



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

G.978

(12/2006)

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

Цифровые участки и система цифровых линий –
Волоконно-оптические подводные кабельные системы

**Характеристики волоконно-оптических
подводных кабелей**

Рекомендация МСЭ-Т G.978

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
ЦИФРОВОЕ ОКОНЕЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	G.700–G.799
ЦИФРОВЫЕ СЕТИ	G.800–G.899
ЦИФРОВЫЕ УЧАСТКИ И СИСТЕМА ЦИФРОВЫХ ЛИНИЙ	
Общие положения	G.900–G.909
Параметры волоконно-оптических кабельных систем	G.910–G.919
Цифровые участки с иерархической скоростью передачи, основанной на скорости передачи 2048 кбит/с	G.920–G.929
Цифровые линейные системы передачи по кабелю с неиерархической скоростью передачи	G.930–G.939
Цифровые линейные системы, обеспечиваемые службами передачи данных с ЧРК	G.940–G.949
Цифровые линейные системы	G.950–G.959
Цифровые участки и цифровые системы передачи для абонентского доступа к ЦСИС	G.960–G.969
Волоконно-оптические подводные кабельные системы	G.970–G.979
Оптические линейные системы для местных сетей и сетей доступа	G.980–G.989
Сети доступа	G.990–G.999
КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ – ОБЩИЕ И СВЯЗАННЫЕ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ АСПЕКТЫ	G.1000–G.1999
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ	G.6000–G.6999
ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ – ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	G.7000–G.7999
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.

Характеристики волоконно-оптических подводных кабелей

Резюме

В данной Рекомендации рассматриваются характеристики волоконно-оптических подводных кабелей, используемых в Рек. МСЭ-Т G.973, G.974 и G.977. Она охватывает характеристики пропускания волоконно-оптических подводных кабелей, оптические волокна, используемые в подводных кабелях, включая механические характеристики и сопротивление среде, а также другие электрические характеристики. Она также охватывает характеристики пропускания элементарных участков кабеля для волокон одного типа и гибридного типа. Вся специальная информация, касающаяся характеристик волоконно-оптических подводных кабелей, включена в соответствующие Рекомендации по оптическим подводным системам.

Источник

Рекомендация МСЭ-Т G.978 утверждена 14 декабря 2006 года 15-й Исследовательской комиссией МСЭ-Т (2005–2008 гг.) в соответствии с процедурой, изложенной в Рекомендации МСЭ-Т А.8.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Международный союз электросвязи (МСЭ) является специализированным учреждением Организации Объединенных Наций в области электросвязи 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 извещение 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 2009

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 Сфера применения	1
2 Справочная литература.....	1
3 Термины и определения	2
3.1 Термины, определенные в данной Рекомендации	2
3.2 Термины, определенные в других Рекомендациях.....	3
4 Сокращения	4
5 Характеристики волоконно-оптического подводного кабеля	5
5.1 Общие положения.....	5
5.2 Характеристики пропускания кабеля	5
5.3 Механические характеристики и сопротивление среде.....	5
6 Характеристики запасного волоконно-оптического подводного кабеля.....	8
6.1 Общие положения.....	8
6.2 Тип системы подводного применения	8
6.3 Защита волоконно-оптического подводного запасного кабеля.....	8
6.4 Характеристики пропускания.....	9
7 Электрические характеристики	9
8 Характеристики волокна в подводном кабеле	9
8.1 Общие положения.....	9
8.2 Оптическое волокно	10
8.3 Характеристики передачи волокна	11
8.4 Параметры, рекомендуемые для спецификаций.....	12
9 Характеристики передачи элементарного участка кабеля.....	13
9.1 Общие положения.....	13
9.2 Характеристики передачи элементарного участка для волокна одного типа.....	13
9.3 Характеристики передачи элементарного участка для волокна гибридного типа	14
9.4 Параметры, рекомендуемые для спецификаций.....	14
Дополнение I – Волоконно-оптические подводные кабельные структуры и относящаяся к ним информация.....	14

Рекомендация МСЭ-Т G.978

Характеристики волоконно-оптических подводных кабелей

1 Сфера применения

В данной Рекомендации рассматриваются характеристики волоконно-оптических подводных кабелей, используемых в [G.973], [G.974] и [G.977].

Волоконно-оптический кабель можно использовать в:

- оптической подводной системе с промежуточными усилительными пунктами;
- оптической подводной системе без промежуточных усилительных пунктов.

В данной Рекомендации определяются характеристики подводных кабелей, которые могут использоваться на больших и малых глубинах.

Данная Рекомендация охватывает:

- характеристики пропускания оптических волокон в подводных кабелях, включая механические характеристики и сопротивление среде;
- характеристики волоконно-оптических подводных кабелей, включая механические характеристики и сопротивление среде, а также другие электрические характеристики;
- характеристики пропускания элементарных участков кабеля для волокон одинарного и гибридного типов.

2 Справочная литература

В перечисленных ниже Рекомендациях МСЭ-Т и другой справочной литературе содержатся положения, которые посредством ссылок на них в этом тексте составляют основные положения данной Рекомендации. На момент опубликования действовали указанные редакции документов. Все Рекомендации и другая справочная литература являются предметом корректировки, и стороны пришли к договоренности основываться на этой Рекомендации и стараться изыскивать возможность для использования самых последних изданий Рекомендации и справочной литературы, перечисленной ниже. Регулярно публикуется перечень действующих Рекомендаций МСЭ-Т. Ссылка на документ в рамках этой Рекомендации не дает ему как отдельному документу статуса Рекомендации.

- [G.650.1] ITU-T Recommendation G.650.1 (2004), *Definitions and test methods for linear, deterministic attributes of single-mode fibre and cable.*
- [G.650.2] Рекомендация МСЭ-Т G.650.2 (2005 г.), *Определения и методы тестирования статистических и нелинейных взаимосвязанных атрибутов одномодового волокна и кабеля.*
- [G.652] Рекомендация МСЭ-Т G.652 (2005 г.), *Характеристики одномодового оптического волокна и кабеля.*
- [G.653] Рекомендация МСЭ-Т G.653 (2006 г.), *Характеристики одномодового оптического волокна и кабеля со сдвигом дисперсии.*
- [G.654] Рекомендация МСЭ-Т G.654 (2006 г.), *Характеристики одномодового оптического волокна и кабеля со смещенной дисперсией и отсечкой.*
- [G.655] Рекомендация МСЭ-Т G.655 (2006 г.), *Характеристики одномодового волоконно-оптического волокна и кабеля с ненулевым дисперсионным смещением.*
- [G.656] Рекомендация МСЭ-Т G.656 (2006 г.), *Характеристики волокна и кабеля с ненулевой дисперсией для широкополосной оптической передачи.*
- [G.667] ITU-T Recommendation G.667 (2006), *Characteristics of adaptive chromatic dispersion compensators.*

- [G.671] Рекомендация МСЭ-Т G.671 (2005 г.), *Характеристики передачи оптических компонентов и подсистем.*
- [G.972] Рекомендация МСЭ-Т G.972 (2004 г.), *Определение терминов, относящихся к подводным волоконно-оптическим кабельным системам.*
- [G.973] Рекомендация МСЭ-Т G.973 (2003 г.), *Характеристики подводных волоконно-оптических кабельных систем без повторителей.*
- [G.974] ITU-T Recommendation G.974 (2004), *Characteristics of regenerative optical fibre submarine cable systems.*
- [G.977] ITU-T Recommendation G.977 (2006), *Characteristics of optically amplified optical fibre submarine cable systems.*
- [G-Sup.39] Рекомендации МСЭ-Т серии G – Добавление 39 (2006 г.), *Рассмотрение вопросов расчета и проектирования оптических систем.*
- [G-Sup.40] ITU-T G-series Recommendations – Supplement 40 (2006), *Optical fibre and cable Recommendations and standards guideline.*
- [IEC 62285] IEC/TR 62285 (2005), *Application guide for non-linear coefficient measuring methods.*
- [IEC 62324] IEC/TR 62324 (2007), *Single-mode optical fibres – Raman gain efficiency measurement using continuous wave method – Guidance.*

3 Термины и определения

3.1 Термины, определенные в данной Рекомендации

В данной Рекомендации определяются следующие термины:

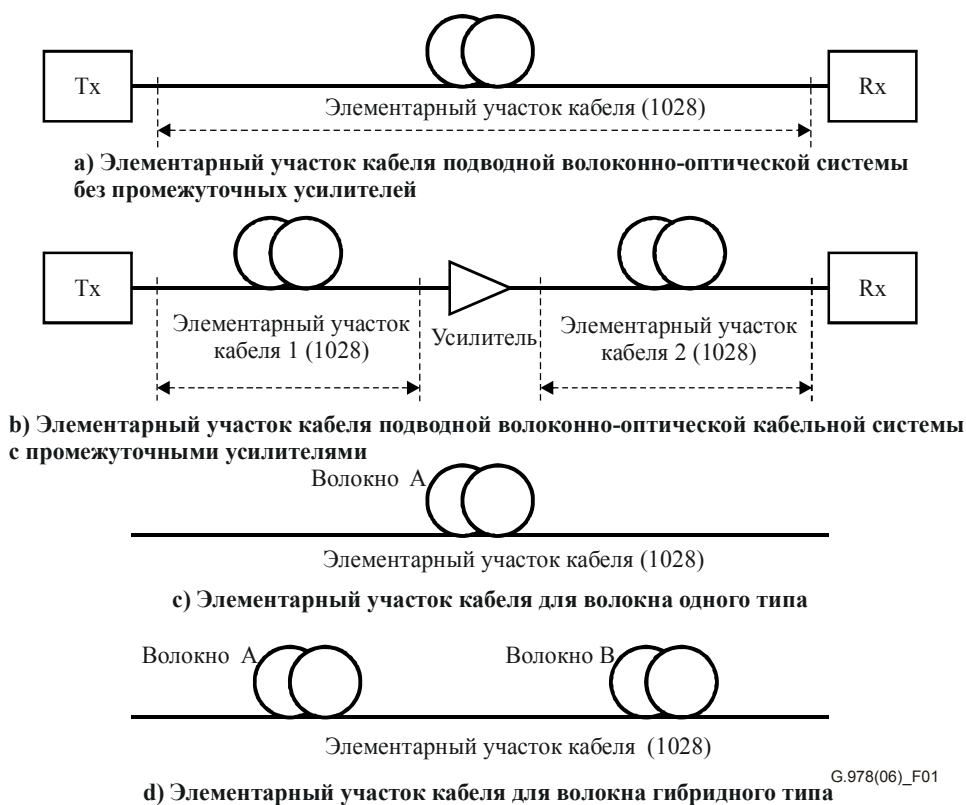
3.1.1 волоконно-оптический подводный кабель (optical fibre submarine cable): Подводный кабель, использующий в качестве линии передачи оптические волокна. (1019 в [G.972]).

3.1.2 элементарный участок кабеля (elementary cable section): Весь отрезок волоконно-оптического кабеля между двумя единицами оборудования (промежуточные усилители, соединительные устройства или оконечное оборудование передачи). (1028 в [G.972]). В данной Рекомендации описываются два типа элементарных участков кабеля:

- элементарный участок кабеля для волокна одного типа;
- элементарный участок кабеля для волокна гибридного типа.

3.1.2.1 элементарный участок кабеля для волокна одного типа (single-fibre type elementary cable section): Элементарный участок кабеля, состоящий из оптического волокна одного типа.

3.1.2.2 элементарный участок кабеля для волокна гибридного типа (hybrid-fibre type elementary cable section): Элементарный участок кабеля, состоящий из оптического волокна более чем одного типа.



ПРИМЕЧАНИЕ. – (1028) обозначает классификационный номер, используемый в Рек. МСЭ-Т G.972.

Рисунок 1/G.978 – Определения элементарного участка кабеля

3.2 Термины, определенные в других Рекомендациях

В данной Рекомендации используются следующие термины, определенные в других Рекомендациях:

- подводный участок (Submarine portion): см. [G.972] (1005);
- оптический подводный усилитель (Optical submarine repeater): см. [G.972] (1020);
- нагрузка, разрушающая кабель (Cable Breaking Load): см. [G.972] (5007);
- бронированный кабель с двухслойным покрытием (Double Armoured Cable): см. [G.972] (5004);
- нагрузка на кабель, разрушающая волокно (Fibre-Breaking Cable Load): см. [G.972] (5008);
- минимальный радиус изгиба кабеля (Minimum Cable Bending Radius): см. [G.972] (5032);
- номинальный предел прочности на разрыв при работе (Nominal Operating Tensile Strength): см. [G.972] (5010);
- номинальный постоянный предел прочности на разрыв (Nominal Permanent Tensile Strength): см. [G.972] (5009);
- номинальный переходный предел прочности на разрыв (Nominal Transient Tensile Strength): см. [G.972] (5011);
- скальный бронированный кабель (Rock Armoured Cable): см. [G.972] (5005);
- бронированный кабель с однослойным покрытием (Single Armoured Cable): см. [G.972] (5003);
- наклон (кривой) относительной дисперсии (Relative Dispersion to Slope): см. [G-Sup.40] (2006);
- окончное оборудование передачи (Terminal Transmission Equipment): см. [G.972] (1010).

4 Сокращения

В данной Рекомендации используются следующие сокращения:

A_{eff}	Effective area	эффективная площадь
CBL	Cable Breaking Load	нагрузка, разрушающая кабель
CSF	Cut-off Shifted single-mode Fibre	одномодовое волокно со сдвигом отсечки
DA cable	Double Armoured cable	бронированный кабель с двухслойным покрытием
DCF	Dispersion Compensating single-mode Fibre	одномодовое волокно, компенсирующее дисперсию
DSF	Dispersion Shifted single-mode Fibre	одномодовое волокно со смещенной дисперсией
g_R	Raman gain coefficient	рамановский коэффициент усиления
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing	спектральное уплотнение (каналов) высокой плотности
DWDMS	Dense Wavelength Division Multiplexing Systems	системы спектрального уплотнения высокой плотности
LEF	Large Effective area single-mode Fibre	одномодовое волокно с большой эффективной площадью
LW cable	LightWeight cable	облегченный кабель
LWP cable	LightWeight Protected cable	облегченный защищенный кабель
n_2/A_{eff}	Non-linear coefficient	нелинейный коэффициент
NDF	Negative Dispersion single-mode Fibre	одномодовое волокно с отрицательной дисперсией
NOTS	Nominal Operating Tensile Strength	номинальный рабочий предел прочности на разрыв
NPTS	Nominal Permanent Tensile Strength	номинальный постоянный предел прочности на разрыв
NTTS	Nominal Transient Tensile Strength	номинальный переходный предел прочности на разрыв
NZDSF	Non-Zero Dispersion Shifted single-mode Fibre	одномодовое волокно со смещенной ненулевой дисперсией
OFA	Optical Fibre Amplifier	усилитель оптического волокна
PDF	Positive Dispersion single-mode Fibre	одномодовое волокно с положительной дисперсией
PMD	Polarization Mode Dispersion –	поляризационно-модовая дисперсия
RA cable	Rock Armoured cable	скальный бронированный кабель
RDS	Relative Dispersion to Slope	наклон (кривой) относительной дисперсии
SA cable	Single Armoured cable	бронированный кабель с однослойным покрытием
SMF	non-dispersion shifted Single-Mode Fibre	одномодовое волокно со смещенной нулевой дисперсией
SWS	Single Wavelength Systems	системы одной длины волны
TTE	Terminal Transmission Equipment	оконечное оборудование передачи

WDM	Wavelength Division Multiplexing	спектральное уплотнение (каналов)
WDMS	Wavelength Division Multiplexing Systems	системы спектрального уплотнения
WNZDF	Wideband Non-Zero Dispersion single-mode Fibre	одномодовое волокно с широкополосной ненулевой дисперсией

5 Характеристики волоконно-оптического подводного кабеля

5.1 Общие положения

Волоконно-оптический подводный кабель сконструирован таким образом, чтобы гарантировать защиту оптических волокон от давления воды, распространения воды в продольном направлении, химической агрессии и влияния загрязнения водородом в период расчетной долговечности.

Волоконно-оптический подводный кабель сконструирован также таким образом, чтобы гарантировать, что при прокладке, погружении, восстановлении и работе кабеля согласно стандартным правилам подводной технической эксплуатации, показатели работы волокна не будут снижаться.

В зависимости от применения волоконно-оптические подводные кабели могут быть:

- подводными кабелями с промежуточными усилителями;
- подводными кабелями без промежуточных усилителей.

В зависимости от защиты кабеля волоконно-оптические подводные кабели могут быть:

- the lightweight cable (LW cable) – облегченный кабель;
- the lightweight protected cable (LWP cable) – облегченный защищенный кабель;
- the single armoured cable (SA cable) – бронированный кабель с однослойным покрытием;
- the double armoured cable (DA cable) – бронированный кабель с двухслойным покрытием;
- the rock armoured cable (RA cable) – скальный бронированный кабель.

5.2 Характеристики пропускания кабеля

В общем, характеристики пропускания волокон до укладки в кабель будут похожи, или такими же, как и характеристики, определенные в [G.652], [G.653], [G.654], [G.655] и [G.656]. Типы волокна выбираются с таким расчетом, чтобы оптимизировать общую стоимость и технические характеристики системы.

Характеристики пропускания волокон, помещенных в элементарный участок кабеля, должны находиться в указанных пределах варьирования характеристик данного волокна до помещения в кабель, в частности, конструкция кабеля, соединения и волокно кабеля должны быть таковы, чтобы изгиб волокна и микроизгиб создавали лишь незначительное увеличение затухания. Это нужно принимать во внимание при определении минимального радиуса изгиба волокна в кабеле и в оборудовании (соединения оптических кабелей, оконечное оборудование, усилители и т. д.).

Затухание, хроматическая дисперсия и PMD должны оставаться стабильными в пределах, указанных для срока расчетной долговечности системы; в частности, конструкция кабеля должна минимизировать допустимые уровни как проникновения водорода извне, так и генерирования водорода внутри кабеля, даже после поломки кабеля на глубине использования; чувствительность оптического волокна к гамма-излучению также следует принимать во внимание.

5.3 Механические характеристики и сопротивление среде

5.3.1 Защита волокна при помощи структуры кабеля

Механическая живучесть волокна зависит от роста дефектов в структуре стекла. Она зависит от первоначального механического статуса волокна до помещения в кабель, от физической структуры волокна (тип покрытия, внутреннее напряжение), от условий окружающей среды во время производства волокна и от уровня контрольного испытания, применяемого к волокну после

формирования волокна. Она также зависит от окружения волокон в кабеле и от эффекта накопления напряжения, прилагаемого к волокну во время его срока службы.

Прочность структуры кабеля вместе с прочностью структуры волокна определяют общие механические показатели работы кабеля. Они должны быть сконструированы таким образом, чтобы гарантировать живучесть конструкции системы, принимая во внимание кумулятивный эффект нагрузки, прикладываемой к кабелю во время прокладки, восстановления и ремонта, а также любую постоянную нагрузку или остаточное растяжение, прикладываемое к уложенному кабелю.

Для защиты оптических волокон обычно используются два общих типа структуры кабеля:

- плотная структура кабеля, где волокна прочно удерживаются в кабеле так, что растяжение волокна практически равно растяжению кабеля;
- свободная структура кабеля, где волокна могут свободно двигаться внутри кабеля так, что растяжение волокна меньше растяжения кабеля, причем оно остается равным нулю, до тех пор пока растяжение (кабеля) не достигнет определенного значения.

Кроме того, кабель должен защищать волокна от воды, влажности и внешнего давления, а также ограничивать проникновение воды в продольном направлении после разрыва кабеля на глубине использования.

5.3.2 Механические характеристики волокна

Механические показатели волокна в большой степени зависят от приложения контрольного испытания ко всей длине волокна. Контрольное испытание оптического волокна определяется нагрузкой, прилагаемой к волокну, или растяжением волокна, а также временем воздействия. Уровень контрольного испытания должен определяться как функция структуры кабеля. Стыки волокон следует также подвергнуть контрольному испытанию. Рекомендуется, чтобы продолжительность контрольных испытаний была как можно короче.

Механическая прочность волокна и стыков волокон необходимо принимать во внимание для определения минимального радиуса изгиба волокна в кабеле и в оборудовании (усилителях, ответвительных устройствах, устройствах для сращивания кабеля или окончном оборудовании кабелей).

5.3.3 Механические характеристики кабеля

Суда-кабелеукладчики должны с осторожностью обращаться с кабелями, устройствами для сращивания кабеля, кабельными соединителями, монтажными соединениями кабеля во время работ по прокладке и ремонту; которые должны выдержать многочисленные проведения через нос кабельного судна.

Кабель должен поддаваться ремонту, и время соединения кабеля на борту во время ремонта при хороших условиях работы должно быть достаточно коротким.

В случае если кабель цепляется за захват, якорь или рыболовные снасти, он обычно ломается из-за того, что нагрузка практически равна части (в зависимости от типа кабеля и характеристик дрека) разрушающей нагрузки в условиях прямой линии; кроме того, появляется риск сокращения срока службы и надежности волокна и кабеля около точки разрыва, в частности, из-за напряжения, приложенного к волокну или проникновения воды; поврежденный участок кабеля следует заменить; длина кабеля должна оставаться в рамках указанного значения.

Некоторые параметры механических характеристик кабеля и способности кабеля к укладке, восстановлению и ремонту определены в [G.972], их следует использовать как руководство по обращению с кабелем:

- the cable breaking load (CBL) – нагрузка, разрушающая кабель, измеряется во время испытания на соответствие техническим условиям;
- the nominal transient tensile strength (NTTS) – номинальный переходный предел прочности на разрыв, который может произойти внезапно, особенно во время работ по восстановлению;
- the nominal operating tensile strength (NOTS) – номинальный предел прочности на разрыв при работе, который может произойти во время ремонта;

- the nominal permanent tensile strength (NPTS) – номинальный постоянный предел прочности на разрыв, который характеризует статус кабеля после укладки;
- the minimum cable bending radius – минимальный радиус изгиба кабеля, который служит рекомендацией по обращению с кабелем.

В таблицах 5-1 и 5-2 содержатся рекомендуемые значения механических характеристик кабеля.

Таблица 5-1/G.978 – Рекомендуемые значения механических характеристик кабеля для волоконно-оптических систем подводных кабелей без промежуточных усилительных пунктов

Параметры	Детали	Рекомендуемое значение (KN)			
		Кабель LW/LWP	Кабель SA	Кабель DA	Кабель RA
CBL	минимум	TBD	TBD	TBD	TBD
NTTS	минимум	TBD	TBD	TBD	TBD
NOTS	минимум	TBD	TBD	TBD	TBD
NPTS	минимум	TBD	TBD	TBD	TBD
ПРИМЕЧАНИЕ. – Рекомендуемое значение является предметом дальнейшего изучения.					

Таблица 5-2/G.978 – Рекомендуемые значения механических характеристик кабеля для волоконно-оптических систем подводных кабелей с промежуточными усилительными пунктами

Параметры	Детали	Рекомендуемое значение (KN)			
		Кабель LW/LWP	Кабель SA	Кабель DA	Кабель RA
CBL	минимум	TBD	TBD	TBD	TBD
NTTS	минимум	TBD	TBD	TBD	TBD
NOTS	минимум	TBD	TBD	TBD	TBD
NPTS	минимум	TBD	TBD	TBD	TBD
ПРИМЕЧАНИЕ. – Рекомендуемое значение является предметом дальнейшего изучения.					

5.3.4 Защита кабеля

Волоконно-оптический подводный кабель должен обеспечивать защиту от опасностей окружающей среды на глубине использования: защиту от обитателей моря, перекусывания рыбами и истирания, а также защиту от разрушительных действий и деятельности кораблей. В [G.972] определены различные типы защиты кабеля, в частности:

- the lightweight cable (LW cable) – облегченный кабель;
- the lightweight protected cable (LWP cable) – облегченный защищенный кабель;
- the single armoured cable (SA cable) – бронированный кабель с однослойным покрытием;
- the double armoured cable (DA cable) – бронированный кабель с двухслойным покрытием;
- the rock armoured cable (RA cable) – скальный бронированный кабель.

Облегченный кабель подходит для прокладки, восстановления и работы там, где не нужна специальная защита.

Облегченный защищенный кабель подходит для прокладки, восстановления и работы там, где требуется специальная защита.

Бронированный кабель с однослойным покрытием подходит для прокладки, погружения, восстановления и работы, подходящим образом защищен для конкретного участка в неглубокой воде.

Бронированный кабель с двухслойным покрытием подходит для прокладки, погружения, восстановления и работы, соответствующим образом защищен для конкретного участка в неглубокой воде.

Скальный бронированный кабель подходит для прокладки, восстановления и работы, соответствующим образом защищен для конкретного участка в неглубокой воде.

В таблице 5-3 приводится информация о типичной глубине применения для каждого кабеля.

Таблица 5-3/G.978 – Типичная глубина применения волоконно-оптического подводного кабеля

	Кабель LW/LWP	Кабель SA	Кабель DA	Кабель RA
Глубина (м)	> 1000	> 20 – 1500	0 – 20	0 – 20

Волоконно-оптический наземный кабель должен защищать систему и обслуживающий персонал от электрических разрядов, промышленных помех и молнии. Чаще всего используются два типа защищенного наземного кабеля:

- the armoured land cable – наземный кабель с покрытием, причем покрытие следует поддерживать на уровне электрического потенциала Земли; подходит для непосредственного погружения;
- the duct shielded cable – кабель в кабельной канализации, имеющий круговое защитное экранирование (которое может быть защитным экранированием от перекусывания рыбами), и который подходит для помещения в кабельную канализацию.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Рекомендуется, чтобы кабель имел в своей структуре канал/цепь для обеспечения электродного тока для определения месторасположения кабеля подводным оборудованием. Электродный ток подается с оконечной станции с амплитудой, необходимой для определения месторасположения кабеля и частотой от ок. 4 до 40 Гц.

6 Характеристики запасного волоконно-оптического подводного кабеля

6.1 Общие положения

Запасной кабель, используемый для замены участка поврежденного волоконно-оптического подводного кабеля, должен быть волоконно-оптическим подводным кабелем. Вследствие этого, он должен удовлетворять всем спецификациям, относящимся к волоконно-оптическим подводным кабелям (см. пункт 5).

Тем не менее, при определении политики ремонта подводного волоконно-оптического кабеля следует принимать во внимание определенную ключевую информацию, такую как тип подводного применения, защита кабеля, длина кабеля, добавляемая при ремонте и пропускные характеристики кабеля.

6.2 Тип системы подводного применения

Запасной волоконно-оптический подводный кабель должен быть того же типа применения, как и исходный волоконно-оптический подводный кабель. Это означает, что запасной волоконно-оптический подводный кабель должен быть:

- подводным кабелем с промежуточными усилителями в случае ремонта кабеля с промежуточными усилителями;
- подводным кабелем без промежуточных усилителей в случае ремонта кабеля без промежуточных усилителей.

6.3 Защита волоконно-оптического подводного запасного кабеля

Запасной волоконно-оптический подводный кабель должен иметь такой же уровень механической защиты, как и заменяемый участок кабеля. В случае отсутствия кабелей с требуемым типом защиты могут использоваться запасные кабели других типов защиты. Однако в таком случае уровень механической защиты запасного кабеля должен быть выше уровня механической защиты первоначально проложенного кабеля, и между двумя типами кабеля должны быть установлены

монтажные соединения кабеля. В таблице 6-1 представлены уровни защиты, разрешенные для использования в качестве запасного кабеля, как назначение первоначальных типов защиты.

Таблица 6-1/G.978 – Допустимые уровни защиты для запасного кабеля в зависимости от первоначальных типов защиты

		Тип защиты запасного подводного оптического волокна				
		Кабель LW	Кабель LWP	Кабель SA	Кабель DA	Кабель RA
Первоначальный тип защиты подводного оптического волокна	Кабель LW	A	A	A	A	A
	Кабель LWP		A	A	A	A
	Кабель SA			A	A	A
	Кабель DA				A	A
	Кабель RA					A
ПРИМЕЧАНИЕ. – "А" означает "применяется".						

6.4 Характеристики пропускания

6.4.1 Управление оптическим волокном

Подводные волоконно-оптические кабели, используемые для ремонта, должны, по крайней мере, иметь такое же число волокон, как и в первоначально проложенном кабеле. В качестве запасного кабеля можно также использовать подводный волоконно-оптический кабель с большим числом волокон. В таком случае, к системе подсоединяется только необходимое число волокон, остальные не используются.

6.4.2 Характеристики пропускания

Оптические волокна запасного кабеля должны иметь те же характеристики, как и оптические волокна, находящиеся в заменяемом участке волоконно-оптического подводного кабеля. Однако можно допустить некоторые отклонения от этого правила, если в Руководстве по обслуживанию, которое должно быть предоставлено поставщиком системы после подготовки системы к работе, четко определяются отдельные рекомендации по ремонту кабеля. В частности, в этом документе должна подробно объясняться политика управления хроматической дисперсией, которую нужно применять в случае ремонта кабеля (на больших и малых глубинах).

7 Электрические характеристики

Электрические характеристики являются предметом дальнейшего изучения.

8 Характеристики волокна в подводном кабеле

8.1 Общие положения

Конструкторы подводных систем различают несколько типов оптического волокна. Среди них:

- одномодовые волокна, определенные в Рекомендациях МСЭ-Т серии G.65х;
- Positive Dispersion single-mode Fibre (PDF) – одномодовое волокно с положительной дисперсией;
- Negative Dispersion single-mode Fibre (NDF) – одномодовое волокно с отрицательной дисперсией;
- Large Effective area single-mode Fibre (LEF) – одномодовое волокно с большой эффективной площадью;
- Dispersion Compensating single-mode Fibre (DCF) – одномодовое волокно, компенсирующее дисперсию.

В зависимости от спецификации системы (скорость передачи данных и кодирование, число длин волн, диапазон усиления, выходная мощность усилителя, длина соединения и т. д.), для обеспечения показателей работы системы могут использоваться различные комбинации этих волокон.

Основными параметрами, характеризующими вышеупомянутые оптические волокна, являются:

- коэффициент затухания на всех рабочих длинах волн сигнала для SWS и на всех из них для WDMS, выраженный в дБ/км;
- коэффициент затухания на всех рабочих длинах волн накачки для SWS и для всех из них для WDMS, выраженный в дБ/км;
- коэффициент хроматической дисперсии на всех рабочих длинах волн сигнала в пс/нм · км;
- длина волны нулевой дисперсии λ_0 в нм;
- наклон дисперсии около рабочих длин волн сигнала в пс/нм² · км;
- наклон относительной дисперсии (RDS) в нм;
- нелинейный показатель преломления n_2 в м²/Вт;
- эффективная площадь A_{eff} в мкм²;
- нелинейный коэффициент n_2/A_{eff} в Вт⁻¹;
- рамановский коэффициент усиления g_R в м/Вт;
- совокупная средняя поляризационно-модовая дисперсия (PMD) в пс/√км.

8.2 Оптическое волокно

8.2.1 Волокно серии G.65x

В Рекомендациях МСЭ-Т описывается пять типов одномодовых волокон:

- одномодовое волокно со смещенной нулевой дисперсией (SMF), определенное в [G.652];
- одномодовое волокно со смещенной дисперсией (DSF), определенное в [G.653];
- одномодовое волокно со сдвигом отсечки (CSF), определенное в [G.654];
- одномодовое волокно со смещенной ненулевой дисперсией (NZDSF), определенное в [G.655];
- одномодовое волокно с широкополосной ненулевой дисперсией (WNZDF), определенное в [G.656].

SMF, описанное в [G.652], первоначально было оптимизировано для использования в диапазоне длины волны 1310 нм, который имеет номинальную длину волны нулевой дисперсии близкую к 1310 нм. Это SMF может также использоваться в диапазоне 1550 нм.

DSF, описанное в [G.653], первоначально было оптимизировано для использования в диапазоне 1500 нм, который имеет номинальную длину волны нулевой дисперсии близкую к 1550 нм.

CSF, описанное в [G.654], является одномодовым волокном со сдвигом отсечки и минимизированными потерями и оптимизировано для использования в диапазоне 1530–1625 нм.

NZDSF, описанное в [G.655], первоначально было оптимизировано для использования в диапазоне длины волны от 1530 до 1565 нм и имеет значение ненулевой хроматической дисперсии около 1550 нм. Эта дисперсия снижает рост нелинейных эффектов, которые могут быть особенно вредоносными в DWDMS.

WNZDF, описанное в [G.656], первоначально было оптимизировано для использования в диапазоне длины волны от 1460 до 1625 нм, который имеет значение ненулевой хроматической дисперсии в данном диапазоне длины волны. Эта дисперсия снижает рост нелинейных эффектов, которые могут быть особенно вредоносными в DWDMS.

8.2.2 Одномодовое волокно с положительной дисперсией

PDF имеет значение хроматической дисперсии D_{min} с положительным знаком в диапазоне рабочей длины волны сигнала. Эта дисперсия снижает рост нелинейных эффектов, которые могут быть особенно вредоносными в DWDMS.

Большая часть одномодовых волокон Рекомендаций МСЭ-Т серии G.65х считаются PDF на рабочей длине волны сигнала около 1550 нм.

8.2.3 Одномодовое волокно с отрицательной дисперсией

NDF имеет значение хроматической дисперсии D_{max} с отрицательным знаком в диапазоне рабочей длины волны сигнала. Эта дисперсия снижает рост нелинейных эффектов, которые могут быть особенно вредоносными в DWDM.

NZDSF, описанное в [G.655] с отрицательной дисперсией, может считаться NDF при рабочей длине волны сигнала около 1550 нм.

Комбинация PDF и NDF может использоваться для образования элементарного участка кабеля гибридного типа.

8.2.4 Одномодовое волокно с большой эффективной площадью

LEF имеет увеличенную A_{eff} на рабочей длине волны сигнала. Эта увеличенная A_{eff} сокращает нелинейные эффекты, которые могут быть особенно вредоносными в DWDM.

8.2.5 Одномодовое волокно, компенсирующее дисперсию

Знак хроматической дисперсии DCF зависит от дисперсионного управления/управления дисперсией системы. Обычно DCF имеет большое значение хроматической дисперсии на рабочей длине волны сигнала. DCF используется для компенсации кумулятивной хроматической дисперсии PDF или NDF.

8.3 Характеристики передачи волокна

8.3.1 Оптические потери

Потери оптического волокна характеризуются коэффициентом затухания, выраженном в дБ/км (логарифмическое значение) или в км^{-1} (линейное значение).

Максимальный коэффициент затухания каждого типа волокна серии G.65х указан в соответствующих Рекомендациях МСЭ-Т серии G.65х.

Метод измерения оптических потерь в одномодовом волокне описан в [G.650.1].

8.3.2 Коэффициент хроматической дисперсии

Коэффициент хроматической дисперсии касается зависимости скорости группы от длины волны таким образом, что все спектральные компоненты оптического сигнала будут распространяться с разной скоростью. Это вызывает уширение импульса и может стать основным искажением. Наклон дисперсии по отношению к длине волны также влияют характеристики пропускания, особенно в WDM и/или системах с высокой битовой скоростью передачи данных. Коэффициент хроматической дисперсии оптического волокна в единичной длине также выражается в $\text{пс}/\text{нм}^2 \cdot \text{км}$. Наклон относительной дисперсии (RDS), выраженный в нанометрах, также используется для рассмотрения дисперсионных искажений в диапазоне длины волны рабочего сигнала, особенно в WDM.

Характеристики хроматической дисперсии в каждом волокне G.65х определяются в соответствующей серии G.65х Рекомендаций МСЭ-Т.

Дополнительную информацию, касающуюся искажений хроматической дисперсии, можно найти в [G-Sup.39].

Метод измерения хроматической дисперсии в одномодовых волокнах описан в [G.650.1].

8.3.3 Поляризационно-модовая дисперсия (PMD)

Небольшое отклонение сердцевины волокна от абсолютной цилиндрической симметрии приводит к двойному лучепреломлению из-за разного модового индекса, связанного с ортогонально поляризованными компонентами основной моды. PMD вызывает уширение импульса и должно быть связано с максимальным значением. PMD одномодового волокна и/или оптической связи выражается в $\text{пс}/\sqrt{\text{км}}$. PMD в одномодовом волокне и/или оптической связи рассматривается с точки зрения статистики. В частности, значение конструирования связи PMD, PMD_Q используется в качестве

верхней границы коэффициента PMD соединенных волоконных кабелей с определенным возможным соединением M участков кабеля. Верхняя граница определяется с точки зрения небольшого уровня вероятности Q , который представляет собой вероятность того, что значение коэффициента PMD соединенных волоконных кабелей превышает PMD_Q .

Значение PMD_Q в каждом кабеле волокна G.65x определяется в соответствующей серии Рекомендаций МСЭ-Т серии G.65x.

Дополнительную информацию об искажениях PMD можно найти в [G-Sup.39].

Метод измерения и статистическая обработка PMD как в одномодовом волокне, так и в кабелях описаны в [G.650.2].

8.3.4 Нелинейность волокна

Нелинейные эффекты следует рассматривать при конструировании оптического канала связи большой протяженности с OFA с большой выходной мощностью. Эти эффекты накапливаются в оптическом соединении и могут значительно ухудшить распространение сигнала. В SWS преобладающим нелинейным эффектом обычно является самофазировающая модуляция сигнала, пропорциональная нелинейному коэффициенту (соотношение n_2/A_{eff}), умноженному на площадь ее нормализованной амплитуды. Данная нелинейность при наличии хроматической дисперсии вызывает уширение импульса во времени и, следовательно, искажение показателей работы системы. Однако в WDMS или DWDM преобладающим эффектом обычно является четырехволновое взаимодействие и/или перекрестная фазовая модуляция из-за присутствия смежных длин волн. Данная нелинейность вызывает ухудшение показателей работы.

Рамановский коэффициент усиления g_R в одномодовом волокне также рассматривается в определенных подводных системах, которые используют распределенное усиление на эффекте Рамана. Рамановское усиление пропорционально g_R и мощности накачки. Значение g_R чистого кварцевого стекла составляет около $2,8 \times 10^{-14}$ м/Вт при 1500 нм, и оно зависит от материала, используемого в волокне.

Дальнейшую информацию по нелинейности волокна можно найти в [G-Sup.39].

Метод измерения эффективной площади A_{eff} в одномодовом волокне описан в [G.650.2].

Методы, используемые для измерения нелинейного коэффициента n_2/A_{eff} и рамановского коэффициента усиления g_R в одномодовом волокне, описаны в [IEC 62285] и [IEC 62324], соответственно.

8.4 Параметры, рекомендуемые для спецификаций

Для оптических волокон и кабелей, используемых в подводных системах передачи, рекомендуется указывать следующие параметры. Данные параметры следует указывать при определении рабочего сигнала и/или участка длины волны накачки.

Параметры волокна:

- максимальный коэффициент затухания (дБ/км);
- максимальный и минимальный коэффициент хроматической дисперсии, D_{max} и D_{min} , (пс/нм · км);
- максимальный наклон хроматической дисперсии (пс/нм² · км);
- минимальная эффективная площадь, A_{eff} , (мкм²).

Параметры кабеля:

- максимальный коэффициент затухания (дБ/км);
- максимальный коэффициент PMD_Q (пс/√км).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Параметры волокон серии G.65x определены в соответствующих Рекомендациях МСЭ-Т серии G.65x, за исключением эффективной площади.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Максимальные коэффициенты затухания при 1550 нм волокон G.65x, помещенных в кабели, определены для диапазона от 0,22 до 0,4 дБ/км в Рекомендациях МСЭ-Т серии G.65x. Следует отметить, что типичная подводная система передачи требует меньшего значения коэффициента затухания.

Типичный коэффициент затухания в проложенном подводном канале связи является предметом дальнейшего изучения.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Максимальные коэффициенты PMD_Q волокон G.65х, помещенных в кабели, определены в диапазоне от 0,20 до 0,5 пс/ $\sqrt{\text{км}}$ в Рекомендациях МСЭ-Т. Следует заметить, что типичная подводная система передачи требует меньшего значения коэффициента PMD_Q .

9 Характеристики передачи элементарного участка кабеля

9.1 Общие положения

Элементарный участок кабеля – это вся длина кабеля оптического волокна между двумя элементами оборудования (повторителями, устройствами для сращивания кабеля или оконечным оборудованием передачи). Элементарные участки кабеля подразделяются на:

- элементарные участки кабеля для волокна одного типа;
- элементарные участки кабеля для волокна гибридного типа.

В зависимости от структуры системы и, особенно, от числа длин волн (WDMS) для обеспечения показателей работы системы могут использоваться различные типы оптических волокон. В частности, для сокращения накопления дисперсии на длине волны сигнала комбинируют различные оптические волокна. В таком случае говорят, что система является системой с управляемой дисперсией. Как правило, это управление сводится к карте дисперсии, которая показывает, как происходит управление дисперсией по всей длине соединения волоконно-оптического подводного кабеля.

Карта дисперсии является основным инструментом для описания характеристик хроматической дисперсии системы. Кумулятивная дисперсия определяется как дисперсия, измеряемая между выходным сигналом оконечного передатчика и любой другой точкой в оптическом тракте. Карта дисперсии является схемой кумулятивной местной хроматической дисперсии на данной рабочей длине волны как функция расстояния от оптического передатчика до оптического приемника. Карта дисперсии будет, главным образом, зависеть от типа системы (SWS, WDMS или DWDMS).

Что касается "составления карты дисперсии" и "реализации управления дисперсией", дальнейшее описание можно найти в [G.973] и [G.977].

В данном пункте указываются характеристики передачи элементарного участка кабеля, требующегося для конструирования волоконно-оптических подводных кабельных систем. Характеристики передачи элементарных участков кабеля для волокон одинарного и гибридного типов описаны, соответственно, в пунктах 9.2 и 9.3, а требуемые параметры для спецификации рекомендованы в пункте 9.4.

9.2 Характеристики передачи элементарного участка для волокна одного типа

Элементарный участок кабеля для волокна одного типа состоит из одного типа оптического волокна, и он используется в качестве основной линии передачи сигналов. В промежутках нескольких элементарных участков кабеля оптические волокна с хроматической дисперсией, возвращенные от основной линии передачи, используются для компенсации дисперсии на длинах волн сигналов. Такие волокна, компенсирующие дисперсию, также составляют другой элементарный участок кабеля для передачи сигнала. Для такого типа элементарного участка кабеля обычно потребуются отдельные устройства, компенсирующие дисперсию в TTE, которые рассматриваются отдельно от элементарных участков кабеля. Характеристики компенсаторов хроматической дисперсии можно найти в [G.671] и [G.667].

9.3 Характеристики передачи элементарного участка для волокна гибридного типа

Элементарный участок кабеля для гибридного типа волокна состоит из оптических волокон более чем одного типа.

Типичные комбинации оптических волокон бывают двух типов:

- Одна из комбинаций оптических волокон с различными A_{eff} и с одним и тем же знаком наклона дисперсии.

Например, оптические волокна с большей A_{eff} и наклоном дисперсии комбинируются с волокнами с меньшими A_{eff} и наклоном дисперсии, которые сокращают суммарный slope дисперсии элементарного участка кабеля и делает приемлемую оптическую мощность выше. Однако суммарный наклон дисперсии не может быть близким или равным нулю из-за одинакового знака склона дисперсии волокон. Этот тип элементарного участка кабеля, как правило, будет требовать отдельных устройств, компенсирующих дисперсию в ТТЕ, которое рассматривается отдельно от элементарных участков кабеля.

- Другим вариантом является комбинация оптических волокон с противоположным знаком дисперсии и наклоном дисперсии, регулирующая наклон относительной дисперсии (RDS) и длину комбинированных оптических волокон, что позволяет снизить общую дисперсию и наклон дисперсии элементарного участка кабеля практически до нуля.

В таком случае, например, волокна с большей A_{eff} и положительной дисперсией и наклоном дисперсии комбинируются с волокнами с меньшей A_{eff} , отрицательной дисперсией и наклоном дисперсии.

В общем, элементарный участок кабеля для волокна гибридного типа может реализовывать большую максимальную пропускную способность и расстояние передачи по сравнению с этими показателями элементарного участка кабеля для волокна одного типа.

9.4 Параметры, рекомендуемые для спецификаций

Следующие параметры рекомендуются для указания в элементарных участках кабеля для волокон одного или гибридного типа:

- максимальное и минимальное общее затухание при 1550 нм или указанной длине волны (дБ), (Примечание 1);
- максимальный и минимальный коэффициент хроматической дисперсии (пс/нм · км);
- максимальный наклон хроматической дисперсии (пс/нм² · км);
- максимальная кумулятивная хроматическая дисперсия в указанном диапазоне равна (пс/нм);
- минимальный нелинейный коэффициент n_2/A_{eff} , (1/Вт);
- максимальный коэффициент PMD_Q (пс/√км);
- максимальный общий DGD при 1550 нм или указанной длине волны (пс).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Коэффициент затухания и длина линии передачи может даваться в качестве альтернативной информации.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – В случае элементарного участка кабеля для волокон гибридного типа каждый параметр должен рекомендоваться как для отдельных волокон, так и для всего элементарного участка кабеля.

Дополнение I

Волоконно-оптические подводные кабельные структуры и относящаяся к ним информация

Структуры кабеля и относящаяся к ним информация являются предметом дальнейшего изучения.

СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

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