
Максимальная средняя полная входная мощность	дБм	ffs
Максимальные дополнительные потери оптического тракта	дБ	ffs
Минимальная эквивалентная чувствительность	дБм	ffs
Максимальный коэффициент отражения оптического сетевого элемента	дБ	ffs
<p>ПРИМЕЧАНИЕ. – Система с максимальным отклонением центральной длины волны ±7 нм, которая соответствует всем другим значениям параметров G.695 для соответствующих прикладных кодов, является поперечно совместимой для любых приложений, охватываемых данным кодом, за исключением того, что она не обеспечивает поперечной совместимости с системами с отклонением ±6,5 нм без комплексного инженерного решения.</p>		

Таблица 8-11/G.695 – Параметры физического уровня и значения для многоканальных систем с одноканальными интерфейсами и 8-канальных приложений, использующих метод "черного звена"

Параметр	Единицы	S-C8S1-1D2 S-C8S1-1D3 S-C8S1-1D5	S-C8L1-1D2 S-C8L1-1D3 S-C8L1-1D5
Общая информация			
Максимальное число каналов	–	8	8 ^{b)}
Битовая скорость/линейное кодирование оптических компонентных сигналов	–	NRZ 2,5 Гбит/с	NRZ 2,5 Гбит/с
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²
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	+5	+5
Минимальная средняя выходная мощность канала	дБм	0	0
Центральная длина волны	нм	1471 + 20 м м = 0–7	1471 + 20 м м = 0–7
Разнос каналов	нм	20	20
Максимальное отклонение центральной длины волны ^{a)}	нм	±6,5	±6,5
Минимальный коэффициент ослабления сигнала в канале	дБ	8,2	8,2
Глазковая диаграмма	–	STM-16 по G.957	STM-16 по G.957
Оптический тракт (один пролет) от точки S_s до точки R_s			
Максимальные вносимые потери канала	дБ	16,5	25,5
Минимальные вносимые потери канала	дБ	5	14
Максимальная хроматическая дисперсия	пс/нм	1000	1600
Минимальные оптические возвратные потери в точке S _s	дБ	24	24
Максимальный дискретный коэффициент отражения между точками S _s и R _s	дБ	–27	–27
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	120	120
Максимальные межканальные перекрестные помехи	дБ	20	20
Максимальные интерферометрические перекрестные помехи	дБ	45	45
Интерфейс в точке R_s			
Максимальная средняя входная мощность канала	дБм	0	–9
Минимальная чувствительность приемника	дБм	–18	–28
Максимальные дополнительные потери оптического тракта	дБ	1,5	2,5
Максимальный коэффициент отражения приемника	дБ	–27	–27
^{a)} Система с максимальным отклонением центральной длины волны ±7 нм, которая соответствует всем другим значениям параметров G.695 для соответствующих прикладных кодов, является поперечно совместимой для любых приложений, охватываемых данным кодом, за исключением того, что она не обеспечивает поперечной совместимости с системами с отклонением ±6,5 нм без комплексного инженерного решения. ^{b)} Канал с длиной волны 1471 нм не может быть использован со старым волокном типа G.655, которое имеет максимальную длину волны отсечки 1480 нм.			

9 Соображения оптической безопасности

Соображения оптической безопасности приведены в Рекомендации МСЭ-Т G.664 и стандартах ИЕС 60825-1 и ИЕС 60825-2.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Доступные предельные уровни эмиссии для длин волн выше и ниже 1400 нм различны. Поэтому необходимо соответствующим образом рассмотреть, какой вклад длины волн в каждой из указанных областей вносят в классификацию опасных уровней для приложений CWDM.

Дополнение I

Зависимость затухания и хроматической дисперсии от длины волны

I.1 Затухание

Коэффициент затухания установленного волоконно-оптического кабеля зависит от длины волны, причем его значение на определенной длине волны зависит от характеристик некаблированного волокна и дополнительных потерь, вызываемых оптическими соединителями, сращениями и изгибами.

В таблице I.1 содержатся предполагаемые значения минимального и максимального коэффициентов затухания для каждой длины волны CWDM. Эти значения также представлены в графическом виде на рисунках I.1 и I.2. Они были получены путем комбинирования измерений коэффициента затухания подземных или проложенных непосредственно в грунте волоконно-оптических кабелей на длинах волн 1550 и 1625 нм с полными спектральными измерениями некаблированных волокон с учетом пределов, указанных в Рекомендации МСЭ-Т G.652.

Таблица I.1/G.695 – Предполагаемые значения коэффициентов затухания

Номинальная центральная длина волны (нм)	Кабели по Рек. G.652 (Прил. А и В)		Кабели по Рек. G.652 (Прил. С и D)	
	Минимальный коэффициент затухания (дБ/км)	Максимальный коэффициент затухания (дБ/км)	Минимальный коэффициент затухания (дБ/км)	Максимальный коэффициент затухания (дБ/км)
1271	0,392	0,473	0,385	0,470
1291	0,370	0,447	0,365	0,441
1311	0,348	0,423	0,352	0,423
1331	0,331	0,425	0,340	0,411
1351	0,320	0,476	0,329	0,399
1371			0,316	0,386
1391			0,301	0,372
1411			0,285	0,357
1431	0,263	0,438	0,269	0,341
1451	0,250	0,368	0,254	0,326
1471	0,238	0,327	0,240	0,312
1491	0,229	0,303	0,229	0,300
1511	0,221	0,290	0,220	0,290
1531	0,215	0,283	0,213	0,283
1551	0,211	0,278	0,209	0,277
1571	0,208	0,276	0,208	0,273
1591	0,208	0,278	0,208	0,275
1611	0,208	0,289	0,212	0,283

ПРИМЕЧАНИЕ. – Эти значения коэффициентов включают допуск на максимальное отклонение центральной длины волны.

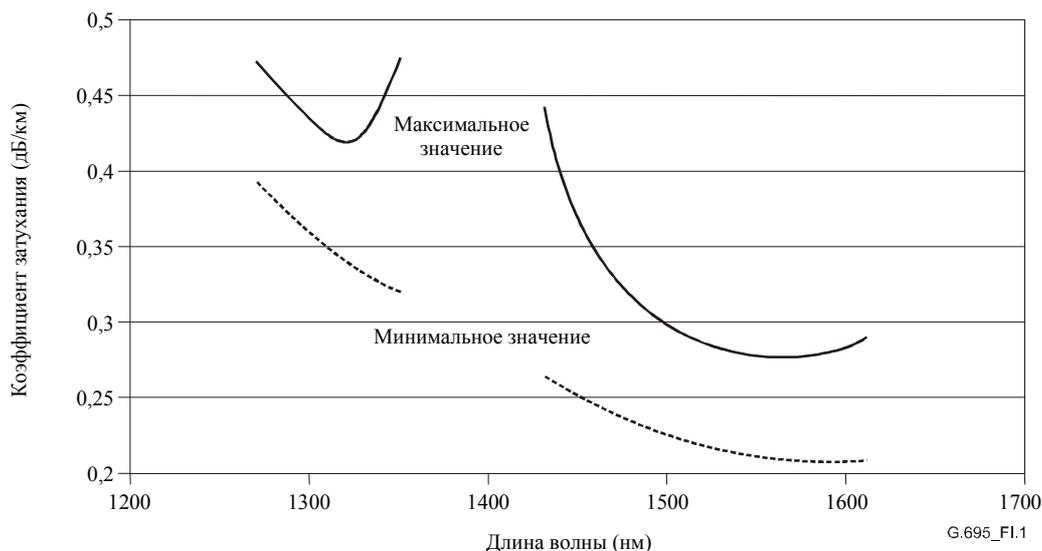


Рисунок I.1/G.695 – Предполагаемые значения коэффициентов затухания кабеля по G.652 (Приложения А и В)

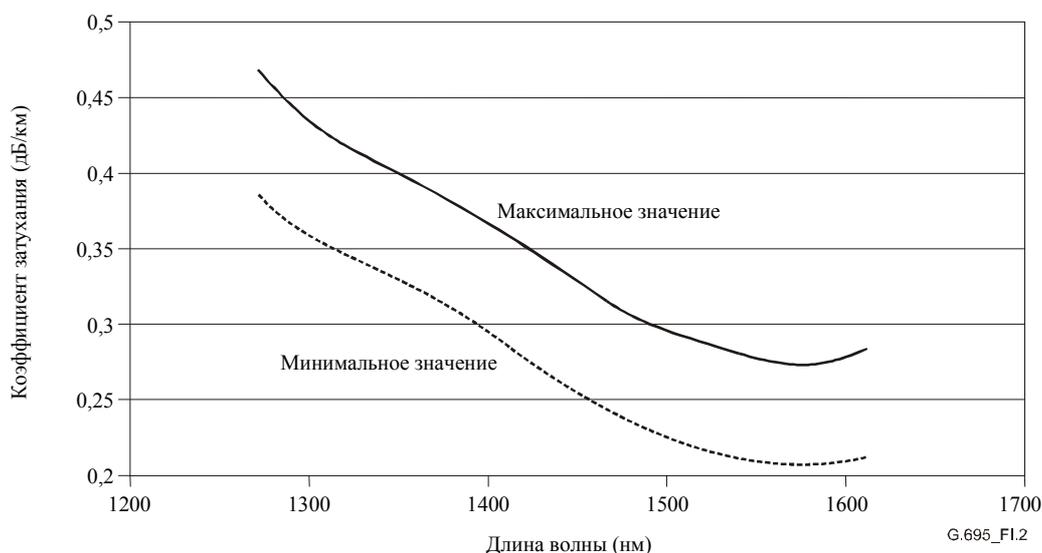


Рисунок I.2/G.695 – Предполагаемые значения коэффициентов затухания кабеля по G.652 (Приложения С и D)

Эти значения коэффициентов затухания основаны на результатах измерения спектра ограниченного числа волокон в предположении, что максимальный коэффициент затухания на длине волны 1550 нм составляет 0,275 дБ/км, а минимальный коэффициент затухания на длине волны 1550 нм – 0,210 дБ/км. Фактические значения затухания установленного кабеля являются статистическими по природе и не могут рассматриваться в качестве пределов в спецификациях на отдельные волокна, кабельные секции или сростки. В фактически установленных волоконно-оптических кабелях значения коэффициентов затухания будут отличаться от тех, что приведены в таблице I.1 и на рисунке I.1, завися от таких факторов, как потери в оптических соединителях, потери при сращивании волокон и их изгибе или потери из-за оптического мониторинга.

I.2 Хроматическая дисперсия

Поскольку коэффициент хроматической дисперсии зависит от длины волны, то некоторые приложения будут ограничены дисперсией наибольшей длины волны, используемой в данном приложении. В таблице I.2 содержатся предполагаемые значения коэффициентов хроматической дисперсии для наибольших центральных несущих длин волн (плюс максимально допустимое

отклонение) для каждого блока длин волн, используемого в настоящей Рекомендации. Эти значения хроматической дисперсии были вычислены с использованием уравнений 10.7a и 10.7b со значением сигмы 1 из Дополнения 39 к Рекомендациям МСЭ-Т серий G.600 и G.900.

Таблица I.2/G.695 – Предполагаемые значения коэффициентов хроматической дисперсии

Блок длин волн (нм)	Коэффициент дисперсии (пс/нм/км)
1291–1351	5,7
1311–1371	6,8
1391–1451	11,5
1531–1591	19,9
1471–1611	21,1

Дополнение II

Оптический тракт от точки RP_S до точки RP_R

В таблице 8-11 приведены рекомендованные значения параметров физического уровня для оптического тракта от точки S_S до точки R_S и приложений, использующих метод "черного звена". Данный оптический тракт от точки S_S до точки R_S включает тракт от точки RP_S до точки RP_R и ряд других сетевых элементов (NE). В случае приложений, использующих метод "черного звена" с линейной топологией, сетевые элементы включают OM, OD и (факультативно) один или несколько OADM. В случае приложений, использующих метод "черного звена" с топологией "кольцо", сетевые элементы включают все OADM, пересекаемые трактом от рассматриваемой точки S_M до точки R_S . Полные вносимые потери и общая хроматическая дисперсия сетевых элементов CWDH и оптического тракта от точки RP_S до точки RP_R не должны превышать значений, определенных для оптического тракта от точки S_S до точки R_S .

Распределение (зависящих от длины волны) вносимых потерь между сетевыми элементами CWDH и оптическим трактом от точки RP_S до точки RP_R будет зависеть от характеристик сетевых элементов и оптического тракта от точки RP_S до точки RP_R . Предполагаемые значения максимальных коэффициентов затухания в Дополнении I могут быть использованы для оценки предполагаемых максимальных значений вносимых потерь каждого канала для оптического тракта от точки RP_S до точки RP_R , а также для оценки ожидаемых расстояний для волокна с высокими потерями. Аналогичным образом для волокон с низкими потерями могут быть использованы минимальные значения коэффициентов затухания в Дополнении I. В некоторых случаях ожидаемое расстояние может быть целиком ограничено дисперсией.

В таблицах II.1 и II.2 содержатся информативные значения параметров для оптического тракта от точки RP_S до точки RP_R для различных значений вносимых потерь сетевых элементов CWDH.

Таблица П.1/G.695 – Параметры и значения для оптического тракта от точки RP_S до точки RP_R и прикладных кодов S-C8S1-1D2, -1D3 и -1D5

Параметр	Единицы	Полные вносимые потери сетевых элементов CWDM				
		7,5 дБ	6,5 дБ	5,5 дБ	4,5 дБ	3,5 дБ
Оптический тракт от точки RP_S до точки RP_R						
Максимальное затухание	дБ	9	10	11	12	13
Минимальное затухание	дБ	0	0	0	0,5	1,5
Максимальная хроматическая дисперсия	пс/нм	1000	1000	1000	1000	1000
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	120	120	120	120	120
Ожидаемое расстояние для волокна с высокими потерями ^{а)}	км	27	30	33	36	39
Ожидаемое расстояние для волокна с низкими потерями ^{а)}	км	38	42	46	50 ^{б)}	55 ^{б)}
^{а)} В фактически установленных волоконно-оптических кабелях ожидаемое расстояние может отличаться от приведенных значений в зависимости от вариаций таких факторов, как потери в оптических соединителях, потери на сращивание и изгибы. ^{б)} Для прикладного кода S-C8S1-1D2, основанного на волокне G.652, ожидаемое расстояние ограничено из-за дисперсии примерно 47 км.						

Таблица П.2/G.695 – Параметры и значения для оптического тракта от точки RP_S до точки RP_R и прикладных кодов S-C8L1-1D2, -1D3 и -1D5

Параметр	Единицы	Полные вносимые потери сетевых элементов CWDM				
		7,5 дБ	6,5 дБ	5,5 дБ	4,5 дБ	3,5 дБ
Оптический тракт от точки RP_S до точки RP_R						
Максимальное затухание	дБ	18	19	20	21	22
Минимальное затухание	дБ	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5
Максимальная хроматическая дисперсия	пс/нм	1600	1600	1600	1600	1600
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	120	120	120	120	120
Ожидаемое расстояние для волокна с высокими потерями ^{а)}	км	55	58	61	64	67
Ожидаемое расстояние для волокна с низкими потерями ^{а)}	км	75	79 ^{б)}	84 ^{б)}	88 ^{б)}	92 ^{б)}
^{а)} В фактически установленных волоконно-оптических кабелях ожидаемое расстояние может отличаться от приведенных значений в зависимости от вариаций таких факторов, как потери в оптических соединителях, потери на сращивание и изгибы. ^{б)} Для прикладного кода S-C8L1-1D2, основанного на волокне G.652, ожидаемое расстояние ограничено из-за дисперсии примерно 75 км.						

Дополнение III

"Черные звенья", содержащие OADM

III.1 Число OADM в "черном звене"

Число мультиплексоров OADM, которое может использоваться в "черном звене" с линейной топологией или в "черном звене" с топологией "кольцо", зависит от потерь OM, OADM, OD, волокна и соединителя. Общие потери на тракте от точки S_S до точки R_S должны превышать минимальные вносимые потери в канале и не должны превышать максимальные вносимые потери в канале для прикладных кодов, используемых для тракта от точки S_S до точки R_S. Следовательно, мы имеем:

$$IL_{min} \leq IL_{total} \leq IL_{max}$$

где:

IL_{min} : минимальные вносимые потери в канале для прикладного кода;
 IL_{max} : максимальные вносимые потери в канале для прикладного кода,

и

$$IL_{total} = IL_{OM} + N_{OADM} IL_{OADM} + IL_{OD} + N_{con} IL_{con} + \alpha \cdot L,$$

где:

IL_{OM} : вносимые потери OM или потери ввода OADM в точке S_S для длины волны, используемой на тракте от точки S_S до точки R_S ;
 N_{OADM} : число быстрых OADM;
 IL_{OADM} : вносимые потери быстрых OADM для длины волны, используемой на тракте от точки S_S до точки R_S ;
 IL_{OD} : вносимые потери OD или потери вывода OADM в точке R_S для длины волны, используемой на тракте от точки S_S до точки R_S ;
 N_{con} : число соединителей между точками S_S и R_S ;
 IL_{con} : вносимые потери соединителя;
 α : коэффициент затухания волокна (в дБ/км) для длины волны, используемой на тракте от точки S_S до точки R_S ;
 L : общая длина волокна между точками S_S и R_S .

Быстрый OADM – это такой мультиплексор OADM, через который рассматриваемая волна проходит без ввода или вывода. Максимальное число быстрых OADM на тракте между точками S_S и R_S , следовательно, определяется выражением:

$$N_{OADM} \left[\frac{IL_{max} - IL_{OM} - IL_{OD} - N_{con} IL_{con} - \alpha \cdot L}{IL_{OADM}} \right].$$

Оценка максимального числа OADM должна осуществляться для каждого тракта от точки S_S до точки R_S сети, с тем чтобы максимальное число OADM не превышалось для сетей, где все тракты используют общий концентратор (см. рисунок III.1), но задача усложняется по мере усложнения топологии тракта (см. рисунок III.2).

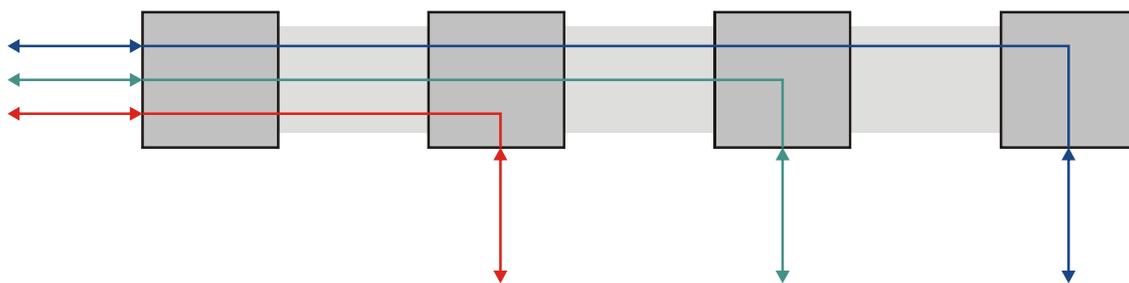


Рисунок III.1/G.695 – Простой пример линейной топологии "черного звена"

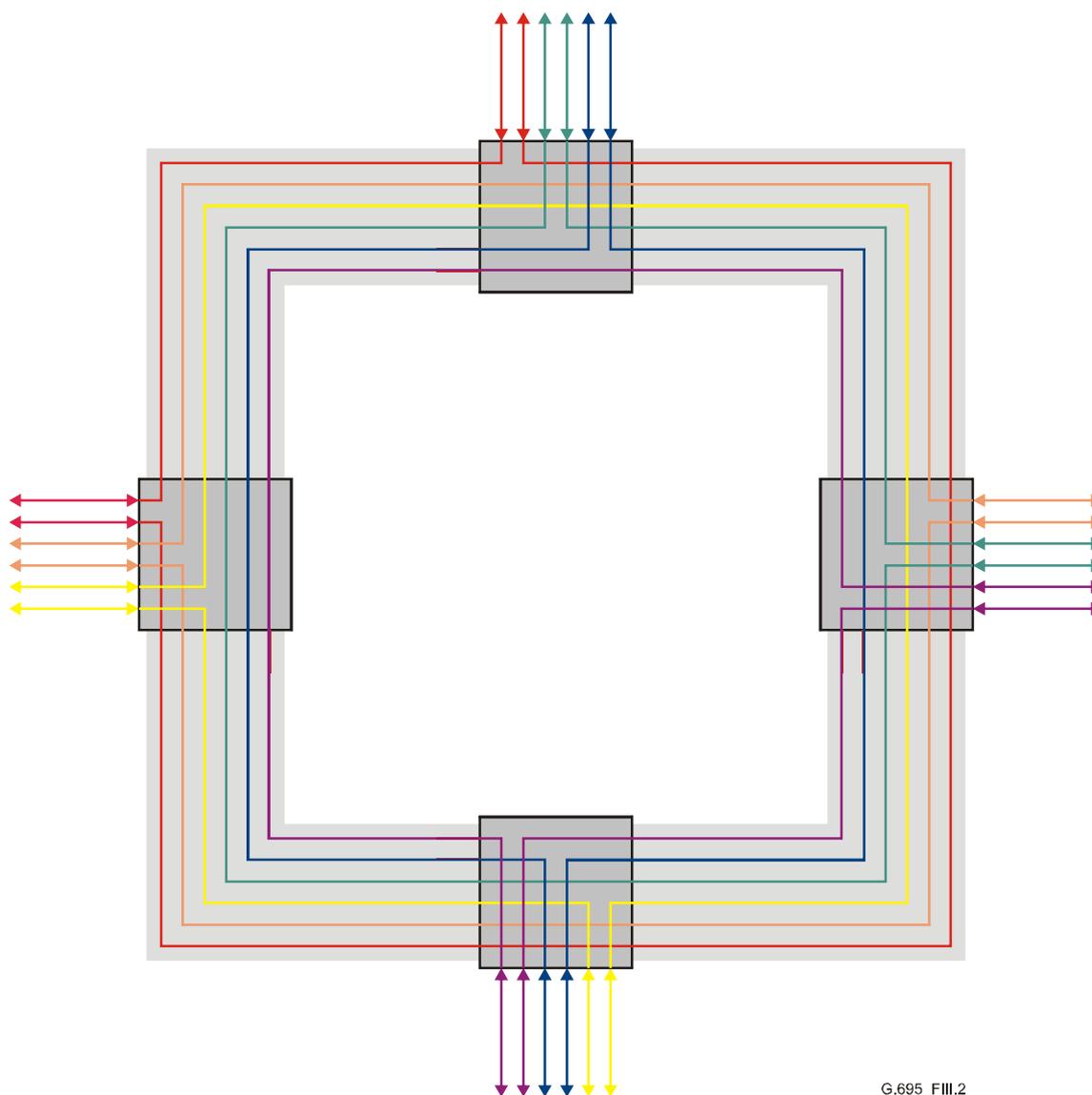


Рисунок III.2/G.695 – Сложный пример топологии "кольцо" "черного звена"

Для некоторых трактов может оказаться необходимым добавить определенное оптическое затухание на стороне "черного звена" интерфейса S_S или R_S , с тем чтобы выполнить требование минимальных вносимых потерь в канале для "черного звена" между точками S_S и R_S , не затрагивая потерь на других трактах.

III.2 Смешанные прикладные коды

В одном и том же "черном звене" можно использовать сочетание различных, но совместимых прикладных кодов. Например, на тракте с низкими потерями может использоваться S-C8S1-1D2, а на трактах с высокими потерями – S-C8L1-1D2.

III.3 Защита

"Черные звенья" CWDM с топологией "кольцо" предоставляют возможность использования защищенных оптических трактов. Защита (резервирование) может осуществляться несколькими способами, включая:

- защиту на уровне пользователей (клиентов), когда "черные звенья" CWDM с топологией "кольцо" обеспечивают два физически различных оптических тракта между двумя пользователями. Эти два оптических тракта могут использовать, а могут и не использовать одну и ту же длину волны CWDM;
- комплексную защиту при OADM, обеспечивающих интерфейс одного пользователя, и при использовании резервного переключения в OADM.

Характеристики систем, которые обеспечивают резервное переключение, выходят за рамки настоящей Рекомендации; однако прикладные коды, приведенные в настоящей Рекомендации, могут использоваться в этих системах, пока оптический тракт между точками S_S и R_S постоянно соответствует требованиям надлежащего прикладного кода.

Дополнение IV

Значения параметров для 16-канальных приложений

В настоящем Дополнении приведены значения начальных параметров для 16-канальных приложений. Предполагается, что по мере развития технологии эти значения, возможно, потребуется пересматривать.

Таблица IV.1/G.695 – Параметры физического уровня и значения для многоканальных интерфейсов и 16-канальных приложений с прикладным кодом C16S1-1D2, использующих метод "черного ящика"

Параметр	Единицы	C16S1-1D2		
		1311–1371	1391–1451	1471–1611
Блок длин волн	нм	1311–1371	1391–1451	1471–1611
Общая информация				
Максимальное число каналов	–	16		
Битовая скорость/линейное кодирование оптических компонентных сигналов	–	NRZ 2,5 Гбит/с		
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	10 ⁻¹²		
Тип волокна	–	G.652.C или G.652.D		
Интерфейс в точке MPI-S_M				
Максимальная средняя выходная мощность канала	дБм	+3,5	+2,5	+1
Минимальная средняя выходная мощность канала	дБм	–4	–5	–6,5
Максимальная средняя полная выходная мощность	дБм	+14,2		
Центральная длина волны	нм	1311 + 20 м, м = 0–3	1391 + 20 м, м = 0–3	1471 + 20 м, м = 0–7
Разнос каналов	нм	20		
Максимальное отклонение центральной длины волны (примечание)	нм	±6,5		
Минимальный коэффициент ослабления сигнала в канале	дБ	8,2		
Глазковая диаграмма	–	STM-16 по G.957		
Оптический тракт (один пролет) от точки MPI-S_M до точки MPI-R_M				
Максимальное затухание	дБ	8,5	7,5	6,5
Минимальное затухание	дБ	3,5	2,5	0,5
Максимальная хроматическая дисперсия	пс/нм	160	300	510
Минимальные оптические возвратные потери в точке MPI-S _M	дБ	24		

Таблица IV.1/G.695 – Параметры физического уровня и значения для многоканальных интерфейсов и 16-канальных приложений с прикладным кодом C16S1-1D2, использующих метод "черного ящика"

Параметр	Единицы	C16S1-1D2		
Максимальный дискретный коэффициент отражения между точками MPI-S _M и MPI-R _M	дБ	-27		
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	120		
Интерфейс в точке MPI-R_M				
Максимальная средняя входная мощность канала	дБм	0	0	+0,5
Минимальная средняя входная мощность канала	дБм	-12,5	-12,5	-13
Максимальная средняя полная входная мощность	дБм	+12,3		
Максимальные дополнительные потери оптического тракта	дБ	1	1	1
Минимальная эквивалентная чувствительность	дБм	-13,5	-13,5	-14
Максимальный коэффициент отражения оптического сетевого элемента	дБ	-27		
ПРИМЕЧАНИЕ. – Система с максимальным отклонением центральной длины волны ± 7 нм, которая соответствует всем другим значениям параметров G.695 для соответствующих прикладных кодов, является поперечно совместимой для любых приложений, охватываемых данным кодом, за исключением того, что она не обеспечивает поперечной совместимости с системами с отклонением $\pm 6,5$ нм без комплексного инженерного решения.				

Таблица IV.2/G.695 – Параметры физического уровня и значения для многоканальных интерфейсов и 16-канальных приложений с прикладным кодом C16L1-1D2, использующих метод "черного ящика"

Параметр	Единицы	C16L1-1D2		
Блок длин волн	нм	1311–1371	1391–1451	1471–1611
Общая информация				
Максимальное число каналов	–	16		
Битовая скорость/линейное кодирование оптических компонентных сигналов	–	NRZ 2,5 Гбит/с		
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	10^{-12}		
Тип волокна	–	G.652.C или G.652.D		
Интерфейс в точке MPI-S_M				
Максимальная средняя выходная мощность канала	дБм	+3,5	+1,5	-0,5
Минимальная средняя выходная мощность канала	дБм	-4	-6	-8
Максимальная средняя полная выходная мощность	дБм	+13,4		
Центральная длина волны	нм	1311 + 20 м, м = 0–3	1391 + 20 м, м = 0–3	1471 + 20 м, м = 0–7
Разнос каналов	нм	20		
Максимальное отклонение центральной длины волны (примечание)	нм	$\pm 6,5$		
Минимальный коэффициент ослабления сигнала в канале	дБ	8,2		
Глазковая диаграмма	–	STM-16 по G.957		

Таблица IV.2/G.695 – Параметры физического уровня и значения для многоканальных интерфейсов и 16-канальных приложений с прикладным кодом C16L1-1D2, использующих метод "черного ящика"

Параметр	Единицы	C16L1-1D2		
Оптический тракт (один пролет) от точки MPI-S_M до точки MPI-R_M				
Максимальное затухание	дБ	18	15,8	13,3
Минимальное затухание	дБ	11	9	7
Максимальная хроматическая дисперсия	пс/нм	350	650	1100
Минимальные оптические возвратные потери в точке MPI-S _M	дБ		24	
Максимальный дискретный коэффициент отражения между точками MPI-S _M и MPI-R _M	дБ		-27	
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс		120	
Интерфейс в точке MPI-R_M				
Максимальная средняя входная мощность канала	дБм		-7,5	
Минимальная средняя входная мощность канала	дБм	-22	-21,8	-21,3
Максимальная средняя полная входная мощность	дБм		+4,5	
Максимальные дополнительные потери оптического тракта	дБ	1	1,5	2
Минимальная эквивалентная чувствительность	дБм	-23	-23,3	-23,3
Максимальный коэффициент отражения оптического сетевого элемента	дБ		-27	
ПРИМЕЧАНИЕ. – Система с максимальным отклонением центральной длины волны ± 7 нм, которая соответствует всем другим значениям параметров G.695 для соответствующих прикладных кодов, является поперечно совместимой для любых приложений, охватываемых данным кодом, за исключением того, что она не обеспечивает поперечной совместимости с системами с отклонением $\pm 6,5$ нм без комплексного инженерного решения.				

Таблица IV.3/G.695 – Параметры физического уровня и значение для многоканальных интерфейсов и 16-канальных приложений с прикладным кодом B-C16S1-1D2, использующих метод "черного ящика"

Параметр	Единицы	B-C16S1-1D2		
		1311–1371	1391–1451	1471–1611
Блок длин волн	нм	1311–1371	1391–1451	1471–1611
Общая информация				
Максимальное число каналов	–	8 + 8		
Битовая скорость/линейное кодирование оптических компонентных сигналов	–	NRZ 2,5 Гбит/с		
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	10^{-12}		
Тип волокна	–	G.652.C или G.652.D		
Интерфейс в точке MPI-S_M				
Максимальная средняя выходная мощность канала	дБм	+3.5	+2	+1
Минимальная средняя выходная мощность канала	дБм	-4	-5	-6,5
Максимальная средняя полная выходная мощность	дБм		+11,8	

Таблица IV.3/G.695 – Параметры физического уровня и значение для многоканальных интерфейсов и 16-канальных приложений с прикладным кодом В-С16S1-1D2, использующих метод "черного ящика"

Параметр	Единицы	В-С16S1-1D2		
		1311 + 20 м, м = 0–3	1391 + 20 м, м = 0–3	1471 + 20 м, м = 0–7
Центральная длина волны	нм	1311 + 20 м, м = 0–3	1391 + 20 м, м = 0–3	1471 + 20 м, м = 0–7
Разнос каналов	нм	20		
Максимальное отклонение центральной длины волны (примечание)	нм	±6,5		
Минимальный коэффициент ослабления сигнала в канале	дБ	8,2		
Глазковая диаграмма	–	STM-16 по G.957		
Оптический тракт (один пролет) от точки MPI-S_M до точки MPI-R_M				
Максимальное затухание	дБ	8,5	7,5	6,3
Минимальное затухание	дБ	3,5	2,5	0,5
Максимальная хроматическая дисперсия	пс/нм	160	300	510
Минимальные оптические возвратные потери в точке MPI-S _M	дБ	24		
Максимальный дискретный коэффициент отражения между точками MPI-S _M и MPI-R _M	дБ	–27		
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	120		
Интерфейс в точке MPI-R_M				
Максимальная средняя входная мощность канала	дБм	0	–0,5	+0,5
Минимальная средняя входная мощность канала	дБм	–12,5	–12,5	–12,8
Максимальная средняя полная входная мощность	дБм	+9,5		
Максимальные дополнительные потери оптического тракта	дБ	1	1	1
Минимальная эквивалентная чувствительность	дБм	–13,5	–13,5	–13,8
Максимальный коэффициент отражения оптического сетевого элемента	дБ	–27		
ПРИМЕЧАНИЕ. – Система с максимальным отклонением центральной длины волны ±7 нм, которая соответствует всем другим значениям параметров G.695 для соответствующих прикладных кодов, является поперечно совместимой для любых приложений, охватываемых данным кодом, за исключением того, что она не обеспечивает поперечной совместимости с отклонением ±6,5 нм без комплексного инженерного решения.				

Таблица IV.4/G.695 – Параметры физического уровня и значения для многоканальных интерфейсов и 16-канальных приложений с прикладным кодом В-С16L1-1D2, использующих метод "черного ящика"

Параметр	Единицы	В-С16L1-1D2		
		1311–1371	1391–1451	1471–1611
Блок длин волн	нм	1311–1371	1391–1451	1471–1611
Общая информация				
Максимальное число каналов	–	8 + 8		
Битовая скорость/линейное кодирование оптических компонентных сигналов	–	NRZ 2,5 Гбит/с		

Таблица IV.4/G.695 – Параметры физического уровня и значения для многоканальных интерфейсов и 16-канальных приложений с прикладным кодом В-С16L1-1D2, использующих метод "черного ящика"

Параметр	Единицы	В-С16L1-1D2		
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	10 ⁻¹²		
Тип волокна	–	G.652.C или G.652.D		
Интерфейс в точке MPI-S_M				
Максимальная средняя выходная мощность канала	дБм	+3,5	+1,5	–0,5
Минимальная средняя выходная мощность канала	дБм	–4	–6	–8
Максимальная средняя полная выходная мощность	дБм	+11,6		
Центральная длина волны	нм	1311 + 20 м, м = 0–3	1391 + 20 м, м = 0–3	1471 + 20 м, м = 0–7
Разнос каналов	нм	20		
Максимальное отклонение центральной длины волны (примечание)	нм	±6,5		
Минимальный коэффициент ослабления сигнала в канале	дБ	8,2		
Глазковая диаграмма	–	STM-16 по G.957		
Оптический тракт (один пролет) от точки MPI-S_M до точки MPI-R_M				
Максимальное затухание	дБ	18	15,8	13,3
Минимальное затухание	дБ	11	9	7
Максимальная хроматическая дисперсия	пс/нм	350	650	1100
Минимальные оптические возвратные потери в точке MPI-S _M	дБ	24		
Максимальный дискретный коэффициент отражения между точками MPI-S _M и MPI-R _M	дБ	–27		
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	120		
Интерфейс в точке MPI-R_M				
Максимальная средняя входная мощность канала	дБм	–7,5		
Минимальная средняя входная мощность канала	дБм	–22	–21,8	–21,3
Максимальная средняя полная входная мощность	дБм	+1,5		
Максимальные дополнительные потери оптического тракта	дБ	1	1,5	2
Минимальная эквивалентная чувствительность	дБм	–23	–23,3	–23,3
Максимальный коэффициент отражения оптического сетевого элемента	дБ	–27		
<p>ПРИМЕЧАНИЕ. – Система с максимальным отклонением центральной длины волны ±7 нм, которая соответствует всем другим значениям параметров G.695 для соответствующих прикладных кодов, является поперечно совместимой для любых приложений, охватываемых данным кодом, за исключением того, что она не обеспечивает поперечной совместимости с системами с отклонением ±6,5 нм без комплексного инженерного решения.</p>				

СЕРИЯ 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	TMN и техническое обслуживание сетей: международные системы передачи, телефонные, телеграфные, факсимильные и арендованные каналы
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 и взаимосвязь открытых систем
Серия Y	Глобальная информационная инфраструктура, аспекты межсетевого протокола и сети последующих поколений
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи