

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

G.698.2

(11/2009)

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

Характеристики среды передачи и оптических
систем – Характеристики оптических систем

**Многоканальные приложения, использующие
плотное мультиплексирование
с разделением по длине волны,
с усилителями и с одноканальными
оптическими интерфейсами**

Рекомендация МСЭ-Т G.698.2

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

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ЦЕПИ	G.100–G.199
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОБЩИЕ ДЛЯ ВСЕХ АНАЛОГОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ	G.200–G.299
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ ВЧ-СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ ПО МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ	G.300–G.399
ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ИЛИ СПУТНИКОВЫХ ЛИНИЙ И ИХ СОЕДИНЕНИЕ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПРОВОДНЫМИ ЛИНИЯМИ	G.400–G.449
КООРДИНАЦИЯ РАДИОТЕЛЕФОНИИ И ПРОВОДНОЙ ТЕЛЕФОНИИ	G.450–G.499
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ И ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	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.639
Оптические системы в свободном пространстве	G.640–G.649
Волоконно-оптические кабели	G.650–G.659
Характеристики оптических компонентов и подсистем	G.660–G.679
Характеристики оптических систем	G.680–G.699
ЦИФРОВОЕ ОКОНЕЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	G.700–G.799
ЦИФРОВЫЕ СЕТИ	G.800–G.899
ЦИФРОВЫЕ УЧАСТКИ И СИСТЕМА ЦИФРОВЫХ ЛИНИЙ	G.900–G.999
КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ – ОБЩИЕ И СВЯЗАННЫЕ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ АСПЕКТЫ	G.1000–G.1999
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ	G.6000–G.6999
ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ – ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	G.7000–G.7999
АСПЕКТЫ ПЕРЕДАЧИ ПАКЕТОВ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ	G.8000–G.8999
СЕТИ ДОСТУПА	G.9000–G.9999

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

Рекомендация МСЭ-Т G.698.2

Многоканальные приложения, использующие плотное мультиплексирование с разделением по длине волны, с усилителями и с одноканальными оптическими интерфейсами

Резюме

В Рекомендации МСЭ-Т G.698.2 представлены значения оптических параметров для интерфейсов физического уровня систем, в которых используется плотное мультиплексирование с разделением по длине волны (DWDM) и которые предназначены в первую очередь для общегородских приложений, имеющих в своем составе оптические усилители. Приложения определяются с применением параметров оптических интерфейсов в одноканальных точках соединения между оптическими передатчиками и оптическим мультиплексором, а также между оптическими приемниками и оптическим демультиплексором в системе с DWDM. В настоящей Рекомендации используется методика, которая не определяет подробные данные оптического звена, например не определяет в явном виде максимальную протяженность волоконного звена. В настоящую версию Рекомендации включены однонаправленные приложения DWDM, работающие со скоростью 2,5 и 10 Гбит/с с частотным разнесом каналов 100 ГГц, а также работающие со скоростью 10 Гбит/с приложения с частотным разнесом каналов 50 ГГц.

Хронологическая справка

Издание	Рекомендация	Утверждение	Исследовательская комиссия	Уникальный идентификатор*
1.0	МСЭ-Т G.698.2	29.07.2007 г.	15-я	11.1002/1000/9183
2.0	МСЭ-Т G.698.2	13.11.2009 г.	15-я	11.1002/1000/10396

* Для получения доступа к Рекомендации наберите в адресном поле вашего браузера URL: <http://handle.itu.int/>, после которого следует уникальный идентификатор Рекомендации. Например, <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

ПРЕДИСЛОВИЕ

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

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

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

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

ПРИМЕЧАНИЕ

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

Соблюдение положений данной Рекомендации осуществляется на добровольной основе. Однако данная Рекомендация может содержать некоторые обязательные положения (например, для обеспечения функциональной совместимости или возможности применения), и в таком случае соблюдение Рекомендации достигается при выполнении всех указанных положений. Для выражения требований используются слова "следует", "должен" ("shall") или некоторые другие обязывающие выражения, такие как "обязан" ("must"), а также их отрицательные формы. Употребление таких слов не означает, что от какой-либо стороны требуется соблюдение положений данной Рекомендации.

ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на вероятность того, что практическое применение или выполнение настоящей Рекомендации может включать использование заявленного права интеллектуальной собственности. МСЭ не занимает какую бы то ни было позицию относительно подтверждения, действительности или применимости заявленных прав интеллектуальной собственности, независимо от того, доказываются ли такие права членами МСЭ или другими сторонами, не относящимися к процессу разработки Рекомендации.

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

© ITU 2015

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

СОДЕРЖАНИЕ

		Стр.
1	Область применения	1
2	Ссылки.....	1
3	Термины и определения	2
3.1	Термины, определенные в других документах	2
3.2	Термины, определенные в настоящей Рекомендации	3
4	Сокращения и акронимы	3
5	Классификация оптических интерфейсов.....	3
5.1	Приложения.....	3
5.2	Эталонные точки.....	4
5.3	Система условных обозначений.....	7
5.4	Одноканальные интерфейсы в эталонных точках S_S и R_S	8
6	Поперечная совместимость	9
7	Определения параметров.....	9
7.1	Общая информация	10
7.2	Интерфейс в точке S_S	11
7.3	Параметры оптического тракта от точки S_S до точки R_S	13
7.4	Интерфейс в точке R_S	16
8	Значения параметров	18
9	Соображения в отношении оптической безопасности	26
	Дополнение I – Измерение штрафа OSNR передатчика при (остаточной) дисперсии и штрафа OSNR оптического тракта.....	27
	Дополнение II – Исключение ретрансляторов по одноканальным интерфейсам с DWDM	29
	Библиография	31

Многоканальные приложения, использующие плотное мультиплексирование с разделением по длине волны, с усилителями и с одноканальными оптическими интерфейсами

1 Область применения

Цель настоящей Рекомендации заключается в представлении спецификаций оптического интерфейса для реализации поперечно совместимых систем с плотным мультиплексированием с разделением по длине волны (DWDM), предназначенных в первую очередь для общегородских приложений, в которых используются оптические усилители

В настоящей Рекомендации определены и представлены значения для параметров одноканальных оптических интерфейсов физических межпунктовых и кольцевых приложений DWDM на одномодовых оптических волокнах с использованием метода "черного звена". "Черные звенья", охватываемые настоящей Рекомендацией, могут содержать оптические усилители.

Использование таких одноканальных оптических интерфейсов для систем DWDM позволяет исключать ретрансляторы, которые в противном случае потребуются в оптических сетях передачи с DWDM разных поставщиков. Более подробная информация представлена в Дополнении II.

В настоящей Рекомендации представлено описание одноканальных интерфейсов с системами DWDM, имеющих следующие характеристики:

- частотный разнос каналов 50 ГГц и более (определено в [ITU-T G.694.1]);
- битовая скорость в канале связи до 10 Гбит/с.

Ожидается, что в будущие версии настоящей Рекомендации будут включены прикладные коды для битовой скорости до 40 Гбит/с.

Спецификации организованы в соответствии с прикладными кодами.

2 Ссылки

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

[ITU-T G.652]	Рекомендация МСЭ-Т G.652 (2005 г.) <i>Характеристики одномодового оптического волокна и кабеля.</i>
[ITU-T G.653]	Рекомендация МСЭ-Т G.653 (2006 г.) <i>Характеристики одномодового оптического волокна и кабеля со сдвигом дисперсии.</i>
[ITU-T G.655]	Рекомендация МСЭ-Т G.655 (2006 г.) <i>Характеристики одномодового оптического волокна и кабеля с ненулевым дисперсионным смещением.</i>
[ITU-T G.664]	Рекомендация МСЭ-Т G.664 (2006 г.) <i>Процедуры и требования к обеспечению оптической безопасности оптических транспортных систем.</i>
[ITU-T G.671]	Рекомендация МСЭ-Т G.671 (2009 г.) <i>Характеристики передачи оптических компонентов и подсистем.</i>
[ITU-T G.691]	Рекомендация МСЭ-Т G.691 (2006 г.) <i>Оптические интерфейсы для одноканальных STM-64 и других систем СИ с оптическими усилителями.</i>

[ITU-T G.692]	Recommendation ITU-T G.692 (1998) <i>Optical interfaces for multichannel systems with optical amplifiers.</i>
[ITU-T G.694.1]	Рекомендация МСЭ-Т G.694.1 (2002 г.) <i>Спектральные сетки для применения технологии WDM: сетка длин волн технологии DWDM.</i>
[ITU-T G.709]	Рекомендация МСЭ-Т G.709/Y.1331 (2003 г.) <i>Интерфейсы оптической транспортной сети (OTN).</i>
[ITU-T G.957]	Рекомендация МСЭ-Т G.957 (2006 г.) <i>Оптические интерфейсы для оборудования и систем, относящихся к синхронной цифровой иерархии.</i>
[ITU-T G.959.1]	Рекомендация МСЭ-Т G.959.1 (2008 г.) <i>Интерфейсы физического уровня оптической транспортной сети.</i>
[IEC 60825-1]	IEC 60825-1 (2007) <i>Safety of laser products – Part 1: Equipment classification and requirements.</i>
[IEC 60825-2]	IEC 60825-2 (2007) <i>Safety of laser products – Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS).</i>

3 Термины и определения

3.1 Термины, определенные в других документах

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

- плотное волновое уплотнение (dense wavelength division multiplexing) (DWDM);
- вносимые потери в канале (channel insertion loss);
- отражательная способность (reflectance);
- неравномерность (ripple);
- разнос каналов (channel spacing);
- дифференциальная групповая задержка (differential group delay);
- отражательная способность (reflectance).

В настоящей Рекомендации используется следующий термин, определенный в Рекомендации МСЭ-Т G.691:

- (оптический) ретранслятор ((optical) transponder).

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

- сетка частот (frequency grid).

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

- полностью стандартизированный OTUk (completely standardized OTUk).

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

- совместное проектирование (joint engineering);
- поперечная совместимость (transverse compatibility).

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

- оптический трибутарный сигнал (optical tributary signal);
- оптический трибутарный сигнал класса NRZ2.5G (optical tributary signal class NRZ2.5G);
- оптический трибутарный сигнал класса NRZ10G (optical tributary signal class NRZ10G).

3.2 Термины, определенные в настоящей Рекомендации

Настоящая Рекомендация не содержит определений каких-либо терминов.

4 Сокращения и акронимы

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения и акронимы.

APD	Avalanche Photodiode	Лавинный фотодиод
ASE	Amplified Spontaneous Emission	Усиленное спонтанное излучение
BER	Bit Error Ratio	Коэффициент ошибок по битам
DGD	Differential Group Delay	Дифференциальная групповая задержка
EX	Extinction Ratio	Коэффициент поглощения
FEC	Forward Error Correction	Упреждающая коррекция ошибок
NA	Not Applicable	Не применяется
NE	Network Element	Элемент сети
NRZ	Non-Return to Zero	Без возврата к нулю
OA	Optical Amplifier	Оптический усилитель
OADM	Optical Add-Drop Multiplexer	Оптический мультиплексор ввода/вывода
OD	Optical Demultiplexer	Оптический демультиплексор
OM	Optical Multiplexer	Оптический мультиплексор
ONE	Optical Network Element	Элемент оптической сети
OTUk	Completely standardized optical channel transport unit – k	Полностью стандартизированный транспортный блок оптического канала k
PDL	Polarization Dependent Loss	Потери, зависящие от поляризации
PIN	P type-intrinsic-n type	P-типа с собственной проводимостью n-типа
PMD	Polarization Mode Dispersion	Поляризационная модовая дисперсия
R _s	Single-channel reference point at the DWDM network element tributary output	Одноканальная эталонная точка на трибутарном выходе элемента сети с DWDM
S _s	Single-channel reference point at the DWDM network element tributary input	Одноканальная эталонная точка на трибутарном входе элемента сети с DWDM
SOP	State of Polarization	Состояние поляризации
VOA	Variable Optical Attenuator	Переменный оптический аттенюатор
WDM	Wavelength Division Multiplexing	Мультиплексирование с разделением по длине волны

5 Классификация оптических интерфейсов

5.1 Приложения

В настоящей Рекомендации представлены параметры и значения физического уровня для одноканальных интерфейсов многоканальных оптических систем с DWDM в физических межпунктовых и кольцевых приложениях.

В настоящей Рекомендации применен способ составления спецификации с использованием метода "черного звена", который означает, что параметры оптического интерфейса заданы только для оптических трибутарных сигналов (одиночный канал). Представлены дополнительные спецификации для таких параметров "черного звена", как остаточная хроматическая дисперсия, неравномерность и

поляризационная модовая дисперсия. Этот метод обеспечивает возможность поперечной совместимости в одноканальной точке с использованием прямой конфигурации мультиплексирования по длине волны. Однако он не обеспечивает поперечной совместимости в многоканальных точках.

В настоящей Рекомендации рассматриваются приложения DWDM, в которых "черное звено" может содержать оптические усилители.

5.2 Эталонные точки

5.2.1 Однонаправленные приложения

На рисунке 5-1 показана совокупность эталонных точек при использовании метода "черного звена" с линейной топологией для одноканального соединения (S_S и R_S) между передатчиками (Tx) и приемниками (Rx). Здесь элементы сети DWDM содержат оптический мультиплексор (OM) и оптический демультиплексор (OD) (которые используются как пара с противостоящим элементом), один или несколько оптических усилителей и могут также содержать один или несколько мультиплексоров ввода-вывода (OADM).

Размещение элементов в "черном звене", показанное на рисунках с 5-1 по 5-4, приведено не для наложения ограничений на схему "черного звена", оно представлено исключительно для простоты определения местоположения одноканальных интерфейсов.

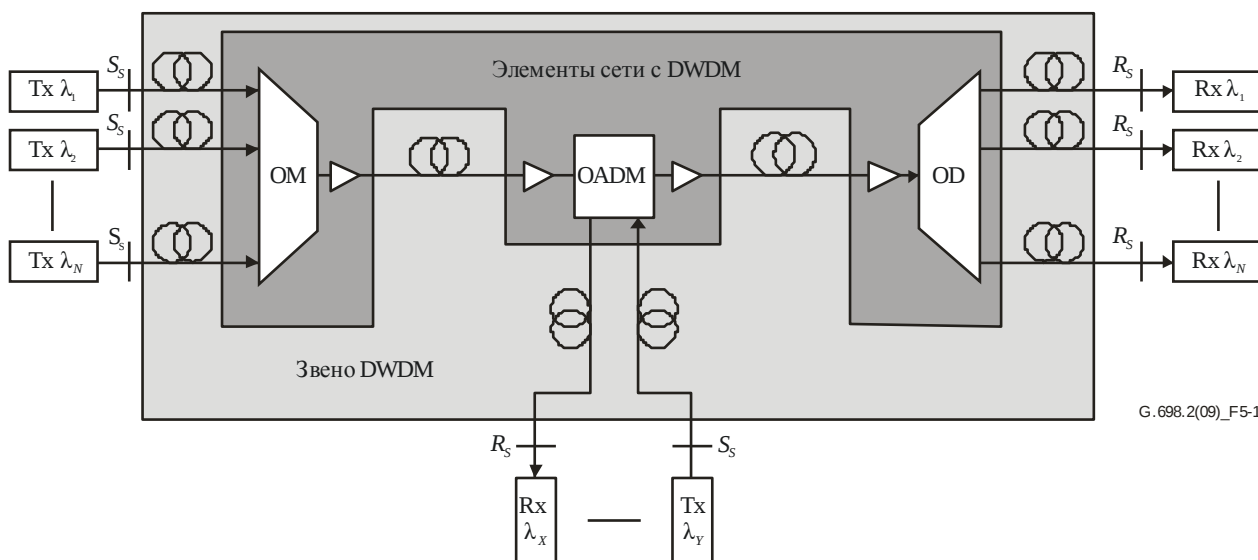


Рисунок 5-1 – Метод "черного звена" с линейной топологией

Как показано на рисунке 5-1, в случаях, когда передатчик или приемник находятся на некотором расстоянии от OM, OD или OADM, волокно между точкой S_S или R_S и элементом сети с DWDM рассматривается как часть "черного звена".

На рисунке 5-2 показана совокупность соответствующих эталонных точек для метода "черного звена" с кольцевой топологией, для одноканального соединения (S_S и R_S) между передатчиками (Tx) и приемниками (Rx). Здесь элементы сети с DWDM содержат один или несколько OADM в кольцевой топологии.

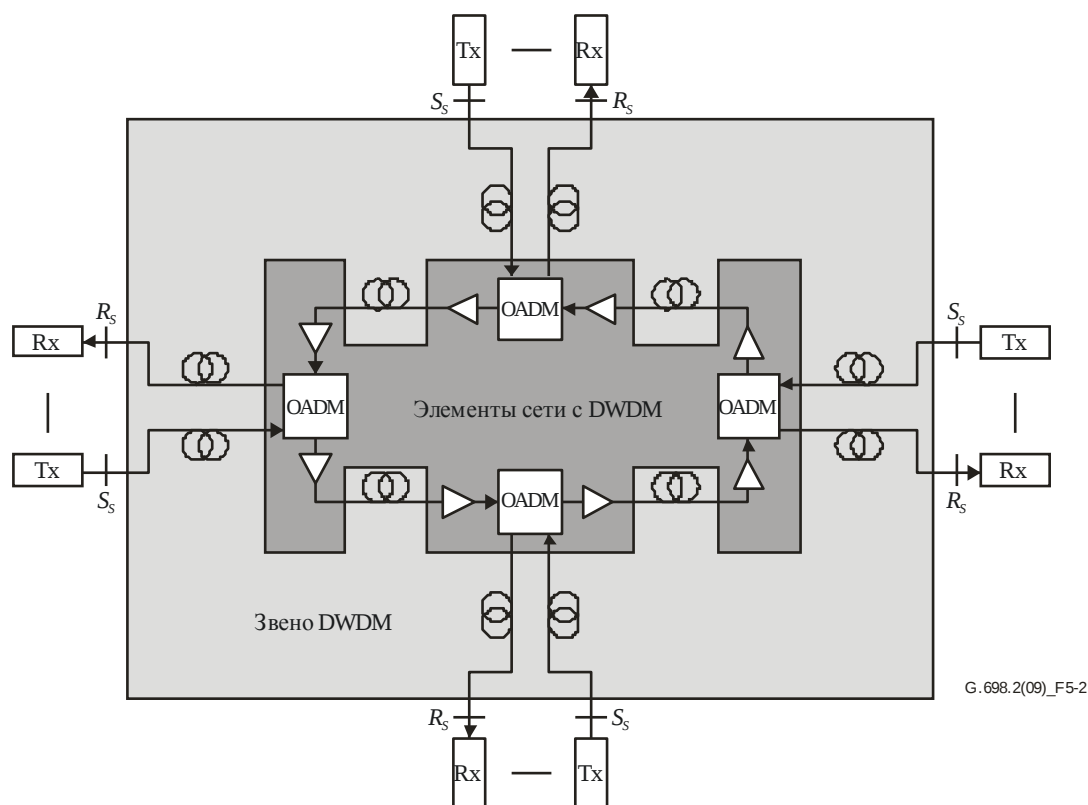


Рисунок 5-2 – Метод "черного звена" с кольцевой топологией

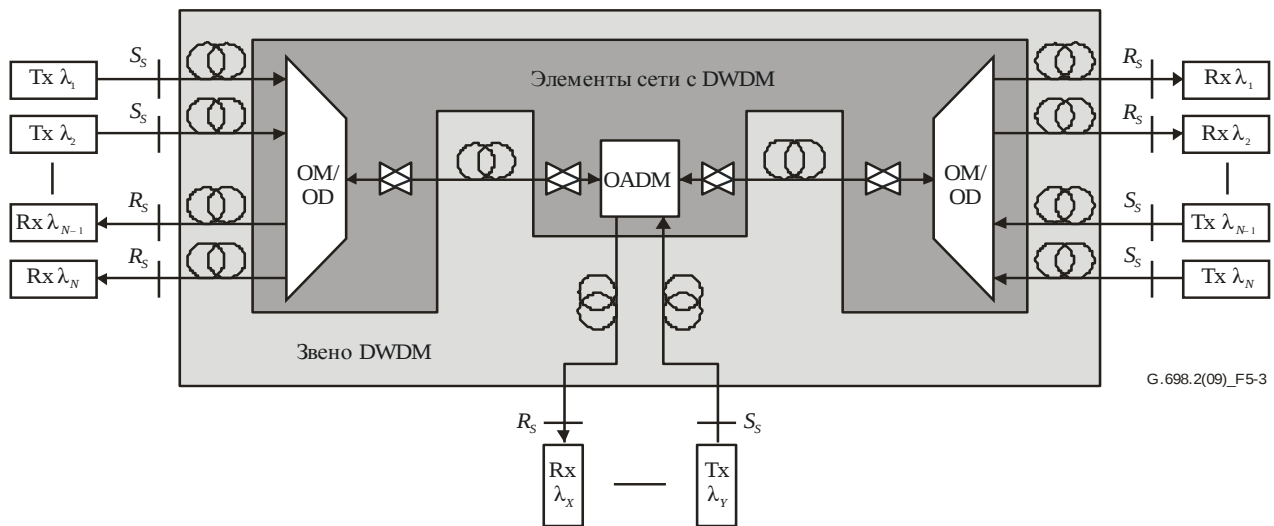
Эталонные точки на рисунках 5-1 и 5-2 определяются следующим образом:

- S_5 – одноканальная эталонная точка на трибутарном входе элемента сети с DWDM;
- R_5 – одноканальная эталонная точка на трибутарном выходе элемента сети с DWDM.

Здесь одноканальные эталонные точки S_5 и R_5 применяются к системам для метода "черного звена" (с линейной или кольцевой топологией), когда каждый тракт от точки S_5 до своей соответствующей точки R_5 должен соответствовать значениям параметров прикладного кода.

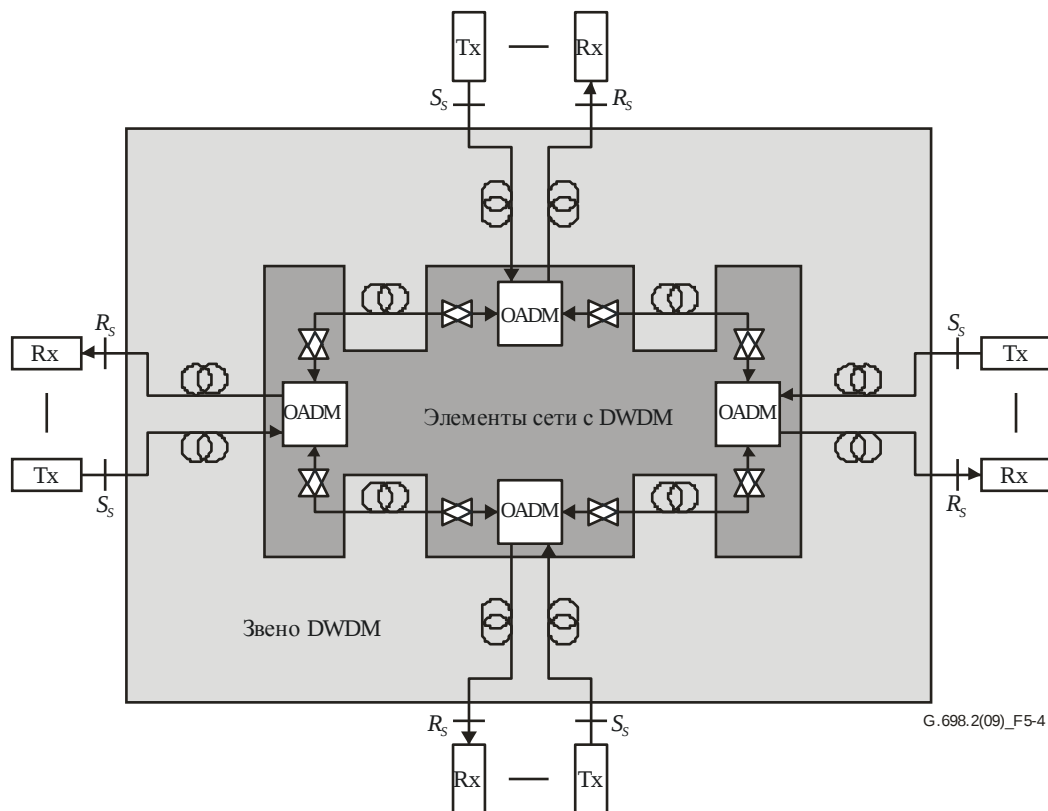
5.2.2 Двухнаправленные приложения

В настоящее время в данной Рекомендации не содержатся какие-либо двухнаправленные приложения, однако предполагается, что они будут включены при будущем пересмотре. На рисунке 5-3 показана совокупность эталонных точек для одноволоконного двухнаправленного метода "черного звена" с линейной топологией для одноканального соединения (S_5 и R_5) между передатчиками (Tx) и приемниками (Rx). Здесь элементы сети DWDM содержат OM/OD (который используется как пара с противостоящим элементом) и могут также содержать один или несколько OADM.



**Рисунок 5-3 – Метод "черного звена" с линейной топологией
для двунаправленных приложений**

На рисунке 5-4 показана совокупность соответствующих эталонных точек для одноволоконного двунаправленного метода "черного звена" с кольцевой топологией для одноканального соединения (S_s и R_s) между передатчиками (Tx) и приемниками (Rx). Здесь элементы сети DWDM содержат два и более усилителей и два и более OADM в кольцевой топологии.



**Рисунок 5-4 – Метод "черного звена" с кольцевой топологией
для двунаправленных приложений**

Эталонные точки на рисунках 5-3 и 5-4 даны в соответствии с пунктом 5.2.1.

5.3 Система условных обозначений

Обозначение прикладного кода составляется следующим образом:

DScW-ytz(v),

где:

- D** – указатель приложений с DWDM;
- S** – вариант максимальной спектральной амплитуда, например:
 - **N** – узкая спектральная амплитуда;
 - **W** – широкая спектральная амплитуда;
- c** – разнос каналов в ГГц.
- W** – режим компенсации дисперсии "черного звена" обозначается следующим образом:
 - **C** – значения хроматической дисперсии, подходящие для "черного звена" с компенсацией дисперсии;
 - **U** – значения хроматической дисперсии, подходящие для "черного звена" без компенсации дисперсии;

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Эта буква используется для обозначения устойчивости к дисперсии передатчиков и приемников, а не для ограничения схемы "черного звена". Прикладные коды, содержащие букву С, включают передатчики и приемники, характеризующиеся такой устойчивостью к дисперсии, которая пригодна для звеньев DWDM с компенсацией дисперсии, однако они могут использоваться с "черными звеньями", не содержащими компенсаторов дисперсии, при условии соблюдения параметров прикладного кода. Аналогично прикладные коды, содержащие букву U, включают передатчики и приемники, характеризующиеся такой устойчивостью к дисперсии, которая пригодна для звеньев DWDM без компенсации дисперсии, однако они могут использоваться с "черными звеньями", содержащими компенсаторы дисперсии, при условии соблюдения параметров прикладного кода.

- y** – наивысший поддерживаемый класс оптического трибутарного сигнала:
 - **1** – обозначает класс NRZ 2.5G;
 - **2** – обозначает класс NRZ 10G;
- t** – буква-заполнитель, обозначающая конфигурацию, которая поддерживается прикладным кодом. В данной версии настоящей Рекомендации единственным используемым значением является:
 - **A** – обозначает, что "черное звено" может содержать оптические усилители;
- z** – обозначает типы волокон следующим образом:
 - **2** – волокно МСЭ-Т G.652;
 - **3** – волокно МСЭ-Т G.653;
 - **5** – волокно МСЭ-Т G.655;
- v** – диапазон рабочей длины волны через полосы спектра (см. [b-ITU-T G Suppl.39]).

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

Если используется несколько спектральных полос, то **v** становится буквами полосы, разделенными знаком "+", например для приложения, требующего использования полос С и L, **v** примет вид "C + L".

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Номинальные диапазоны длины волн даны здесь в целях классификации, а не спецификации. Реальная минимальная и максимальная длина волны для каждого приложения должна рассчитываться исходя из максимальной и минимальной частоты канала для этого приложения.

Двунаправленная система обозначается посредством добавления буквы **В** перед прикладным кодом. Для прикладных кодов DWDM это будет иметь следующий вид:

B-DScW-ytz(v).

Для некоторых прикладных кодов в конце добавляется суффикс. В настоящее время единственным определенным суффиксом является

- **F** – для обозначения того, что для этого приложения необходима передача байтов FEC, как определено в [ITU-T G.709].

5.4 Одноканальные интерфейсы в эталонных точках S_S и R_S

Одноканальные интерфейсы, представленные в настоящей Рекомендации, предназначены для возможности поперечной совместимости в одноканальных интерфейсах на любом конце "черного звена" с DWDM, как показано на рисунках с 5-1 по 5-4.

Дополнительные требования, имеющие отношение к поперечной совместимости, представлены в пункте 6.

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

Таблица 5-1 – Классификация приложений

	С компенсацией дисперсии	Без компенсации дисперсии
Класс оптического трибутарного сигнала NRZ2.5G	DN100C-1A2(C) DW100C-1A2(C) DN100C-1A3(L) DW100C-1A3(L) DN100C-1A5(C) DW100C-1A5(C)	DN100U-1A2(C) DN100U-1A3(L) DN100U-1A5(C)
OTU1 с возможностью FEC	DW100C-1A2(C)F DW100C-1A3(L)F DW100C-1A5(C)F	
Класс оптического трибутарного сигнала NRZ10G	DN100C-2A2(C) DW100C-2A2(C) DN100C-2A3(L) DW100C-2A3(L) DN100C-2A5(C) DW100C-2A5(C) DN50C-2A2(C) DN50C-2A3(L) DN50C-2A5(C)	
OTU2 с возможностью FEC	DN100C-2A2(C)F DW100C-2A2(C)F DN100C-2A3(L)F DW100C-2A3(L)F DN100C-2A5(C)F DW100C-2A5(C)F DN50C-2A2(C)F DN50C-2A3(L)F DN50C-2A5(C)F	DN100U-2A2(C)F DN100U-2A3(L)F DN100U-2A5(C)F DN50U-2A2(C)F DN50U-2A3(L)F DN50U-2A5(C)F

Многоканальные системы, в которых используются усилители, с одноканальными интерфейсами в настоящей Рекомендации определены в таблицах с 8-1 по 8-6.

6 Поперечная совместимость

В настоящей Рекомендации определены параметры для обеспечения возможности поперечной совместимости (то есть устройств разных поставщиков) элементов сети (NE) с DWDM в методе "черного звена" в одноканальных эталонных точках S_S и R_S .

Одноканальные эталонные точки S_S и R_S предназначены для того, чтобы сделать поперечно совместимыми многочисленными трибутарные интерфейсы элементов сети с DWDM. В этом случае различные передатчики ($Tx \lambda_i$) и приемники ($Rx \lambda_i$) трибутарного сигнала могут быть поставлены различными изготовителями.

Возможность поперечной совместимости (то есть совместимости устройств разных поставщиков) обеспечивается для всех одноканальных эталонных точек S_S и R_S элементов сети с DWDM в методе "черного звена", имеющих один и тот же прикладной код.

Сосуществование трибутарных интерфейсов с различными прикладными кодами на протяжении того же "черного звена" является вопросом совместного проектирования. Следует принимать надлежащие меры, в частности в отношении обеспечения совместимости ключевых параметров, например выходной мощности в точке S_S и входной мощности в точке R_S , битовой скорости/линейного кодирования в точке S_S и битовой скорости/линейного кодирования в точке R_S и т. д.

Для элемента прикладного кода, относящегося к максимальной спектральной амплитуде (указатель S в прикладном коде, см. пункт 5.3), несоответствие между указателем передатчика и указателем звена вызовет несовместимость, когда передатчик имеет код, содержащий W (широкая спектральная амплитуда), а звено содержит N (узкая спектральная амплитуда). Все другие комбинации поперечно совместимы.

7 Определения параметров

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

**Таблица 7-1 – Параметры для приложений DWDM
с использованием метода "черного звена" с усилителями**

Параметр	Единицы измерения	Определен в пункте
Общая информация		
Минимальный разнос каналов	ГГц	7.1.1
Битовая скорость/линейное кодирование оптического трибутарного сигнала	–	7.1.2
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	7.1.3
Тип волокна	–	7.1.4
Интерфейс в точке S_S		
Максимальная средняя выходная мощность канала	дБм	7.2.1
Минимальная средняя выходная мощность канала	дБм	7.2.1
Минимальная центральная частота	ТГц	7.2.2
Максимальная центральная частота	ТГц	7.2.2
Максимальная спектральная амплитуда	ГГц	7.2.3
Минимальный коэффициент подавления боковой моды	дБ	7.2.4
Минимальный коэффициент поглощения	дБ	7.2.5
Глазковая маска	–	7.2.6
Максимальный штраф OSNR передатчика при (остаточной) дисперсии	дБ	7.2.7

**Таблица 7-1 – Параметры для приложений DWDM
с использованием метода "черного звена" с усилителями**

Параметр	Единицы измерения	Определен в пункте
Оптический тракт от точки S_S до точки R_S		
Максимальная неравномерность	дБ	7.3.1
Максимальная (остаточная) хроматическая дисперсия	пс/нм	7.3.2
Минимальная (остаточная) хроматическая дисперсия	пс/нм	7.3.2
Минимальные оптические возвратные потери в точке S_S	дБ	7.3.3
Максимальная дискретная отражательная способность между точками S_S и R_S	дБ	7.3.4
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	7.3.5
Максимальные потери, зависящие от поляризации	дБ	7.3.6
Максимальные межканальные перекрестные помехи в точке R_S	дБ	7.3.7
Максимальные интерферометрические перекрестные помехи в точке R_S	дБ	7.3.8
Максимальный штраф OSNR оптического тракта	дБ	7.3.9
Интерфейс в точке R_S		
Максимальная средняя входная мощность	дБм	7.4.1
Минимальная средняя входная мощность	дБм	7.4.1
Минимальное OSNR	дБ (0,1 нм)	7.4.2
Допуск на OSNR приемника	дБ (0,1 нм)	7.4.3
Максимальная отражательная способность приемника	дБ	7.4.4

7.1 Общая информация

7.1.1 Минимальный разнос каналов

Это минимальная номинальная разница по частоте между двумя соседними каналами. Все возможные допуски для реальных частот рассмотрены в пункте 7.2.3.

7.1.2 Битовая скорость/линейное кодирование оптических трибутарных сигналов

Оптический трибутарный сигнал класса NRZ2.5G применяется к непрерывным цифровым сигналам с линейным кодированием без возврата к нулю от номинально 622 Мбит/с до номинально 2,67 Гбит/с. Оптический трибутарный сигнал класса NRZ10G применяется к непрерывным цифровым сигналам с линейным кодированием без возврата к нулю от номинально 2,4 Гбит/с до номинально 10,71 Гбит/с.

Для приложения, не имеющего суффикса **F**, значения параметров одинаковы для любой битовой скорости в пределах диапазона применимого класса оптического трибутарного сигнала. Следовательно, если в оптической системе используется один из этих кодов, необходимо определять и прикладной код и точную битовую скорость системы. Иначе говоря, не существует требования соответствия оборудования одному из этих кодов для работы в полном диапазоне битовой скорости, определенном для относящегося к нему классу оптического трибутарного сигнала.

7.1.3 Максимальный коэффициент ошибок по битам

Параметры определены относительно цели проектирования оптической секции, состоящей в том, чтобы коэффициент ошибок по битам (BER) был не хуже, чем значение, определенное прикладным кодом. Это значение применяется к каждому оптическому каналу для предельного случая затухания в оптическом тракте и условий рассеяния в каждом приложении. В случае прикладных кодов, требующих передачи байтов FEC (например, в случае кода с суффиксом **F**), необходимо, чтобы BER удовлетворял требованиям только после применения коррекции (если таковая используется). Для других прикладных кодов необходимо, чтобы BER удовлетворял требованиям без использования FEC.

7.1.4 Тип волокна

Типы одномодового оптического волокна выбраны из тех типов, которые определены в [ITU-T G.652], [ITU-T G.653] и [ITU-T G.655].

7.2 Интерфейс в точке S_s

7.2.1 Максимальная и минимальная средняя выходная мощность канала

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

Следует заметить, что для любой реализации не требуется обеспечения средней выходной мощности канала, равной максимальной средней выходной мощности или равной минимальной средней выходной мощности. Кроме того, фактическая средняя выходная мощность канала конкретного устройства интерфейса не должна превышать пределов, определенных для максимальной и минимальной средней выходной мощности канала, ее значение должно лежать между этими пределами.

7.2.2 Минимальная и максимальная центральная частота

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

Центральные частоты всех каналов в рамках приложения находятся на сетке частот для минимального разноса каналов приложения, приведенного в [ITU-T G.694.1].

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

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

7.2.3 Максимальная спектральная амплитуда

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

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

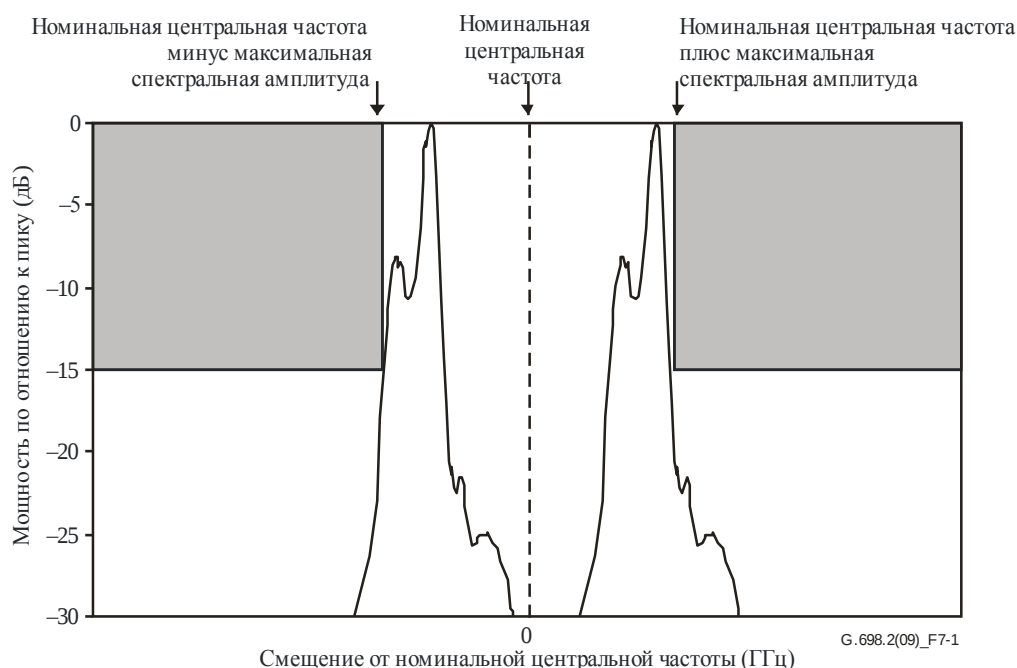


Рисунок 7-1 – Иллюстрация максимальной спектральной амплитуды

Этот параметр определяет также диапазон частот, в котором должна обеспечиваться определенная в спецификации неравномерность.

7.2.4 Минимальный коэффициент подавления боковой моды

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

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

7.2.5 Минимальный коэффициент поглощения канала

Коэффициент поглощения (EX) определяется как

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

В приведенном выше определении EX величина A является средним уровнем оптической мощности в центре логической "1", а величина B является средним уровнем оптической мощности в центре логического "0". Для оптических логических уровней принято следующее правило:

- излучение света – логическая "1";
- отсутствие излучения – логический "0".

При наличии фильтра Бесселя–Томсона четвертого порядка не требуется соблюдение минимального коэффициента поглощения канала.

7.2.6 Глазковая маска

Определение и пределы для этого параметра приведены в [ITU-T G.959.1].

7.2.7 Максимальный штраф OSNR передатчика при (остаточной) дисперсии

Штраф OSNR передатчика при (остаточной) дисперсии определяется следующим образом:

Наименьшее OSNR в точке S_S при худшем случае (остаточной) дисперсии – Наименьшее OSNR в точке S_S в отсутствие дисперсии,

где:

- наименьшим OSNR в точке S_S в отсутствие дисперсии является наименьшее OSNR, соответствующее максимальному BER приложения из эталонного приемника, который определен в пункте B.3 [ITU-T G.959.1], в точке S_S .
- наименьшим OSNR в точке S_S при худшем случае (остаточной) дисперсии является наименьшее OSNR, соответствующее максимальному BER приложения из эталонного приемника, который определен в пункте B.3 [ITU-T G.959.1], в точке S_S с хроматической дисперсией (в пределах диапазона, определенного для данного прикладного кода), которая обуславливает наивысший штраф OSNR.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Измерение штрафа OSNR передатчика при (остаточной) дисперсии требует таким образом добавления к сигналу в точке S_S шума ASE после фильтра. Это подробно рассматривается в Дополнении I.

Данный штраф не является непосредственно частью бюджета системы (так как он включен как часть штрафа OSNR оптического тракта, который представлен в пункте 7.3.9), но определяет верхнее ограничение штрафа OSNR, обусловленного только дисперсией, обеспечивая таким образом возможность использования определенного штрафа OSNR оптического тракта для покрытия других перечисленных ухудшений

7.3 Параметры оптического тракта от точки S_S до точки R_S

7.3.1 Максимальная неравномерность

Неравномерность (устройства с DWDM) определена в [ITU-T G.671]. В настоящей Рекомендации она применяется ко всему "черному звену" от эталонной точки S_S до соответствующей точки R_S . Для любого оптического канала – это разница размаха во вносимых потерях между входным и выходным портами "черного звена" для этого канала в диапазоне частот центральной частоты канала плюс/минус максимальная спектральная амплитуда. Это поясняется на рисунке 7-2.

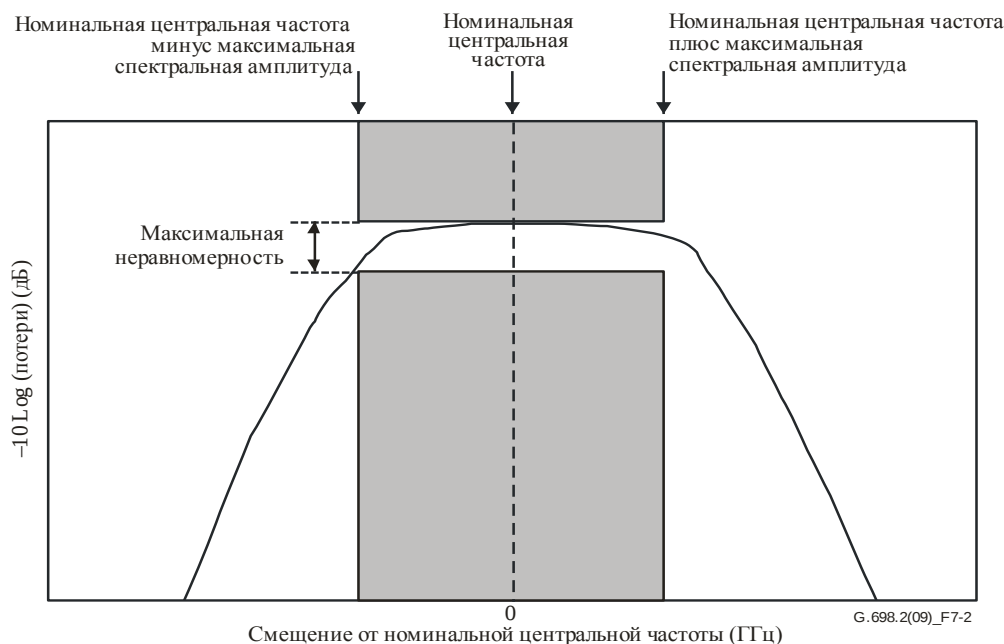


Рисунок 7-2 – Иллюстрация максимальной неравномерности

7.3.2 Максимальная и минимальная (остаточная) хроматическая дисперсия

Эти параметры определяют максимальное и минимальное значение сквозной хроматической дисперсии оптического тракта, которое способна выдерживать система. Это значение дисперсии наихудшего случая оптического тракта от точки S_S до соответствующей эталонной точки приема R_S . В случае если в "черном звене" выполняется компенсация дисперсии между этими двумя точками, результат этой компенсации учитывается.

В названии этих параметров содержится слово "остаточная", взятое в скобки потому, что в случае звеньев, в которых не выполняется какая-либо компенсация дисперсии, эти параметры являются просто максимальной и минимальной хроматической дисперсией.

7.3.3 Минимальные оптические возвратные потери в точке S_S

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

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

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

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

7.3.4 Максимальная дискретная отражательная способность между точками S_S и R_S

Оптическую отражательную способность определяют как отношение имеющейся в точке отраженной оптической мощности к оптической мощности, падающей в эту точку. Контроль за отражениями подробно рассматривается в [ITU-T G.957]. Максимальное число соединителей или других дискретных точек отражения, которые могут быть включены в оптический тракт (например, для распределительных щитов или других компонентов WDM), должно быть таким, чтобы обеспечить соответствующие спецификации общих оптических возвратных потерь. Если это невозможно сделать с использованием соединителей, удовлетворяющих максимальным дискретным отражениям, приведенным в таблицах в пункте 8, то должны использоваться соединители, имеющие лучшие показатели отражения. В ином случае должно быть уменьшено число соединителей. Может быть также необходимо ограничить число соединителей или использовать соединители с улучшенными показателями отражения во избежание недопустимых искажений из-за многократных отражений.

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

7.3.5 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 больших, чем несколько километров, и на основе предположения случайной (строгой) связи поляризационных мод, DGD в волокне может быть статистически моделирована как подчиняющаяся распределению Максвелла.

В настоящей Рекомендации максимальная дифференциальная групповая задержка определяется как значение DGD, которое должно допускаться системой при максимальном штрафе OSNR, равном 2 дБ.

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

Таблица 7-2 – Средние значения и вероятности DGD

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

7.3.6 Максимальные потери, зависящие от поляризации

Потери, зависящие от поляризации (PDL), это разность (в дБ) между максимальными и минимальными значениями вносимых потерь (или усиления) канала в "черном звене" от точки S_S до точки R_S , обусловленных изменением состояния поляризации (SOP) по всему диапазону SOP.

ПРИМЕЧАНИЕ. – В этом определении не учитывается скорость вращения плоскости поляризации. Измененная версия, в которой эта скорость учитывается, подлежит дальнейшему исследованию

7.3.7 Максимальные межканальные перекрестные помехи

Этот параметр обуславливает требование к развязке звена, которая соответствует методу "черного звена", для того чтобы при эксплуатационных условиях наихудшего случая межканальные перекрестные помехи в любой эталонной точке R_S были меньше значения максимальных межканальных перекрестных помех.

Межканальные перекрестные помехи определяются как отношение общей мощности во всех мешающих каналах к мощности в полезном канале, когда в полезном и мешающем каналах используется разная длина волн.

В частности, развязка звена должна превышать величину, требуемую для обеспечения того, что если какой-либо канал работает при минимальной средней выходной мощности в точке S_S , а все другие работают при максимальной средней выходной мощности, то межканальные перекрестные помехи в соответствующей точке R_S будут меньше величины максимальных межканальных перекрестных помех.

7.3.8 Максимальные интерферометрические перекрестные помехи

Этот параметр обуславливает требование к развязке звена, которая соответствует методу "черного звена", для того чтобы при эксплуатационных условиях наихудшего случая интерферометрические перекрестные помехи в любой эталонной точке R_S были меньше значения максимальных интерферометрических перекрестных помех.

Интерферометрические перекрестные помехи определяются как отношение мешающей мощности к полезной мощности в одном канале, когда мешающая мощность является мощностью (не включая ASE) в оптическом канале, которая сохранится, если полезный сигнал будет удален из звена, а все прочие условия звена останутся теми же.

В частности, развязка звена должна превышать величину, требуемую для обеспечения того, что если какой-либо канал работает при минимальной средней выходной мощности в точке S_s , а все другие работают при максимальной средней выходной мощности, то интерферометрические перекрестные помехи в соответствующей точке R_s будут меньше величины максимальных интерферометрических перекрестных помех.

7.3.9 Максимальный штраф OSNR оптического тракта

Штраф OSNR оптического тракта определяется следующим образом:

Наименьшее OSNR в точке R_s – Наименьшее OSNR в точке S_s ,

где:

- наименьшим OSNR в точке S_s является наименьшее OSNR, соответствующее максимальному BER приложения из эталонного приемника, который определен в пункте B.3 [ITU-T G.959.1], в точке S_s , то есть *до* передачи по "черному звену";
- наименьшим OSNR в точке R_s является наименьшее OSNR, соответствующее максимальному BER приложения из эталонного приемника, который определен в пункте B.3 [ITU-T G.959.1], в точке R_s , то есть *после* передачи по "черному звену".

ПРИМЕЧАНИЕ. – Измерение штрафа OSNR оптического тракта дисперсии требует таким образом добавления к сигналу в точках S_s и R_s шума ASE после прохождения фильтра. Это подробно рассматривается в Дополнении I.

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

Штраф OSNR оптического тракта включает следующие составляющие:

- штраф (остаточной) дисперсии передатчика;
- нелинейные эффекты в "черном звене";
- межканальные перекрестные помехи;
- интерферометрические перекрестные помехи;
- отражения от оптического тракта;
- потери, зависящие от поляризации.

Средняя величина случайных штрафов дисперсии из-за PMD включена в допустимый штраф OSNR тракта. В этом отношении требуется такое сочетание передатчик/приемник, при котором выдерживается реальная DGD с периодом 0,3 бита и с максимальным штрафом OSNR оптического тракта в 2 дБ (с 50% оптической мощности в каждом основном состоянии поляризации). Для хорошо спроектированного приемника это соответствует штрафу OSNR в 0,2–0,4 дБ для DGD, равной 0,1 периода бита. Реальная DGD, которая может возникнуть в условиях эксплуатации, является случайно изменяющейся характеристикой волокна/кабеля и не может быть определена в настоящей Рекомендации. Этот вопрос более подробно обсуждается в Дополнении I [ITU-T G.691].

7.4 Интерфейс в точке R_s

7.4.1 Максимальная и минимальная средняя входная мощность

Максимальные и минимальные значения средней принятой мощности в точке R_s .

Для любого уровня мощности в точке R_s , лежащего между этими двумя значениями, и при условии, что все остальные параметры соответствуют своим предельным значениям, необходимо, чтобы приемник обеспечивал определенный максимальный BER прикладного кода.

Это значит, что приемник должен обеспечивать определенный в спецификации максимальный BER для передатчика при значениях наихудшего случая:

- глазковой маски передатчика;
- коэффициента поглощения;
- оптических возвратных помех в точке S_S ;

и для звена при значениях наихудшего случая:

- (остаточной) дисперсии;
- OSNR;
- штрафа OSNR оптического тракта.

Эффекты старения отдельно не определяются. Определяются значения наихудшего случая и конец срока эксплуатации.

Этот параметр (вместе с максимальной и минимальной средней выходной мощностью канала) обуславливает также требование к максимальным и минимальным значениям вносимых потерь (или усиления) канала в "черном звене".

Требование заключается в следующем: если средняя выходная мощность канала в точке S_S соответствует своим определенным предельным значениям, величина вносимых потерь (или усиления) канала в "черном звене" должна быть такой, чтобы уровень мощности в точке R_S не превышал максимального и минимального предельных значений средней входной мощности.

Вносимые потери канала определяются в [ITU-T G.671]. Для любого оптического канала – это минимальное (или максимальное) снижение или усиление оптической мощности между входным и выходным портами "черного звена" для этого канала в диапазоне частот центральной частоты канала плюс/минус максимальная спектральная амплитуда.

В качестве спецификации вносимых потерь приняты значения для наихудшего случая, которые включают потери, вызываемые парой OM/OD, сращиваниями, соединителями, оптическими аттенуаторами (если таковые используются) или другими пассивными оптическими устройствами, и любой дополнительный запас на кабель, с тем чтобы учесть поправки на:

- будущие модификации конфигурации кабеля (дополнительные сращивания, увеличенная длина кабеля и т. д.);
- изменения показателей работы волоконного кабеля из-за факторов окружающей среды; и
- ухудшение состояния любых соединителей, оптических аттенуаторов или других пассивных оптических устройств между точками S_S и R_S , если таковые используются.

7.4.2 Минимальное отношение оптического сигнала к шуму (OSNR)

Минимальное отношение оптического сигнала к шуму (OSNR) – это минимальное значение отношения мощности сигнала в полезном канале к наивысшей плотности мощности шума (отнесенной к 0,1 нм) в диапазоне центральной частоты плюс/минус максимальная спектральная амплитуда. Для целей данного определения шум принят таким, который будет присутствовать, если сигнал в полезном канале будет удален из "черного звена", а все прочие условия "черного звена" останутся теми же (например, усиление и коэффициент шума всех усилителей).

Этот параметр вводит следующее требование к характеристикам "черного звена" – OSNR в любой эталонной точке R_S должно быть выше минимального OSNR.

7.4.3 Допуск на OSNR приемника

Допуск на OSNR приемника определяется как минимальное значение OSNR в точке R_S , которое может допускаться при поддержании максимального BER приложения. Это требование должно выполняться для всех значений мощности, лежащих в пределах от максимальной до минимальной средней входной мощности передатчика при наихудших случаях значений его глазковой маски, коэффициента поглощения, оптических возвратных потерь в точке S_S , ухудшения состояния соединителей приемника и измерительных допусков. Допуск на OSNR приемника не должен соблюдаться при наличии хроматической дисперсии, нелинейных эффектов, отражений от оптического тракта, PMD, PDL или оптических перекрестных помех; эти эффекты определяются отдельно при назначении максимального штрафа OSNR оптического тракта.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Допуск на OSNR приемника равняется минимальному OSNR в точке R_S минус максимальный штраф OSNR оптического тракта.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Допуск на OSNR приемника не должен соблюдаться при наличии джиттера передатчика, превышающего соответствующий предел создания джиттера (например, [b-ITU-T G.8251] для оптических трибутарных сигналов OTN).

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Если на основании совместного проектирования известно, что глазковая маска передатчика для наихудшего случая или коэффициент поглощения улучшены по сравнению со спецификациями для прикладного кода, то допуск на OSNR приемника должен быть улучшен относительно значения, заданного для данного прикладного кода.

Эффекты старения отдельно не определяются. Определяются значения наихудшего случая и конец срока эксплуатации.

7.4.4 Максимальная отражательная способность приемника

Отражения от приемника назад в звено с DWDM определяются максимальной допустимой отражательной способностью приемника, измеренной в эталонной точке R_S . Оптическая отражательная способность определена в [ITU-T G.671].

8 Значения параметров

Параметры и значения физического уровня даны в таблицах с 8-1 по 8-6.

Таблица 8-1 – Параметры и значения физического уровня для класса NRZ 2.5G без FEC, приложения с частотным разделением в 100 ГГц

Параметр	Единицы измерения	DN100C-1A2(C) DN100C-1A3(L) DN100C-1A5(C)	DW100C-1A2(C) DW100C-1A3(L) DW100C-1A5(C)	DN100U-1A2(C) DN100U-1A3(L) DN100U-1A5(C)
Общая информация				
Минимальный разнос каналов	ГГц	100		100
Битовая скорость/линейное кодирование оптического трибутарного сигнала	–	NRZ2.5G		NRZ2.5G
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	+6		+6
Минимальная средняя выходная мощность канала	дБм	–3		–3
Минимальная центральная частота	ТГц	191,5 для (C) 186,0 для (L)		191,5 для (C) 186,0 для (L)
Максимальная центральная частота	ТГц	196,2 для (C) 191,5 для (L)		196,2 для (C) 191,5 для (L)
Максимальная спектральная амплитуда	ГГц	$\pm 12,5$ ± 20		$\pm 12,5$
Минимальный коэффициент подавления боковой моды	дБ	30		30
Минимальный коэффициент поглощения	дБ	8,2		8,2

Таблица 8-1 – Параметры и значения физического уровня для класса NRZ 2.5G без FEC, приложения с частотным разделением в 100 ГГц

Параметр	Единицы измерения	DN100C-1A2(C) DN100C-1A3(L) DN100C-1A5(C)	DW100C-1A2(C) DW100C-1A3(L) DW100C-1A5(C)	DN100U-1A2(C) DN100U-1A3(L) DN100U-1A5(C)
Глазковая маска	–	NRZ2.5G по G.959.1		NRZ2.5G по G.959.1
Максимальный штраф OSNR передатчика при (остаточной) дисперсии	дБ	2		2
Оптический тракт от точки S_s до точки R_s				
Максимальная неравномерность	дБ	2		2
Максимальная (остаточная) хроматическая дисперсия	пс/нм	+2 200		+9 600
Минимальная (остаточная) хроматическая дисперсия	пс/нм	–600		0
Минимальные оптические возвратные потери в точке S _s	дБ	24		24
Максимальная дискретная отражательная способность между точками S _s и R _s	дБ	–27		–27
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	120		120
Максимальные потери, зависящие от поляризации	дБ	Для дальнейшего исследования		Для дальнейшего исследования
Максимальные оптические перекрестные помехи	дБ	–16		–16
Максимальные интерферометрические перекрестные помехи	дБ	–40		–40
Максимальный штраф OSNR оптического тракта	дБ	5		5
Интерфейс в точке R_s				
Максимальная средняя входная мощность	дБм	–9		–9
Минимальная средняя входная мощность	дБм	–24		–24
Минимальное OSNR	дБ (0,1 нм)	21	23	21
Допуск на OSNR приемника	дБ (0,1 нм)	16	18	16
Максимальная отражательная способность приемника	дБ	–27		–27

**Таблица 8-2 – Параметры и значения физического уровня для класса NRZ10G
с возможностью FEC, приложения с частотным разделением в 100 ГГц**

Параметр	Единицы измерения	DW100C-1A2(C)/F DW100C-1A3(L)/F DW100C-1A5(C)/F
Общая информация		
Минимальный разнос каналов	ГГц	100
Битовая скорость/линейное кодирование оптического трибутарного сигнала	–	NRZ OTU1 FEC с возможностью
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	10^{-12} (Примечание)
Тип волокна	–	G.652, G.653, G.655
Интерфейс в точке S_s		
Максимальная средняя выходная мощность канала	дБм	+6
Минимальная средняя выходная мощность канала	дБм	–3
Минимальная центральная частота	ТГц	191,5 для (C) 186,0 для (L)
Максимальная центральная частота	ТГц	196,2 для (C) 191,5 для (L)
Максимальная спектральная амплитуда	ГГц	± 20
Минимальный коэффициент подавления боковой моды	дБ	30
Минимальный коэффициент поглощения	дБ	8,2
Глазковая маска	–	NRZ2.5G по G.959.1
Максимальный штраф OSNR передатчика при (остаточной) дисперсии	дБ	2
Оптический тракт от точки S_s до точки R_s		
Максимальная неравномерность	дБ	2
Максимальная (остаточная) хроматическая дисперсия	пс/нм	+2 200
Минимальная (остаточная) хроматическая дисперсия	пс/нм	–600
Минимальные оптические возвратные потери в точке S_s	дБ	24
Максимальная дискретная отражательная способность между точками S_s и R_s	дБ	–27
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	120
Максимальные потери, зависящие от поляризации	дБ	Для дальнейшего исследования
Максимальные оптические перекрестные помехи	дБ	–16
Максимальные интерферометрические перекрестные помехи	дБ	–40
Максимальный штраф OSNR оптического тракта	дБ	5
Интерфейс в точке R_s		
Максимальная средняя входная мощность	дБм	–9
Минимальная средняя входная мощность	дБм	–26
Минимальное OSNR	дБ (0,1 нм)	15
Допуск на OSNR приемника	дБ (0,1 нм)	10
Максимальная отражательная способность приемника	дБ	–27
ПРИМЕЧАНИЕ. – Необходимо, чтобы BER для этих прикладных кодов удовлетворял требованиям только после применения коррекции ошибок (если таковая используется). BER на входе декодера FEC поэтому может быть значительно выше, чем 10^{-12} .		

Таблица 8-3 – Параметры и значения физического уровня для класса NRZ10G без FEC, приложения с частотным разделением в 100 ГГц

Параметр	Единицы измерения	DN100C-2A2(C) DN100C-2A3(L) DN100C-2A5(C)	DW100C-2A2(C) DW100C-2A3(L) DW100C-2A5(C)
Общая информация			
Минимальный разнос каналов	ГГц	100	
Битовая скорость/линейное кодирование оптического трибутарного сигнала	–	NRZ10G	
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	10^{-12}	
Тип волокна	–	G.652, G.653, G.655	
Интерфейс в точке S_s			
Максимальная средняя выходная мощность канала	дБм	+6	
Минимальная средняя выходная мощность канала	дБм	–3	
Минимальная центральная частота	ТГц	191,5 для (C) 186,0 для (L)	
Максимальная центральная частота	ТГц	196,2 для (C) 191,5 для (L)	
Максимальная спектральная амплитуда	ГГц	±12,5	±20
Минимальный коэффициент подавления боковой моды	дБ	30	
Минимальный коэффициент поглощения	дБ	8,2	
Глазковая маска	–	NRZ10G область 1550 нм по G.959.1	
Максимальный штраф OSNR передатчика при (остаточной) дисперсии	дБ	2	
Оптический тракт от точки S_s до точки R_s			
Максимальная неравномерность	дБ	2	
Максимальная (остаточная) хроматическая дисперсия	пс/нм	+800	
Минимальная (остаточная) хроматическая дисперсия	пс/нм	–300	
Минимальные оптические возвратные потери в точке S _s	дБ	24	
Максимальная дискретная отражательная способность между точками S _s и R _s	дБ	–27	
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	30	
Максимальные потери, зависящие от поляризации	дБ	Для дальнейшего исследования	
Максимальные оптические перекрестные помехи	дБ	–16	
Максимальные интерферометрические перекрестные помехи	дБ	–40	
Максимальный штраф OSNR оптического тракта	дБ	5	
Интерфейс в точке R_s			
Максимальная средняя входная мощность	дБм	0	–8
Минимальная средняя входная мощность	дБм	–11	–17
Минимальное OSNR	дБ (0,1 нм)	27	
Допуск на OSNR приемника	дБ (0,1 нм)	22	
Максимальная отражательная способность приемника	дБ	–27	

**Таблица 8-4 – Параметры и значения физического уровня для класса NRZ10G
с возможностью FEC, приложения с частотным разделением в 100 ГГц**

Параметр	Единицы измерения	DN100C-2A2(C)F DN100C-2A3(L)F DN100C-2A5(C)F	DW100C-2A2(C)F DW100C-2A3(L)F DW100C-2A5(C)F	DN100U-2A2(C)F DN100U-2A3(L)F DN100U-2A5(C)F
Общая информация				
Минимальный разнос каналов	ГГц	100	100	100
Битовая скорость/линейное кодирование оптического трибутарного сигнала	–	NRZ OTU2, с возможностью FEC	NRZ OTU2, с возможностью FEC	NRZ OTU2, с возможностью FEC
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	10 ⁻¹² (Примечание)	10 ⁻¹² (Примечание)	10 ⁻¹² (Примечание)
Тип волокна	–	G.652, G.653, G.655	G.652, G.653, G.655	G.652, G.653, G.655
Интерфейс в точке S_s				
Максимальная средняя выходная мощность канала	дБм	+6	+6	+6
Минимальная средняя выходная мощность канала	дБм	–3	–3	–3
Минимальная центральная частота	ТГц	191,5 для (C) 186,0 для (L)	191,5 для (C) 186,0 для (L)	191,5 для (C) 186,0 для (L)
Максимальная центральная частота	ТГц	196,2 для (C) 191,5 для (L)	196,2 для (C) 191,5 для (L)	196,2 для (C) 191,5 для (L)
Максимальная спектральная амплитуда	ГГц	±12,5 ±20	±12,5	±12,5
Минимальный коэффициент подавления боковой моды	дБ	30	30	30
Минимальный коэффициент поглощения	дБ	8,2	8,2	8,2
Глазковая маска	–	NRZ10G область 1 550 нм по G.959.1	NRZ10G область с усилителями по G.959.1	NRZ10G с усилителями по G.959.1
Максимальный штраф OSNR передатчика при (остаточной) дисперсии	дБ	2	2	2
Оптический тракт от точки S_s до точки R_s				
Максимальная неравномерность	дБ	2	2	2
Максимальная (остаточная) хроматическая дисперсия	пс/нм	+800	+3200	+3200
Минимальная (остаточная) хроматическая дисперсия	пс/нм	–300	0	0
Минимальные оптические возвратные потери в точке S _s	дБ	24	24	24
Максимальная дискретная отражательная способность между точками S _s и R _s	дБ	–27	–27	–27
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	30	30	30
Максимальные потери, зависящие от поляризации	дБ	Для дальнейшего исследования	Для дальнейшего исследования	Для дальнейшего исследования

**Таблица 8-4 – Параметры и значения физического уровня для класса NRZ10G
с возможностью FEC, приложения с частотным разделением в 100 ГГц**

Параметр	Единицы измерения	DN100C-2A2(C)F DN100C-2A3(L)F DN100C-2A5(C)F	DW100C-2A2(C)F DW100C-2A3(L)F DW100C-2A5(C)F	DN100U-2A2(C)F DN100U-2A3(L)F DN100U-2A5(C)F
Максимальные оптические перекрестные помехи	дБ	-16		-16
Максимальные интерферометрические перекрестные помехи	дБ	-40		-40
Максимальный штраф OSNR оптического тракта	дБ	5		5
Интерфейс в точке R_s				
Максимальная средняя входная мощность	дБм	0	-8	0
Минимальная средняя входная мощность	дБм	-14	-20	-14
Минимальное OSNR	дБ (0,1 нм)	21		21
Допуск на OSNR приемника	дБ (0,1 нм)	16		16
Максимальная отражательная способность приемника	дБ	-27		-27
ПРИМЕЧАНИЕ. – Необходимо, чтобы BER для этих прикладных кодов удовлетворял требованиям только после применения коррекции ошибок (если таковая используется). BER на входе декодера FEC поэтому может быть значительно выше, чем 10 ⁻¹² .				

**Таблица 8-5 – Параметры и значения физического уровня для класса NRZ10G без FEC,
приложения с частотным разделением в 50 ГГц**

Параметр	Единицы измерения	DN50C-2A2(C) DN50C-2A3(L) DN50C-2A5(C)
Общая информация		
Минимальный разнос каналов	ГГц	50
Битовая скорость/линейное кодирование оптического трибутарного сигнала	–	NRZ10G
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	10 ⁻¹²
Тип волокна	–	G.652, G.653, G.655
Интерфейс в точке S_s		
Максимальная средняя выходная мощность канала	дБм	+6
Минимальная средняя выходная мощность канала	дБм	-3
Минимальная центральная частота	ТГц	191,5 для (C) 186,0 для (L)
Максимальная центральная частота	ТГц	196,2 для (C) 191,5 для (L)

Таблица 8-5 – Параметры и значения физического уровня для класса NRZ10G без FEC, приложения с частотным разделением в 50 ГГц

Параметр	Единицы измерения	DN50C-2A2(C) DN50C-2A3(L) DN50C-2A5(C)
Максимальная спектральная амплитуда	ГГц	±11 (±12,5, Примечание 1)
Минимальный коэффициент подавления боковой моды	дБ	30
Минимальный коэффициент поглощения	дБ	8,2
Глазковая маска	–	NRZ10G область 1 550 нм по G.959.1
Максимальный штраф OSNR передатчика при (остаточной) дисперсии	дБ	2
Оптический тракт от точки S_s до точки R_s		
Максимальная неравномерность	дБ	2
Максимальная (остаточная) хроматическая дисперсия	пс/нм	+800
Минимальная (остаточная) хроматическая дисперсия	пс/нм	–300
Минимальные оптические возвратные потери в точке S _s	дБ	24
Максимальная дискретная отражательная способность между точками S _s и R _s	дБ	–27
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	30
Максимальные потери, зависящие от поляризации	дБ	Для дальнейшего исследования
Максимальные оптические перекрестные помехи	дБ	–16
Максимальные интерферометрические перекрестные помехи	дБ	–40
Максимальный штраф OSNR оптического тракта	дБ	5
Интерфейс в точке R_s		
Максимальная средняя входная мощность	дБм	0 (Примечание 2) –8 (Примечание 3)
Минимальная средняя входная мощность	дБм	–11 (Примечание 2) –17 (Примечание 3)
Минимальное OSNR	дБ (0,1 нм)	27
Допуск на OSNR приемника	дБ (0,1 нм))	22
Максимальная отражательная способность приемника	дБ	–27
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Если определенные в спецификации значения неравномерности "черного звена" обеспечиваются в пределах ширины полосы не менее ±12,5 ГГц, то максимальная спектральная амплитуда передатчика может составлять ±12,5 ГГц. ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Эти уровни мощности подходят для приемников Р-типа с собственной проводимостью n-типа (PIN). В качестве альтернативы могут использоваться уровни мощности, подходящие для приемников на лавинных фотодиодах (APD). ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Эти уровни мощности подходят для приемников на APD. В качестве альтернативы, могут использоваться уровни мощности, подходящие для приемников PIN.		

Таблица 8-6 – Параметры и значения физического уровня для класса NRZ10G с FEC, приложения с частотным разделением в 50 ГГц

Параметр	Единицы измерения	DN50C-2A2(C)F DN50C-2A3(L)F DN50C-2A5(C)F	DN50U-2A2(C)F DN50U-2A3(L)F DN50U-2A5(C)F
Общая информация			
Минимальный разнос каналов	ГГц	50	50
Битовая скорость/линейное кодирование оптического трибутарного сигнала	–	NRZ OTU2 с возможностью FEC	NRZ OTU2 с возможностью FEC
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	10^{-12} (Примечание 1)	10^{-12} (Примечание 1)
Тип волокна	–	G.652, G.653, G.655	G.652, G.653, G.655
Интерфейс в точке S_s			
Максимальная средняя выходная мощность канала	дБм	+6	+6
Минимальная средняя выходная мощность канала	дБм	–3	–3
Минимальная центральная частота	ТГц	191,5 для (C) 186,0 для (L)	191,5 для (C) 186,0 для (L)
Максимальная центральная частота	ТГц	196,2 для (C) 191,5 для (L)	196,2 для (C) 191,5 для (L)
Максимальная спектральная амплитуда	ГГц	±11 (±12,5, Примечание 2)	±11 (±12,5, Примечание 2)
Минимальный коэффициент подавления боковой моды	дБ	30	30
Минимальный коэффициент поглощения Глазковая маска	дБ –	8,2 NRZ10G область 1 550 нм по G.959.1	8,2 NRZ10G с усилителями G.959.1
Максимальный штраф OSNR передатчика при (остаточной) дисперсии	дБ	2	2
Оптический тракт от точки S_s до точки R_s			
Максимальная неравномерность	дБ	2	2
Максимальная (остаточная) хроматическая дисперсия	пс/нм	+800	+3 200
Минимальная (остаточная) хроматическая дисперсия	пс/нм	–300	0
Минимальные оптические возвратные потери в точке S _s	дБ	24	24
Максимальная дискретная отражательная способность между точками S _s и R _s	дБ	–27	–27
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	30	30
Максимальные потери, зависящие от поляризации	дБ	Для дальнейшего исследования	Для дальнейшего исследования
Максимальные оптические перекрестные помехи	дБ	–16	–16

Таблица 8-6 – Параметры и значения физического уровня для класса NRZ10G с FEC, приложения с частотным разделением в 50 ГГц

Параметр	Единицы измерения	DN50C-2A2(C)F DN50C-2A3(L)F DN50C-2A5(C)F	DN50U-2A2(C)F DN50U-2A3(L)F DN50U-2A5(C)F
Максимальные интерферометрические перекрестные помехи	дБ	–40	–40
Максимальный штраф OSNR оптического тракта	дБ	5	5
Интерфейс в точке Rs			
Максимальная средняя входная мощность	дБм	0 (Примечание 3)	–8 (Примечание 4)
Минимальная средняя входная мощность	дБм	–14 (Примечание 3)	–20 (Примечание 4)
Минимальное OSNR	дБ (0,1 нм)	21	21
Допуск на OSNR приемника	дБ (0,1 нм)	16	16
Максимальная отражательная способность приемника	дБ	–27	–27
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Необходимо, чтобы BER для этих прикладных кодов удовлетворял требованиям только после применения коррекции ошибок (если таковая используется). BER на входе декодера FEC поэтому может быть значительно выше, чем 10^{-12}. ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Если определенные в спецификации значения неравномерности "черного звена" обеспечиваются в пределах ширины полосы не менее $\pm 12,5$ ГГц, то максимальная спектральная амплитуда передатчика может составлять $\pm 12,5$ ГГц. ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Эти уровни мощности подходят для приемников PIN. В качестве альтернативы могут использоваться уровни мощности, подходящие для приемников на APD. ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Эти уровни мощности подходят для приемников на APD. В качестве альтернативы могут использоваться уровни мощности, подходящие для приемников PIN.			

9 Соображения в отношении оптической безопасности

Соображения в отношении оптической безопасности изложены в [ITU-T G.664], [IEC 60825-1] и [IEC 60825-2].

Дополнение I

Измерение штрафа OSNR передатчика при (остаточной) дисперсии и штрафа OSNR оптического тракта

(Это Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

В силу того что настоящая Рекомендация охватывает приложения, в которых используется метод "черного звена", для доступа к отдельным сигналам в целях измерения штрафа OSNR могут использоваться одноканальные эталонные точки (S_S и R_S). Для штрафа OSNR выполняются три измерения, иллюстрация которых представлена на рисунках с I.1 по I.3.

Для измерения 1 определяется наименьшее OSNR для обеспечения эталонного BER в точке S_S в отсутствие дисперсии путем изменения величины шума ASE, введенного в сигнал, используя установку, аналогичную представленной на рисунке I.1.

Для измерения 2 определяется наименьшее OSNR для обеспечения эталонного BER в точке S_S при наличии (остаточной) дисперсии худшего случая, используя установку, аналогичную представленной на рисунке I.2.

Для измерения 3 определяется наименьшее OSNR для обеспечения эталонного BER в точке R_S после передачи по "черному звену", используя установку, аналогичную представленной на рисунке I.3.

В случае штрафа OSNR передатчика при (остаточной) дисперсии выполняются указанные выше измерения 1 и 2 и далее:

Максимальный штраф OSNR передатчика при (остаточной) дисперсии = OSNR измерения 2 – OSNR измерения 1.

В случае штрафа OSNR оптического тракта выполняются указанные выше измерения 1 и 3 и далее:

Максимальный штраф OSNR оптического тракта = OSNR измерения 3 – OSNR измерения 1.

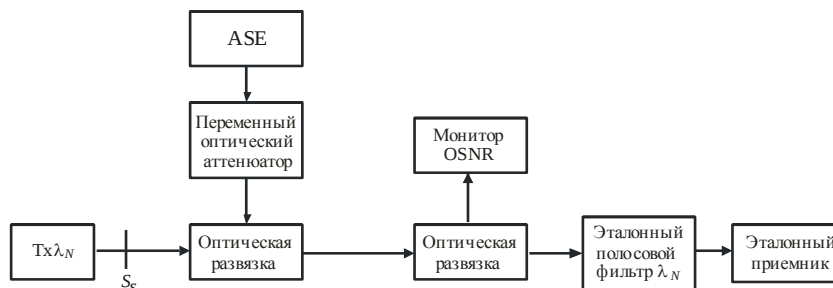


Рисунок I.1 – Конфигурация установки для выполнения измерения 1 (в точке S_S)

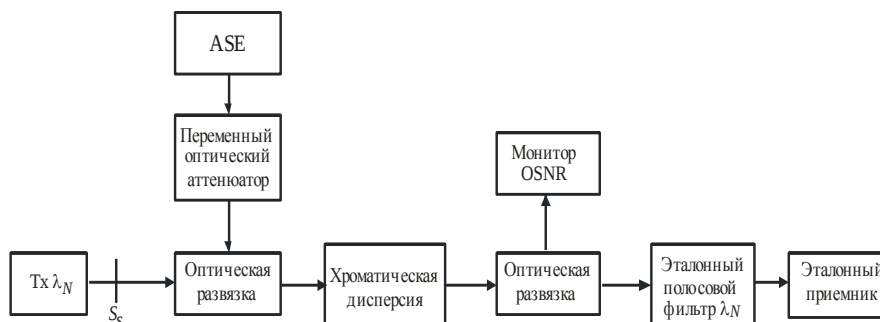


Рисунок I.2 – Конфигурация установки для выполнения измерения 2 (в точке S_S)

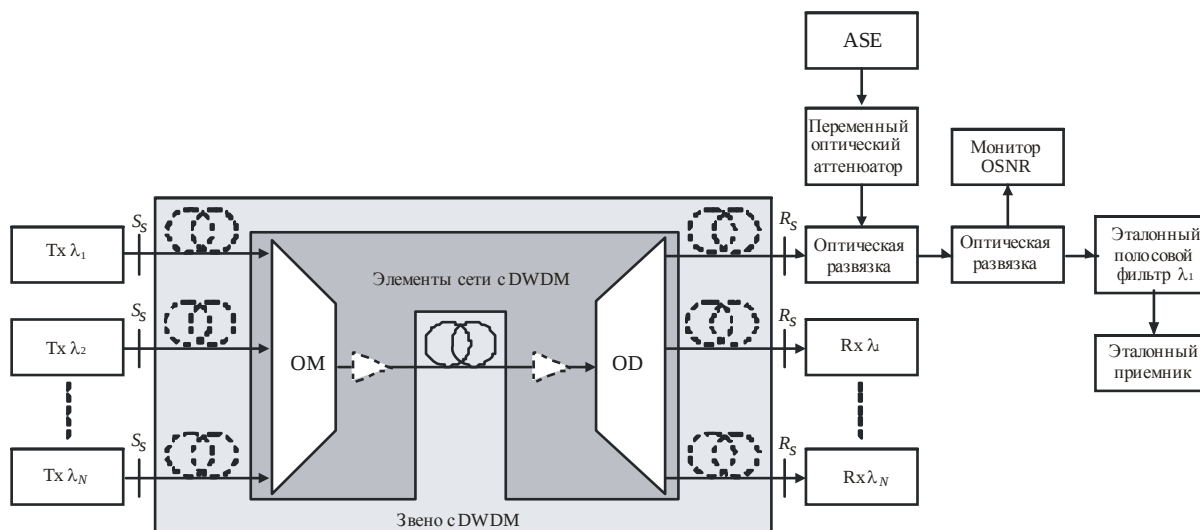


Рисунок I.3 – Конфигурация установки для выполнения измерения 3 (в точке R_S)

Необходимо отметить следующее.

- Эталонный полосовой фильтр определен в пункте B.2 [ITU-T G.959.1].
- Эталонный приемник определен в пункте B.2 [ITU-T G.959.1].
- Средства, используемые для введения хроматической дисперсии для измерения 2, не должны создавать нелинейных эффектов. Любые оптические усилители, используемые для смещения потерь этого дисперсионного элемента, должны вводиться до точки контроля OSNR.
- Величина шума ASE, который вводится в сигнал в точке S_S или R_S (и, следовательно, OSNR), контролируется путем регулировки переменного оптического аттенюатора (VOA). Точка контроля OSNR должна находиться за последним оптическим усилителем, то есть до эталонного полосового фильтра.
- Если до точки контроля, то есть R_S , формируется значительный шум, вызываемый фильтрованием OD или устройствами OADM в "черном звене", для контроля OSNR следует выбирать метод, обеспечивающий точный отсчет. Более подробная информация по этому вопросу представлена в Дополнении III [b-ITU-T G.697].
- Если входная мощность эталонного приемника не соответствует требованиям, может использоваться оптический усилитель или оптический аттенюатор, однако любые добавляемые оптические усилители должны быть помещены до точки контроля OSNR.

Дополнение II

Исключение ретрансляторов по одноканальным интерфейсам с DWDM

(Это Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

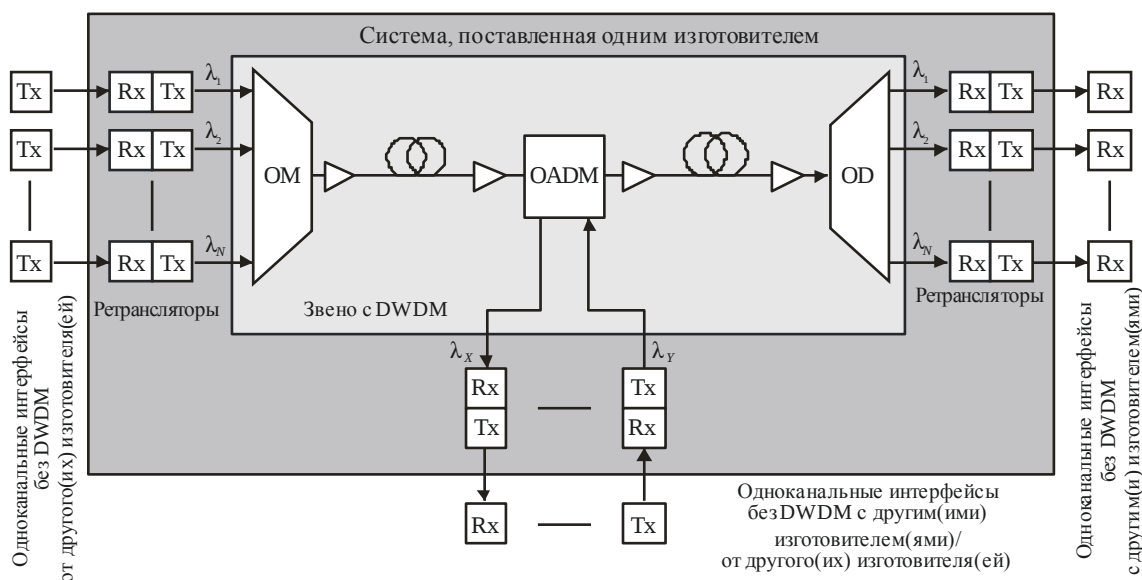
Транспортные сети большинства операторов создаются с использованием оборудования от различных поставщиков.

Ранее для частей сети, по которым осуществляется оптическая передача с DWDM, это обеспечивалось путем использования оптических ретрансляторов, как показано на рисунке II.1. Оптические интерфейсы, помеченные как "одноканальные интерфейсы без DWDM от другого(их) изготовителя(ей)" и "одноканальные интерфейсы без DWDM с другим(ими) изготовителем(ями)/от другого(их) изготовителя(ей)", могут быть, следовательно, любым стандартизованным оптическим интерфейсом ближней связи, поддерживаемым обоими изготовителями, как, например, приведенные в [ITU-T G.957], [ITU-T G.691], [ITU-T G.693], [ITU-T G.959.1] и т. д. Такое соглашение обеспечивает возможность прямого соединения широкого спектра оборудования с линейной системой DWDM, например:

- цифровое кросс-соединение с несколькими оптическими интерфейсами, поставленными изготовителями, не являющимися изготовителями данной линейной системы;
- несколько оптических клиентских устройств, все от разных изготовителей, каждый из которых обеспечивает один канал;
- сочетание вышеприведенных вариантов.

Такое присоединение может также обеспечиваться при использовании одноканальных интерфейсов с DWDM, приведенных в настоящей Рекомендации, что устранил необходимость в одной паре передатчика и приемника ближней связи на канал (исключение ретрансляторов) и очевидно обеспечит снижение затрат.

Такое присоединение показано на рисунке II.2.



G. 698.2(09)_FII-1

Рисунок II.1 – Линейная система с DWDM с ретрансляторами, содержащая оборудование разных изготовителей

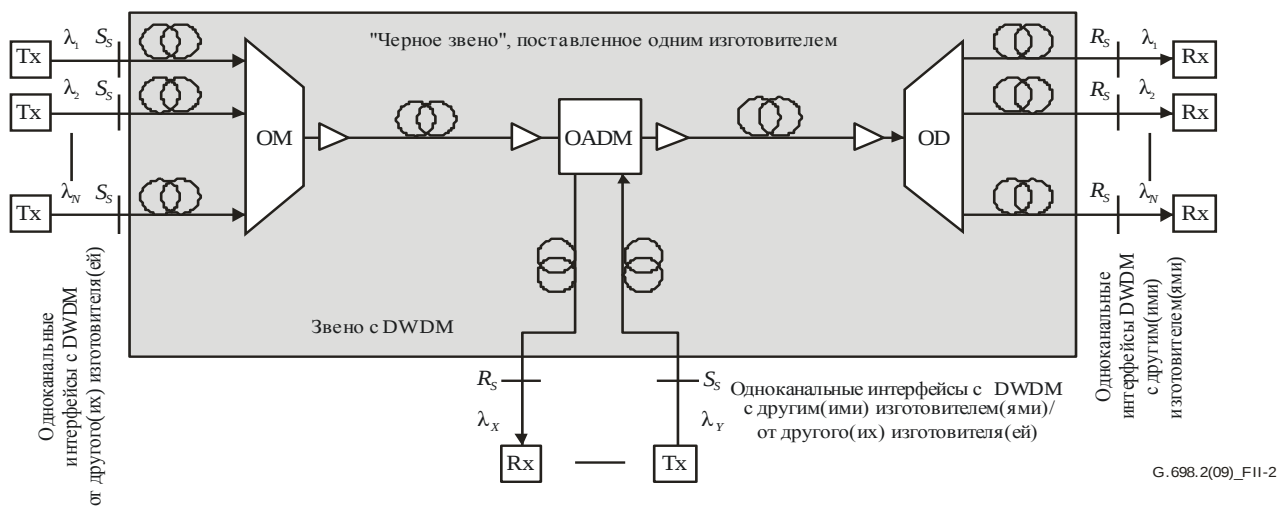


Рисунок П.2 – Линейная система с DWDM с исключенными ретрансляторами, содержащая оборудование разных изготовителей

Библиография

- [b-ITU-T G.697] Рекомендация МСЭ-Т G.697 (2009 г.) *Оптический мониторинг систем плотного мультиплексирования с разделением длины волны.*
- [b-ITU-T G.8251] Рекомендация МСЭ-Т G.8251 (2001 г.) *Управление фазовым дрожанием и дрейфом фазы в оптической транспортной сети (ОТС).*
- [b-ITU-T G-Suppl.39] Рекомендация МСЭ-Т серии G – Добавление 39 (2006 г.) *Рассмотрение вопросов расчета и проектирования оптических систем.*

СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

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