ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р МЭК 60793-2-10— 2018

ВОЛОКНА ОПТИЧЕСКИЕ

Часть 2-10

Технические требования к изделию. Групповые технические требования к многомодовым оптическим волокнам категории А1

(IEC 60793-2-10:2017, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2018

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Открытым акционерным обществом «Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт кабельной промышленности» (ОАО «ВНИИКП») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 46 «Кабельные изделия»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 4 октября 2018 г. № 707-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту МЭК 60793-2-10:2017 «Волокна оптические. Часть 2-10. Технические требования к изделию. Групповые технические требования к многомодовым оптическим волокнам категории А1» (IEC 60793-2-10:2017 «Optical fibres — Part 2-10. Product specifications — Sectional specification for category A1 multimode fibres», IDT).

Международный стандарт МЭК 60793-2-10:2017 разработан подкомитетом 86А «Волокна и кабели» Технического комитета ТК 86 «Волоконная оптика» Международной электротехнической комиссии (МЭК).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 Некоторые положения международного стандарта, указанного в пункте 4, могут являться объектами патентных прав. МЭК не несет ответственности за идентификацию подобных патентных прав

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, оформление, 2018

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 3
4 Обозначения и сокращения 3
5 Технические требования 3
5.1 Общие положения 3
5.2 Требования к геометрическим характеристикам 3
5.3 Требования к механическим характеристикам 5
5.4 Требования к передаточным характеристикам 5
5.5 Требования стойкости к воздействию внешних факторов 7
Приложение А (обязательное) Технические требования к многомодовым оптическим волокнам подкатегории А1а 10
Приложение В (обязательное) Технические требования к многомодовым оптическим волокнам подкатегории А1b 13
Приложение С (обязательное) Технические требования к многомодовым оптическим волокнам подкатегории А1d 15
Приложение D (обязательное) Требования к дифференциальной задержке мод DMD, расчетному эффективному коэффициенту широкополосности EMB_c и расчетному эффективному коэффициенту широкополосности при насыщающем возбуждении оптических волокон OMB_c 17
Приложение Е (справочное) Система, коэффициент широкополосности и особенности передачи 23
Приложение F (справочное) Разъяснение номенклатуры коэффициентов широкополосности 27
Приложение G (справочное) Предварительные указания по вопросам, нуждающимся в дальнейшем изучении 28
Приложение Н (справочное) Кабельные сети и категории волоконно-оптических кабелей, в которых используют оптические волокна категории А1 30
Приложение I (справочное) Кабельные сети Ethernet со скоростями передачи 1 Гбит/с , 10 Гбит/с, 25 Гбит/с, 40 Гбит/с и 100 Гбит/с 32
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам 38
Библиография 40

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ВОЛОКНА ОПТИЧЕСКИЕ

Часть 2-10

Технические требования к изделию. Групповые технические требования к многомодовым оптическим волокнам категории А1

Optical fibres. Part 2-10. Product specifications. Sectional specification for category A1 multimode fibres

Дата введения — 2019—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на многомодовые оптические волокна (далее — ОВ) подкатегорий A1a, A1b и A1d. Данные ОВ используют в составе оборудования для передачи информации и в волоконно-оптических кабелях.

ОВ подкатегории A1a — это градиентное ОВ с типоразмером 50/125 мкм. Конструктивные исполнения ОВ A1a.1, A1a.2, A1a.3 и A1a.4 установлены в соответствии с четырьмя градациями коэффициента широкополосности. Для каждой из этих градаций установлены два уровня требований к характеристикам ОВ по значению оптических потерь при макроизгибах, которые различаются суффиксами «a» или «b». Конструктивные исполнения с суффиксом «a» соответствуют традиционным значениям оптических потерь ОВ при макроизгибах. Конструктивные исполнения с суффиксом «b» соответствуют улучшенным значениям оптических потерь ОВ при макроизгибах (т. е. более низким потерям). Конструктивное исполнение ОВ A1a.4 поддерживает одноволновые или многоволновые системы передачи в области длин волн от 850 до 950 нм.

Подкатегория A1b относится к градиентному ОВ с типоразмером 62,5/125 мкм, а подкатегория A1d — к градиентному ОВ с типоразмером 100/140 мкм.

Данные ОВ могут быть использованы в следующих случаях, но не ограничены ими: в высокоскоростных линиях малой протяженности в телефонии, в распределительных сетях и местных сетях, по которым передаются данные, голосовые и/или видео/сообщения; в инсталляциях внутри и снаружи зданий, включая центры данных, локальные сети (LANs), сети хранения данных (SANs), офисные телефонные станции (PBXs), видеооборудование, в разнообразном мультиплексном оборудовании, в наружных участках кабелей связи и других подобных случаях.

К данным ОВ предъявляют следующие требования:

- общие требования в соответствии с МЭК 60793-2;
- особые требования, общие для многомодовых ОВ категории A1, приведенные в разделе 5;
- конкретные требования, применимые к отдельным подкатегориям и конструктивным исполнениям ОВ или специфическим областям их применения, которые приведены в обязательных приложениях, содержащих технические требования к семейству ОВ.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты. Для датированных ссылок применяют только указанное издание, для недатированных — последнее издание ссылочного стандарта, включая все изменения и поправки к нему:

Издание официальное

IEC 60793-1-20, Optical fibres — Part 1-20: Measurement methods and test procedures — Fibre geometry (Волокна оптические. Часть 1-20. Методы измерений и проведение испытаний. Геометрия волокна)

IEC 60793-1-21, Optical fibres — Part 1-21: Measurement methods and test procedures — Coating geometry (Волокна оптические. Часть 1-21. Методы измерений и проведение испытаний. Геометрия покрытия)

IEC 60793-1-22, Optical fibres — Part 1-22: Measurement methods and test procedures — Length measurement (Волокна оптические. Часть 1-22. Методы измерений и проведение испытаний. Измерение длины)

IEC 60793-1-30, Optical fibres — Part 1-30: Measurement methods and test procedures — Fibre proof test (Волокна оптические. Часть 1-30. Методы измерений и проведение испытаний. Определение прочности оптического волокна)

IEC 60793-1-31, Optical fibres — Part 1-31: Measurement methods and test procedures — Tensile strength (Волокна оптические. Часть 1-31. Методы измерений и проведение испытаний. Прочность при разрыве)

IEC 60793-1-32, Optical fibres — Part 1-32: Measurement methods and test procedures — Coating strippability (Волокна оптические. Часть 1-32. Методы измерений и проведение испытаний. Снятие защитного покрытия)

IEC 60793-1-33, Optical fibres — Part 1-33: Measurement methods and test procedures — Stress corrosion susceptibility (Волокна оптические. Часть 1-33. Методы измерений и проведение испытаний. Усталостная прочность)

IEC 60793-1-34, Optical fibres — Part 1-34: Measurement methods and test procedures — Fibre curl (Волокна оптические. Часть 1-34. Методы измерений и проведение испытаний. Определение собственного изгиба волокна)

IEC 60793-1-40, Optical fibres — Part 1-40: Measurement methods and test procedures — Attenuation (Волокна оптические. Часть 1-40. Методы измерений и проведение испытаний. Затухание)

IEC 60793-1-41, Optical fibres — Part 1-41. Measurement methods and test procedures — Bandwidth (Волокна оптические. Часть 1-41. Методы измерений и проведение испытаний. Ширина полосы пропускания)

IEC 60793-1-42, Optical fibres — Part 1-42: Measurement methods and test procedures — Chromatic dispersion (Волокна оптические. Часть 1-42. Методы измерений и проведение испытаний. Хроматическая дисперсия)

IEC 60793-1-43, Optical fibres — Part 1-43: Measurement methods and test procedures — Numerical aperture measurement (Волокна оптические. Часть 1-43. Методы измерений и проведение испытаний. Измерение числовой апертуры)

IEC 60793-1-46, Optical fibres — Part 1-46: Measurement methods and test procedures — Monitoring of changes in optical transmittance (Волокна оптические. Часть 1-46. Методы измерений и проведение испытаний. Контроль изменений затухания)

IEC 60793-1-47, Optical fibres — Part 1-47: Measurement methods and test procedures — Macrobending loss (Волокна оптические. Часть 1-47. Методы измерений и проведение испытаний. Потери при макроизгибах)

IEC 60793-1-49, Optical fibres — Part 1-49: Measurement methods and test procedures — Differential mode delay (Волокна оптические. Часть 1-49. Методы измерений и проведение испытаний. Дифференциальная задержка мод)

IEC 60793-1-50, Optical fibres — Part 1-50: Measurement methods and test procedures — Damp heat (steady state) tests [Волокна оптические. Часть 1-50. Методы измерений и проведение испытаний. Испытания влажным теплом (установившийся режим)]

IEC 60793-1-51, Optical fibres — Part 1-51: Measurement methods and test procedures — Dry heat (steady state) tests [Волокна оптические. Часть 1-51. Методы измерений и проведение испытаний. Испытания сухим теплом (установившийся режим)]

IEC 60793-1-52, Optical fibres — Part 1-52: Measurement methods and test procedures — Change of temperature tests (Волокна оптические. Часть 1-52. Методы измерений и проведение испытаний. Испытания на воздействие смены температуры)

IEC 60793-1-53, Optical fibres — Part 1-53: Measurement methods and test procedures — Water immersion tests (Волокна оптические. Часть 1-53: Методы измерений и проведение испытаний. Стойкость к воздействию воды)

IEC 60793-2: 2015, Optical fibres — Part 2: Product specifications — General (Волокна оптические. Часть 2. Технические требования к изделию. Общие положения)

IEC 61280-4-1:2009, Fibre-optic communication subsystem test — Part 4-1: Installed cable plant — Multimode attenuation measurement (Метод испытаний подсистем волоконно-оптической линии передач. Часть 4-1. Смонтированный кабельный участок. Измерение затухания многомодового оптического волокна)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте не указаны термины и определения, а используются терминологические базы данных, которыми занимаются Международная организация по стандартизации (ИСО) и Международная электротехническая комиссия (МЭК).

4 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения и сокращения:

CPR — коэффициент удвоенной мощности (coupled power ratio);

DMD — дифференциальная задержка мод (differential mode delay);

EF — радиальное распределение мощности (encircled flux);

EMB — эффективный коэффициент широкополосности (effective modal bandwidth);

EMBc — расчетный эффективный коэффициент широкополосности (calculated effective modal bandwidth);

LAN — локальная сеть (local area network);

MMF — многомодовое ОВ (multimode fibre);

NA — числовая апертура (numerical aperture);

OFL — насыщающее возбуждение ОВ (overfilled launch);

OMBc — значение коэффициента широкополосности при насыщающем возбуждении ОВ, рассчитанное из дифференциальной задержки мод (известно также как OFLc) (overfilled launch modal bandwidth calculated from differential mode delay);

PBX — офисная телефонная станция (private branch exchange);

PMD — зависимый от физической среды (physical medium dependent);

ROFL — радиальное насыщающее возбуждение (radial overfilled launch);

SAN — сеть хранения данных (storage area network).

5 Технические требования

5.1 Общие положения

ОВ состоит из сердцевины с градиентным профилем показателя преломления и оболочки, выполненных из кварцевого стекла в соответствии с МЭК 60793-2:2015 (подраздел 5.1).

Термин «стекло», как правило, используют для материалов, состоящих из неметаллических оксидов.

5.2 Требования к геометрическим характеристикам

Геометрические характеристики и методы измерений приведены в таблице 1.

Общие требования для всех ОВ категории А1 приведены в таблице 2.

В таблице 3 приведены дополнительные характеристики, которые будут установлены в технических требованиях к каждой подкатегории ОВ.

Таблица 1 — Геометрические характеристики и методы измерения

Характеристика	Метод измерения
Диаметр оболочки	МЭК 60793-1-20
Диаметр сердцевины[a, b]	МЭК 60793-1-20
Некруглость оболочки	МЭК 60793-1-20
Некруглость сердцевины	МЭК 60793-1-20
Неконцентричность «сердцевина—оболочка»	МЭК 60793-1-20
Диаметр первичного покрытия	МЭК 60793-1-21
Некруглость первичного покрытия	МЭК 60793-1-21
Неконцентричность «первичное покрытие—оболочка»	МЭК 60793-1-21
Длина ОВ	МЭК 60793-1-22

[a] Для ОВ категории А1, за исключением ОВ подкатегорий A1a.1b/2b/3b/4b, диаметр сердцевины измеряют на длине волны (850 ± 10) нм при длине испытуемого образца (2,0 ± 0,2) м и пороговом значении κ_{CORE}, равном 0,025.

[b] Для ОВ A1a.1b/2b/3b/4b диаметр сердцевины установлен на длине волны (850 ± 10) нм при длине испытуемого образца 100 м ± 5 % и пороговом значении κ_{CORE}, равном 0,025.

Таблица 2 — Общие требования к размерам для ОВ категории А1

Характеристика	Единица измерения	Предельные значения
Некруглость сердцевины	%	≤ 6
Диаметр первичного покрытия неокрашенного[a]	мкм	245 ± 10
Диаметр первичного покрытия окрашенного[a]	мкм	250 ± 15
Неконцентричность «первичное покрытие—оболочка»	мкм	≤ 12,5
Длина ОВ	км	[b]

[a] ОВ с указанными выше предельными значениями диаметра первичного покрытия наиболее широко применяют в телекоммуникационных кабелях. Существуют другие области применения, в которых используют другие значения диаметра первичного покрытия, некоторые из них перечислены ниже.

Альтернативные номинальные значения диаметра первичного покрытия и его предельные отклонения, мкм:

- (400 ± 40);
- (500 ± 50);
- (700 ± 100);
- (900 ± 100).

[b] Требования к длине различаются и должны быть согласованы между изготовителем и заказчиком (потребителем).

Таблица 3 — Дополнительные геометрические характеристики на подкатегорию ОВ, указанные в технических требованиях

Характеристика
Диаметр оболочки
Некруглость оболочки
Диаметр сердцевины
Неконцентричность «сердцевина—оболочка»

5.3 Требования к механическим характеристикам

Механические характеристики и методы измерений (испытаний) приведены в таблице 4. Общие требования для всех ОВ категории А1 приведены в таблице 5.

Таблица 4 — Механические характеристики и методы измерений (испытаний)

Характеристика	Метод измерений (испытаний)
Проверка прочности ОВ	МЭК 60793-1-30
Прочность при разрыве	МЭК 60793-1-31
Снятие защитного покрытия	МЭК 60793-1-32
Усталостная прочность	МЭК 60793-1-33
Определение собственного изгиба ОВ	МЭК 60793-1-34

Таблица 5 — Общие требования к механическим характеристикам ОВ категории А1

Характеристика	Единица измерения	Предельные значения
Прочность при перемотке	ГПа	≥ 0,69[a]
Усилие снятия покрытия (среднее значение)[b]	Н	$1,0 \le F_{avg} \le 5,0$
Усилие снятия покрытия (пиковое значение)[b]	Н	$1,0 \le F_{peak} \le 8,9$
Прочность при разрыве (медианное значение) для образца длиной 0,5 м	ГПа	≥ 3,8
Значение усталостной прочности n_d	—	≥ 18

[a] Для ОВ подкатегорий A1a и A1b значение прочности при перемотке 0,69 ГПа эквивалентно растяжению в 1 % или усилию 8,8 Н. Соотношение между этими разными единицами измерения приведено в МЭК ТО 62048 (подраздел 7.4).

[b] По согласованию между изготовителем и заказчиком (потребителем) указывают среднее или пиковое значение усилия снятия покрытия, определенное при проведении испытания.

5.4 Требования к передаточным характеристикам

Передаточные характеристики и методы измерений приведены в таблице 6.

В таблице 7 приведены дополнительные характеристики, которые должны быть установлены в технических требованиях к каждой подкатегории ОВ.

Таблица 6 — Передаточные характеристики и методы измерений

Характеристика	Метод измерений
Коэффициент затухания	МЭК 60793-1-40
Коэффициент широкополосности[a, b]	МЭК 60793-1-41
Числовая апертура[c, d]	МЭК 60793-1-43
Хроматическая дисперсия	МЭК 60793-1-42
Изменение затухания	МЭК 60793-1-46
Потери при макроизгибах	МЭК 60793-1-47
Дифференциальная задержка мод[e]	МЭК 60793-1-49

Окончание таблицы 6

[a] При измерении коэффициента широкополосности могут использоваться OFL или OMBc. OMBc является эталонным методом испытания для ОВ A1a.1/2/3 на длине волны 850 нм и требуемым методом для ОВ A1a.4 на длине волны 850 нм и 953 нм.

[b] Коэффициент широкополосности на длине волны 850 нм определяется при длине испытуемого образца 1000 м ± 5 % для ОВ A1a.2/3/4. Для ОВ A1a.2 коэффициент широкополосности на длине волны 850 нм измеряют на длине волны (850 ± 10) нм; для ОВ A1a.3 и A1a.4 коэффициент широкополосности на длине волны 850 нм — на длине волны (850 ± 2) нм. Для ОВ A1a.4 коэффициент широкополосности также измеряют на длине волны (953 ± 6) нм.

[c] Значение числовой апертуры устанавливают на длине волны (850 ± 10) нм при длине испытуемого образца (2 ± 0,2) м и пороговом значении k_{NA}, равном 0,05 для ОВ A1, за исключением ОВ A1a.1b/2b/3b/4b.

[d] Значение числовой апертуры устанавливают на длине волны (850 ± 10) нм при длине испытуемого образца 100 м ± 5% и пороговом значении k_{NA}, равном 0,05 для ОВ A1a.1b/2b/3b/4b.

[e] Значение дифференциальной задержки мод (DMD) устанавливают на длине волны (850 ± 10) нм при длине испытуемого образца 1000 м ± 5 % для ОВ A1a.2/3/4. Для ОВ A1a.3 и A1a.4 DMD измеряют на длине волны (850 ± 2) нм. Для ОВ A1a.4 DMD также измеряют на длине волны (953 ± 6) нм.

Соответствие хроматической дисперсии техническим требованиям может быть подтверждено соответствием технических требований к числовой апертуре для ОВ категории A1.

Таблица 7 — Дополнительные нормируемые передаточные характеристики к подкатегории ОВ

Характеристика
Коэффициент затухания
Коэффициент широкополосности
Хроматическая дисперсия
Числовая апертура
Потери при макроизгибах

Для коэффициента затухания и коэффициента широкополосности в технических требованиях к подкатегории ОВ могут быть указаны диапазоны точных значений вместо фиксированных предельных значений. В этом случае действительные значения максимального коэффициента затухания и минимального коэффициента широкополосности на длинах волн 850 и 1300 нм (или на одной из этих длин волн) устанавливают по согласованию между изготовителем и заказчиком (потребителем). Для коммерческих целей коэффициент широкополосности линейно нормируют для длины 1 км.

В приложении Н (таблица Н.1) приведено несколько примеров кабельных сетей, установленных международными стандартами, в которых используют ОВ категории A1, а в таблице Н.2 указаны перекрестные ссылки между категориями ОВ, используемые в кабельных сетях в соответствии с ИСО/МЭК 11801-1, и ОВ подкатегорий A1a и A1b в соответствии с настоящим стандартом.

Указанные максимальные значения затухания применимы к ОВ, не входящим в состав кабеля; для максимальных значений затухания ОВ в составе кабеля сделана ссылка на МЭК 60794-1-1, который можно применять вместе с настоящим стандартом.

Замечания в части технических требований к коэффициенту широкополосности включают следующее:

- необходимо быть внимательным при формировании технических требований для коэффициента широкополосности для двух значений длины волны;
- для ОВ категории A1 коэффициент широкополосности на длине волны 850 нм может быть сопоставлен с коэффициентом широкополосности на длине волны 1300 нм, например, как показано на рисунке 1, в зависимости от характеристики профиля показателя преломления *g* по МЭК 60793-2:2015 (подраздел 5.1) (аналогичные рисунки приведены в [26], с. 50 и [27], с. 255). Затененная область под кривой на рисунке 1 может быть определена как двойная область окна. В этой области зоны *X*, *Y* и *Z* являются примерами того, каким образом изготовитель может делать выбор в целях оптимизации процесса. В данном примере производственный контроль осуществляют на длинах волн 850, 1300 нм или между этими двумя значениями.

Вследствие этой оптимизации производственного процесса возникнут комбинации коэффициента широкополосности, которые невозможны (т. к. находятся за пределами затененной области).

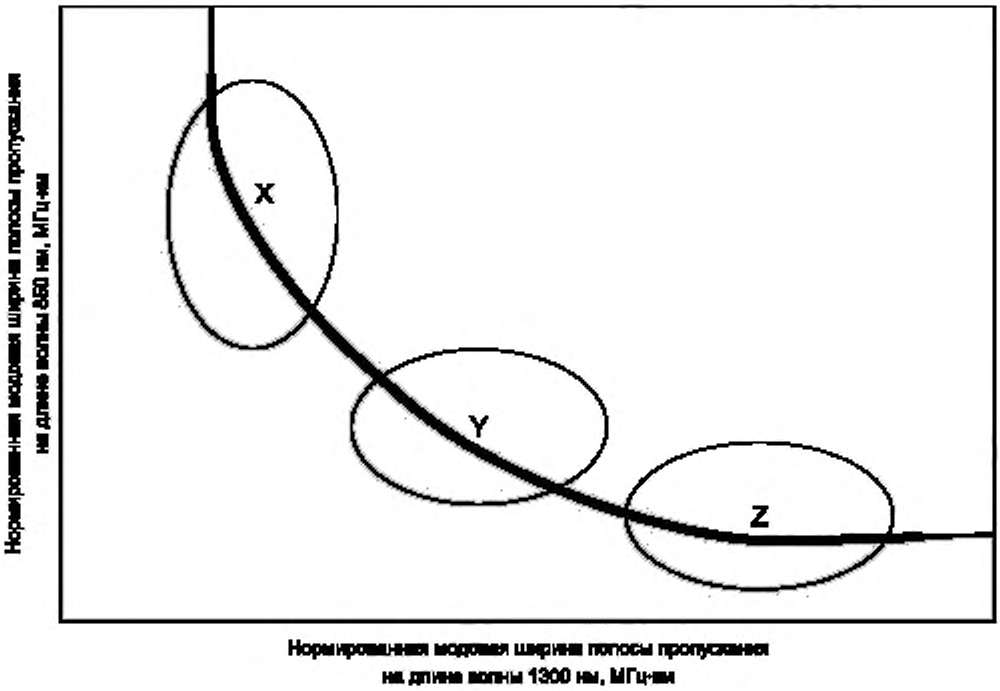

Рисунок 1 — Соотношение между значениями модовой ширины полосы пропускания на длинах волн 850 и 1300 нм

5.5 Требования стойкости к воздействию внешних факторов

5.5.1 Общие положения

Испытания на стойкость к воздействию внешних факторов и методы измерений характеризуются следующим:

- соответствующие характеристики воздействия внешних факторов и порядок проведения испытаний приведены в таблице 8;
- измерения значений конкретных механической или передаточной характеристик, которые могут меняться при воздействии внешних факторов, приведены в таблице 9.

Таблица 8 — Внешний фактор и методы испытаний

Внешний фактор, воздействующий на оптическое волокно	Метод испытания
Влажное тепло	МЭК 60793-1-50
Сухое тепло	МЭК 60793-1-51
Смена температур	МЭК 60793-1-52
Погружение в воду	МЭК 60793-1-53

Таблица 9 — Характеристики, измеряемые при испытаниях на воздействие внешних факторов и методы измерений

Характеристика	Метод измерения
Изменение затухания	МЭК 60793-1-46
Затухание	МЭК 60793-1-40
Усилие снятия покрытия	МЭК 60793-1-32
Прочность при разрыве	МЭК 60793-1-31
Усталостная прочность	МЭК 60793-1-33

Данные испытания, как правило, проводят периодически в объеме типовых испытаний для конструкции ОВ и покрытия. При отсутствии указаний период восстановления, допускаемый между прекращением воздействия внешнего фактора и началом проведения измерения характеристики ОВ, должен соответствовать указанному в конкретном методе испытания на воздействие внешнего фактора.

5.5.2 Требования к механическим характеристикам с учетом воздействия внешних факторов (общие для всех ОВ категории А1)

5.5.2.1 Общие положения

На практике данные требования являются более жесткими по сравнению с требованиями стойкости при воздействии внешних факторов среды, приведенными в таблице 8.

В таблицах 10—12 приведены соответственно значения усилия снятия покрытия, прочности при разрыве и усталостной прочности.

5.5.2.2 Усилие снятия покрытия

Значения характеристик проверяют после прекращения воздействия на ОВ конкретного внешнего фактора.

Таблица 10 — Усилие снятия покрытия при испытании на воздействие внешнего фактора

Внешний фактор	Среднее значение усилия снятия покрытия, Н	Пиковое значение усилия снятия покрытия, Н
Влажное тепло	$1,0 \le F_{avg} \le 5,0$	$1,0 \le F_{peak} \le 8,9$
Погружение в воду	$1,0 \le F_{avg} \le 5,0$	$1,0 \le F_{peak} \le 8,9$

5.5.2.3 Прочность при разрыве

Значение характеристики проверяют после прекращения воздействия на ОВ конкретного внешнего фактора.

Таблица 11 — Прочность при разрыве при испытании на воздействие внешнего фактора

Внешний фактор	Медианное значение прочности при разрыве (длина образца 0,5 м), ГПа	15-й процентиль значения прочности при разрыве (длина образца 0,5 м), ГПа
Влажное тепло	≥ 3,03	≥ 2,76
Примечание — Это требование не предъявляют к ОВ с герметичным покрытием.		

5.5.2.4 Усталостная прочность

Значение характеристики проверяют после прекращения воздействия на ОВ конкретного внешнего фактора.

Таблица 12 — Усталостная прочность при испытании на воздействие внешнего фактора

Внешний фактор	Значение усталостной прочности n_d
Влажное тепло	≥ 18
Примечание — Это требование не предъявляют к ОВ с герметичным покрытием.	

5.5.3 Требования к передаточным характеристикам с учетом воздействия внешних факторов

Изменение затухания, начиная от начального значения, должно быть менее значений, приведенных в таблице 13. Затухание измеряют периодически в течение всего времени воздействия и после прекращения воздействия каждого внешнего фактора.

Таблица 13 — Изменение затухания при испытании на воздействие внешних факторов

Внешний фактор	Длина волны, нм	Приращение коэффициента затухания, дБ/км
Влажное тепло	850	≤ 0,20
	1300	≤ 0,20
Сухое тепло	850	≤ 0,20
	1300	≤ 0,20
Смена температур	850	≤ 0,20
	1300	≤ 0,20
Погружение в воду	850	≤ 0,20
	1300	≤ 0,20

Приложение А
(обязательное)

Технические требования к многомодовым оптическим волокнам подкатегории А1а

А.1 Общие положения

Настоящее приложение содержит требования, применимые только к ОВ подкатегории А1а. В столбце «Ссылка» указан номер подраздела основного текста настоящего стандарта, в котором приведены общие требования для конкретной характеристики. В столбце «Ссылка» также указаны другие приложения, в которых приведена соответствующая информация по конкретной характеристике. Соответствующие сноски основного текста настоящего стандарта не повторяются, а отмечены верхним индексом «ss».

ОВ подкатегории А1а — это градиентное ОВ с соотношением диаметров «сердцевина/оболочка», равным 50/125 мкм. Четыре градации коэффициента широкополосности определены как конструктивные исполнения А1а.1, А1а.2, А1а.3 и А1а.4. Для всех этих градаций определены детальные требования с использованием метрик насыщаемой полосы пропускания, в то время как для конструктивных исполнений А1а.2, А1а.3 и А1а.4 также применены метрики дифференциальной задержки мод для определения характеристик при возбуждении ОВ оптимизированным лазером с длиной волны около 850 нм.

Кроме того, для конструктивного исполнения А1а.4 определены метрики для насыщаемой модовой ширины полосы пропускания и дифференциальной задержки мод на длине волны 953 нм для определения характеристик при возбуждении ОВ оптимизированным лазером с длиной волны в области от 850 до 950 нм. А1а.2 соответствует техническим требованиям А1а.1, А1а.3 — техническим требованиям А1а.2, А1а.4 — техническим требованиям А1а.3.

Для ОВ А1а.1, А1а.2, А1а.3 и А1а.4 определены требования для двух уровней характеристик при наличии потерь при макроизгибах, которые различаются суффиксами «а» или «b». Градации с суффиксом «а» (т. е. А1а.1а, А1а.2а, А1а.3а, А1а.4а) соответствуют традиционным уровням характеристик ОВ при наличии потерь при макроизгибах. Градации с суффиксом «b» (т. е. А1а.1b, А1а.2b, А1а.3b и А1а.4b) соответствуют уровням с улучшенными характеристиками ОВ при наличии потерь при макроизгибах (т. е. более низкие потери).

Номенклатура для ОВ подкатегории А1а устанавливает кодовую иерархию, допускающую обозначение ОВ с повышенной степенью определенности. Например, заказ на ОВ А1а может быть выполнен при применении любого из конструктивных исполнений, указанных в приложении А, в то время как заказ на ОВ А1а.2 — при применении конструктивного исполнения А1а.2а и А1а.2b. В результате в тех случаях, когда технические требования и описания применимы ко всем конструктивным исполнениям на нижних иерархических уровнях, указывают только общее основание.

Требования к размерам, механическим характеристикам и стойкости к воздействию внешних факторов являются общими для всех ОВ подкатегории А1а и приведены в таблицах А.1, А.2. Общие и различающиеся требования к передаточным характеристикам представлены в таблице А.3.

А.2 Требования к геометрическим характеристикам

В таблице А.1 приведены требования к геометрическим характеристикам ОВ подкатегории А1а.

Таблица А.1 — Требования к геометрическим характеристикам ОВ подкатегории А1а

Характеристика	Единица измерения	Предельные значения	Ссылка
Диаметр оболочки	мкм	125 ± 1	—
Некруглость оболочки	%	≤ 2	—
Диаметр сердцевины	мкм	50 ± 2,5	—
Неконцентричность «сердцевина—оболочка»	мкм	≤ 2	—
Некруглость сердцевины	%	≤ 6	5.2
Диаметр первичного покрытия неокрашенного[ss]	мкм	245 ± 10	5.2
Диаметр первичного покрытия окрашенного[ss]	мкм	250 ± 15	5.2
Неконцентричность «первичное покрытие—оболочка»	мкм	≤ 12,5	5.2
Длина	км	См. 5.2	5.2
[ss] Сноски указаны в основном тексте настоящего стандарта.			

А.3 Требования к механическим характеристикам

В таблице А.2 приведены требования к механическим характеристикам ОВ подкатегории А1а.

Таблица А.2 — Требования к механическим характеристикам ОВ подкатегории А1а

Характеристика	Единица измерения	Предельные значения	Ссылка
Прочность при перемотке[ss]	ГПа	≥ 0,69	5.3
Усилие снятия покрытия (среднее значение)[ss]	Н	$1,0 \le F_{avg} \le 5,0$	5.3
Усилие снятия покрытия (предельное значение)[ss]	Н	$1,0 \le F_{peak} \le 8,9$	5.3
[ss] Сноски указаны в основном тексте настоящего стандарта.			

А.4 Требования к передаточным характеристикам

В таблице А.3 приведены требования к передаточным характеристикам ОВ подкатегории А1а.

А.5 Требования стойкости к воздействию внешних факторов

Требования должны соответствовать 5.5.

Таблица А.3 — Требования к передаточным характеристикам ОВ подкатегории А1а

Характеристика	Единица измерения	Предельные значения				Ссылка
Конструктивное исполнение ОВ		А1а.1	А1а.2	А1а.3	А1а.4	
Заданное рабочее значение (значения) длины волны[a]	нм	850			850—950	Приложение Е
Максимальный коэффициент затухания на длине волны 850 нм	дБ/км	2,5				—
Максимальный коэффициент затухания на длине волны 953 нм	дБ/км	Не установлено			1,8	—
Максимальный коэффициент затухания на длине волны 1300 нм	дБ/км	0,8				—
Минимальное значение коэффициента широкополосности при насыщающем возбуждении на длине волны 850 нм[ss]	МГц·км	500	1500	3500	3500, в соответствии с D.5	—
Минимальное значение коэффициента широкополосности при насыщающем возбуждении на длине волны 953 нм[ss]	МГц·км	Не установлено			1850, в соответствии с D.5	—
Минимальное значение коэффициента широкополосности при насыщающем возбуждении на длине волны 1300 нм	МГц·км	500				—
Минимальное значение эффективного коэффициента широкополосности на длине волны 850 нм[ss]	МГц·км	Не установлено	2000 в соответствии с D.1 или D.2	4700 в соответствии с D.3 или D.4	4700 в соответствии с D.5	Приложения D, E, F, G
Минимальное значение эффективного коэффициента широкополосности на длине волны 953 нм[ss]	МГц·км	Не установлено			2470 в соответствии с D.5	Приложения D, E, F, G
Числовая апертура[ss]	Безразмерная	0,200 ± 0,015				—

Окончание таблицы А.3

<table>
<tr><th colspan="3">Характеристика</th><th>Единица измерения</th><th colspan="4">Предельные значения</th><th>Ссылка</th></tr>
<tr><td colspan="3">Конструктивное исполнение ОВ</td><td></td><td>A1a.1</td><td>A1a.2</td><td>A1a.3</td><td>A1a.4</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="9">Максимальные потери при макроизгибах[b]</td><td rowspan="2">Радиус оправки</td><td rowspan="2">Число витков</td><td rowspan="9">дБ</td><td>A1a.1</td><td>A1a.2</td><td>A1a.3</td><td>A1a.4</td><td rowspan="9">—</td></tr>
<tr><td colspan="4">Максимальные при 850/1300 нм</td></tr>
<tr><td>37,5 мм</td><td>100</td><td colspan="4">0,5/0,5</td></tr>
<tr><td>15 мм</td><td>2</td><td colspan="4">1,0/1,0</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Радиус оправки</td><td rowspan="2">Число витков</td><td>A1a.1</td><td>A1a.2</td><td>A1a.3</td><td>A1a.4</td></tr>
<tr><td colspan="4">Максимальные при 850/1300 нм</td></tr>
<tr><td>37,5 мм</td><td>100</td><td colspan="4">0,5/0,5</td></tr>
<tr><td>15 мм</td><td>2</td><td colspan="4">0,1/0,3</td></tr>
<tr><td>7,5 мм</td><td>2</td><td colspan="4">0,2/0,5</td></tr>
<tr><td colspan="3">Длина волны нулевой дисперсии λ_0</td><td>нм</td><td colspan="3">$1295 \le \lambda_0 \le 1340$ [c]</td><td>$1297 \le \lambda_0 \le 1328$ [d]</td><td>—</td></tr>
<tr><td colspan="3">Наклон дисперсионной характеристики в точке нулевой дисперсии S_0</td><td>пс/нм^2·км</td><td colspan="3">$S_0 \le 0,105$
от $1295 \le \lambda_0 \le 1310$ нм
$S_0 \le 0,000375\ (1590 - \lambda_0)$
от $1310 \le \lambda_0 \le 1340$нм [c]</td><td>$S_0 \le 4(-103)/[840\ (1 - \lambda_0/840)^4)]$[d]</td><td>—</td></tr>
</table>

[a] Указание заданного рабочего(их) значения(ий) длины волны является справочной информацией.

[b] Условия возбуждения для измерения потерь при макроизгибах должны соответствовать условиям, указанным в МЭК 61280-4-1.

[c] Наихудшим случаем коэффициента хроматической дисперсии на длине волны 850 нм (например, S_0 = 0,09375 пс/нм^2·км на длине волны λ_0 = 1340 нм или S_0 = 0,10125 пс/нм^2·км на длине волны λ_0 = 1320 нм) является значение – 104 пс/нм·км.

[d] Наихудший случай дисперсии для диапазона рабочих длин волн от 840 до 1000 нм наблюдается на длине волны λ_0 = 1328 нм, S_0 = 0,093477 пс/нм^2·км. Коэффициент хроматической дисперсии для наихудшего случая на длине волны 850 нм равен – 98,5 пс/нм·км.

[ss] Сноски указаны в основном тексте настоящего стандарта.

Приложение В
(обязательное)

Технические требования к многомодовым оптическим волокнам подкатегории A1b

В.1 Общие положения

Настоящее приложение содержит требования, применимые только к ОВ подкатегории A1b. В столбце «Ссылка» указан номер подраздела основного текста настоящего стандарта, в котором приведены общие требования для конкретной характеристики. Соответствующие сноски из основного текста настоящего стандарта не повторяются, а отмечены верхним индексом «[SS]».

ОВ подкатегории A1b — это градиентное ОВ с соотношением диаметров «сердцевина/оболочка», равным 62,5/125 мкм.

В.2 Требования к геометрическим характеристикам

В таблице В.1 приведены требования к геометрическим характеристикам ОВ подкатегории A1b.

Таблица В.1 — Требования к геометрическим характеристикам ОВ подкатегории A1b

Характеристика	Единица измерения	Предельные значения	Ссылка
Диаметр оболочки	мкм	125 ± 2	—
Некруглость оболочки	%	≤ 2	—
Диаметр сердцевины	мкм	62,5 ± 3	—
Неконцентричность «сердцевина—оболочка»	мкм	≤ 3	—
Некруглость сердцевины	%	≤ 6	5.2
Диаметр первичного покрытия неокрашенного[SS]	мкм	245 ± 10	5.2
Диаметр первичного покрытия окрашенного[SS]	мкм	250 ± 15	5.2
Неконцентричность «первичное покрытие—оболочка»	мкм	≤ 12,5	5.2
Длина[SS]	км	См. 5.2	5.2
[SS] Сноски указаны в основном тексте настоящего стандарта.			

В.3 Требования к механическим характеристикам

В таблице В.2 приведены требования к механическим характеристикам ОВ подкатегории A1b.

Таблица В.2 — Требования к механическим характеристикам ОВ подкатегории A1b

Характеристика	Единица измерения	Предельные значения	Ссылка
Прочность при перемотке[SS]	ГПа	≥ 0,69 [SS]	4.2
Усилие снятия покрытия (среднее значение)[SS]	Н	$1,0 \le F_{avg} \le 5,0$	4.2
Усилие снятия покрытия (предельное значение)[SS]	Н	$1,0 \le F_{peak} \le 8,9$	4.2
[SS] Сноски указаны в основном тексте настоящего стандарта.			

B.4 Требования к передаточным характеристикам

В таблице B.3 приведены требования к передаточным характеристикам ОВ подкатегории A1b.

Таблица B.3 — Требования к передаточным характеристикам ОВ подкатегории A1b

Характеристика	Единица измерения	Предельные значения	Ссылка
Максимальный коэффициент затухания на длине волны 850 нм	дБ/км	3,0	—
Максимальный коэффициент затухания на длине волны 1300 нм	дБ/км	1,0	—
Минимальное значение коэффициента широкополосности на длине волны 850 нм	МГц·км	200	—
Минимальное значение коэффициента широкополосности на длине волны 1300 нм	МГц·км	500	—
Числовая апертура[ss]	Безразмерная	0,275 ± 0,015	—
Максимальные потери при макроизгибах, 100 витков на оправке диаметром 75 мм, на длинах волн 850 и 1300 нм[a]	дБ	0,5	—
Длина волны нулевой дисперсии λ_0	нм	$1320 \le \lambda_0 \le 1365$[b]	—
Наклон дисперсионной характеристики в точке нулевой дисперсии S_0: - от $1320 \le \lambda_0 \le 1348$ нм - $1348 \le \lambda_0 \le 1365$ нм	пс/нм^2·км	 $\le 0,11$[b] $\le 0,001\ (1458 - \lambda_0)$[b]	—

[a] Условия возбуждения при измерении потерь при макроизгибах должны соответствовать условиям, указанным в МЭК 61280-4-1.

[b] Наихудшим случаем коэффициента хроматической дисперсии на длине волны 850 нм (например, $S_0 = 0,011$ пс/нм^2·км при $\lambda_0 = 1348$ нм) является значение – 125 пс/нм·км.

[ss] Сноски указаны в основном тексте настоящего стандарта.

B.5 Требования стойкости к воздействию внешних факторов

Требования должны соответствовать 5.5.

Приложение С
(обязательное)

Технические требования к многомодовым оптическим волокнам подкатегории A1d

С.1 Общие положения

Настоящее приложение содержит требования, применимые только к ОВ подкатегории A1d. В столбце «Ссылка» указан номер подраздела основного текста настоящего стандарта, в котором приведены общие требования для конкретной характеристики. Соответствующие сноски из основного текста настоящего стандарта не повторяются, а отмечены верхним индексом «ss».

ОВ подкатегории A1d — это градиентное ОВ с соотношением диаметров «сердцевина/оболочка», равным 100/140 мкм.

С.2 Требования к геометрическим характеристикам

В таблице С.1 приведены требования к геометрическим характеристикам ОВ подкатегории A1d.

Таблица С.1 — Требования к геометрическим характеристикам ОВ подкатегории A1d

Характеристика	Единица измерения	Предельные значения	Ссылка
Диаметр оболочки	мкм	140 ± 4	—
Некруглость оболочки	%	≤ 4	—
Диаметр сердцевины[ss]	мкм	100 ± 5	—
Неконцентричность «сердцевина—оболочка»	мкм	≤ 6	—
Некруглость сердцевины	%	≤ 6	5.2
Диаметр первичного покрытия неокрашенного[ss]	мкм	245 ± 10	5.2
Диаметр первичного покрытия окрашенного[ss]	мкм	250 ± 15	5.2
Неконцентричность «первичное покрытие—оболочка»	мкм	≤ 12,5	5.2
Длина[ss]	км	См. 5.2	5.2
[ss] Сноски приведены в основном тексте настоящего стандарта.			

С.3 Требования к механическим характеристикам

В таблице С.2 приведены требования к механическим характеристикам ОВ подкатегории A1d.

Таблица С.2 — Требования к механическим характеристикам ОВ подкатегории A1d

Характеристика	Единица измерения	Предельные значения	Ссылка
Прочность при перемотке[ss]	ГПа	≥ 0,69[ss]	4.2
Усилие снятия покрытия (среднее значение)[ss]	Н	$1,0 \le F_{avg} \le 5,0$	4.2
Усилие снятия покрытия (пиковое значение)[ss]	Н	$1,0 \le F_{peak} \le 8,9$	4.2
[ss] Сноски приведены в основном тексте настоящего стандарта.			

С.4 Требования к передаточным характеристикам

В таблице С.3 приведены требования к передаточным характеристикам ОВ подкатегории A1d.

Таблица С.3 — Требования к передаточным характеристикам ОВ подкатегории A1d

Характеристика	Единица измерения	Предельные значения	Ссылка
Максимальный коэффициент затухания на длине волны 850 нм[a]	дБ/км	3,5—7,0	—
Максимальный коэффициент затухания на длине волны 1300 нм[a]	дБ/км	1,5—4,5	—
Минимальное значение коэффициента широкополосности на длине волны 850 нм[a]	МГц·км	10—200	—
Минимальное значение коэффициента широкополосности на длине волны 1300 нм[a]	МГц·км	100—300	—
Числовая апертура[ss]	Безразмерная	0,26 ± 0,03 или 0,29 ± 0,03	—
Максимальные потери при макроизгибах	дБ	Требуют дальнейшего изучения	—
Длина волны нулевой дисперсии λ_0	нм	$1330 \le \lambda_0 \le 1385$[b]	—
Наклон дисперсионной характеристики в точке нулевой дисперсии S_0: - $1330 \le \lambda_0 \le 1365$ нм - $1365 \le \lambda_0 \le 1385$ нм	пс/нм^2·км	 $\le 0{,}105$[b] $\le 0{,}0005\ (1575 - \lambda_0)$[b]	—

[a] В столбце «Предельные значения» указан диапазон значений, который может быть указан в качестве технических требований.

[b] Наихудшим случаем коэффициента хроматической дисперсии на длине волны 850 нм (например, S_0 = 0,105 пс/нм^2·км на длине волны λ_0 = 1365 нм) является значение – 126 пс/нм·км.

[ss] Сноски приведены в основном тексте настоящего стандарта.

С.5 Требования стойкости к воздействию внешних факторов

Требования должны соответствовать 5.5.

Приложение D
(обязательное)

Требования к дифференциальной задержке мод DMD, расчетному эффективному коэффициенту широкополосности EMB_c и расчетному эффективному коэффициенту широкополосности при насыщающем возбуждении оптических волокон OMB_c

D.1 Требования к DMD для ОВ A1a.2

D.1.1 Общие положения

ОВ конструктивного исполнения A1a.2, выбранные с использованием метода измерения модовой ширины полосы пропускания многомодового ОВ на основании дифференциальной задержки мод DMD, измеренной с помощью установки маски, пропускающей возбуждаемое источником оптического излучения световое пятно (метод DMD-маски), должны соответствовать требованиям D.1.2 и D.1.3. Предельные значения радиальной координаты R_{INNER} и R_{OUTER} установлены для источников излучения, соответствующих требованиям раздела E.4.

Информация, относящаяся к эффективному коэффициенту широкополосности (EMB), приведена в приложении E.

D.1.2 DMD-шаблоны

ОВ A1a.2 должны соответствовать по меньшей мере одному из шести шаблонов, приведенных в таблице D.1, каждый из которых включает требования к внутренней и внешней маске, при измерении по МЭК 60793-1-49.

Таблица D.1 — DMD-шаблоны для ОВ A1a.2

Номер шаблона	Внутренняя DMD-маска (пс/м) для интервала изменения радиальной координаты от R_{INNER} = 5 мкм до R_{OUTER} = 18 мкм	Внешняя DMD-маска (пс/м) для интервала изменения радиальной координаты от R_{INNER} = 0 мкм до R_{OUTER} = 23 мкм
1	≤ 0,23	≤ 0,70
2	≤ 0,24	≤ 0,60
3	≤ 0,25	≤ 0,50
4	≤ 0,26	≤ 0,40
5	≤ 0,27	≤ 0,35
6	≤ 0,33	≤ 0,33

Требования к DMD в D.1.2 приведены на рисунке D.1. На этом рисунке допустимое значение DMD, измеренное по МЭК 60793-1-49, нанесено на график в зависимости от положения радиального сдвига одномодового зондирующего светового пятна.

Существует компромисс между степенью сжатия светового пятна во внутренней и внешней масках для получения достаточного количества энергии сигнала от источников излучения (с учетом технических характеристик ввода оптического излучения) в течение требуемого промежутка времени (определяемого скоростью передачи передающей системы).

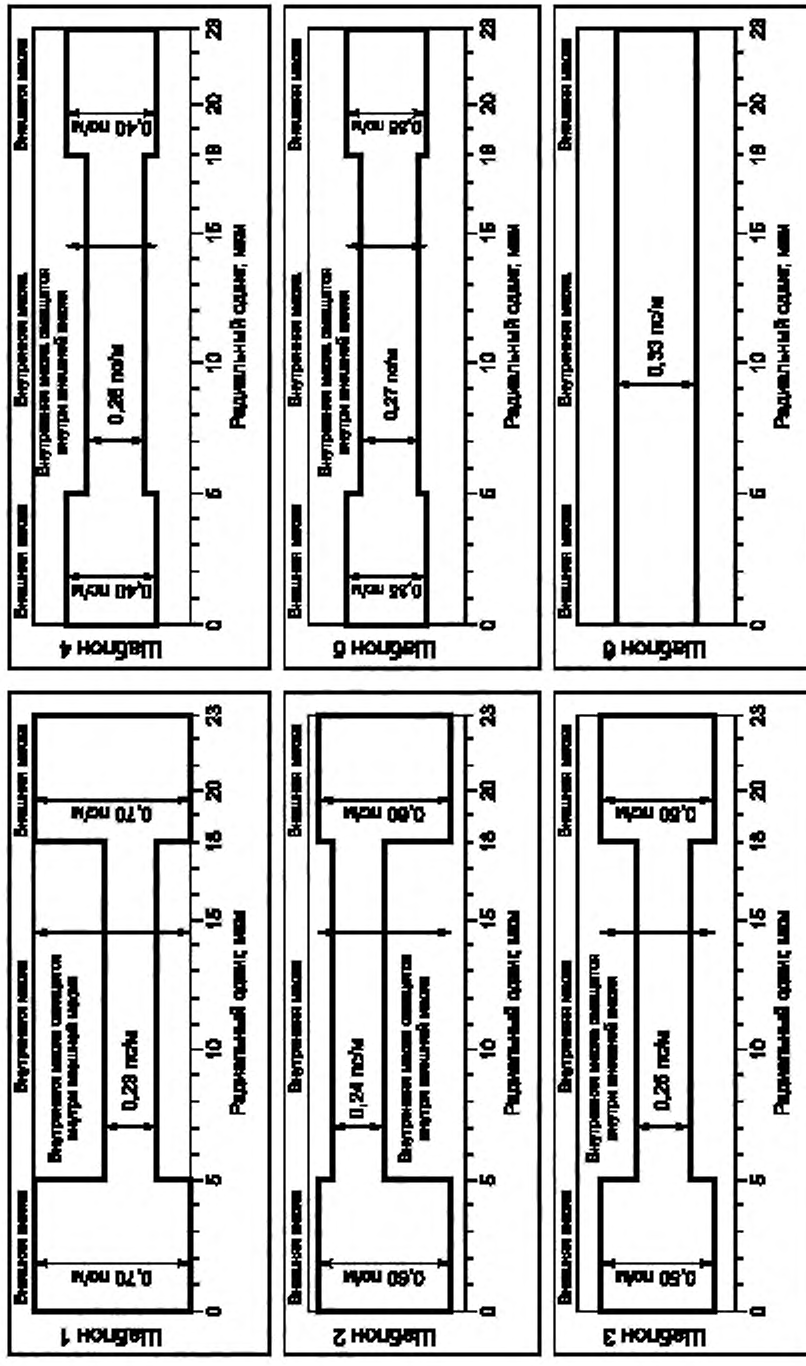

Рисунок D.1 — Требования к DMD-шаблонам

Характерная особенность «смещения» внутренней маски внутри внешней маски показана на рисунке D.1. На этом рисунке внутренняя маска (от 5 до 18 мкм) может быть расположена вертикально (по шкале времени) в любом месте в пределах внешней маски (от 0 до 23 мкм). Величина DMD более строго ограничена по внутренней маске с целью допущения более широких допусков во внешней маске, предполагая улучшенную возможность производства ОВ, соответствующего этому требованию. В случае маски 0,33 пс/м требование не меняется по всему интервалу от 0 до 23 мкм («плоская» маска).

МЭК 60793-1-49 можно использовать для получения минимального значения коэффициента широкополосности при использовании источников, удовлетворяющих соответствующим ограничениям. При совпадении требований к условиям возбуждения, относящихся к источникам излучения, и значению DMD ОВ может быть достигнут баланс между допусками характеристик ОВ и источником излучения. Тщательно проведенные исследования с использованием ОВ нескольких производителей, разных видов ОВ и лазерных источников излучения и проведение всестороннего и детального моделирования демонстрируют, что вышеуказанные согласования технических требований, предъявляемых к ОВ и источникам излучения, позволяют достичь минимального эффективного значения коэффициента широкополосности изделия 2000 МГц·км.

Использование шаблона по значениям DMD позволяет достичь компромисса между характеристиками источника излучения и ОВ. При ограничении кругового светового потока источника излучения для радиуса 4,5 мкм модами наименьшего порядка в ОВ переносится очень мало энергии, позволяя расширенные допуски для модовой структуры, возбуждаемой при малых радиусах. При ограничении кругового светового потока источника излучения для радиуса 19 мкм модами наивысшего порядка в ОВ переносится очень мало энергии, позволяя расширенные допуски для модовой структуры, возбуждаемой при больших радиусах.

D.1.3 Интервальные маски DMD

Значение DMD ОВ конструктивного исполнения A1a.2 не должно превышать 0,25 пс/м для любых интервалов радиального сдвига, указанных в таблице D.2.

Таблица D.2 — Интервальные маски DMD для ОВ A1a.2

Номер интервала	R_{INNER}, мкм	R_{OUTER}, мкм
1	7	13
2	9	15
3	11	17
4	13	19

Интервальные маски позволяют исключить ОВ, имеющие DMD, которое изменяется слишком быстро в малых радиальных интервалах. ОВ, проходящие через этот фильтр, имеют меньшую межсимвольную интерференцию в отличие от ОВ, в этот фильтр не проходящих.

D.2 Требования к EMB_c ОВ A1a.2

D.2.1 Общие требования

ОВ A1a.2, выбранные с использованием метода EMB_c, должны соответствовать требованиям D.2.2.

D.2.2 Расчетный эффективный коэффициент широкополосности

Формы DMD оптических импульсов могут быть оценены при помощи набора распределений возбуждения с целью определения соответствующего набора значений EMB_c. Минимальный EMB_c в пределах этого набора значений должен соответствовать требованию уравнения

$$\text{минимальный } EMB_c \geq 1770 \text{ МГц·км}, \quad (D.1)$$

где минимальный EMB_c определяют из комплексной передаточной функции, как указано в МЭК 60793-1-49, с использованием весовых коэффициентов, приведенных в таблице D.3.

Примечания

1 Минимальный EMB_c — это характеристика ОВ, ее значение может быть не оптимальным для использования в моделях системы. В приложении E указана информация, касающаяся соответствующей характеристики системы, называемой эффективным коэффициентом широкополосности EMB.

2 В приложении F приведено дополнительное разъяснение номенклатуры коэффициентов широкополосности.

Весовые коэффициенты в таблице D.3 указаны для DMD, измеренного для радиальных интервалов в 1 мкм, начиная от центра сердцевины ($r = 0$) для десяти моделируемых лазеров с радиальным распределением мощности EF, которые соответствуют показателям десяти действительных лазеров. Весовые коэффициенты DMD в таблице D.3 относятся к источникам, соответствующим техническим требованиям, указанным в разделе E.4.

Таблица D.3 — Весовые коэффициенты DMD

Радиальное положение	ID лазер									
r, мкм	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0,033023	0,023504	0	0	0	0,015199	0,016253	0,022057	0,01043	0,015681
2	0,262463	0,188044	0	0	0	0,12091	0,129011	0,17639	0,083496	0,124978
3	0,884923	0,634634	0	0	0	0,407702	0,434844	0,595248	0,281802	0,421548
4	2,009102	1,447235	0,007414	0,005637	0,003034	0,925664	0,987184	1,351845	0,65028	0,957203
5	3,231216	2,376616	0,072928	0,055488	0,029856	1,488762	1,5876	2,174399	1,130599	1,539535
6	3,961956	3,052908	0,262906	0,20005	0,107634	1,825448	1,946614	2,666278	1,627046	1,887747
7	3,694686	3,150634	0,637117	0,483667	0,258329	1,702306	1,815285	2,486564	2,044326	1,762955
8	2,644369	2,732324	1,197628	0,89695	0,458494	1,218378	1,299241	1,780897	2,29172	1,292184
9	1,397552	2,060241	1,916841	1,402833	0,661247	0,643911	0,686635	0,945412	2,280813	0,790844
10	0,511827	1,388339	2,755231	1,957805	0,826035	0,238557	0,25585	0,360494	1,937545	0,55938
11	0,110549	0,834722	3,514797	2,433247	1,000204	0,098956	0,131429	0,163923	1,383006	0,673655
12	0,004097	0,419715	3,883317	2,639299	1,294439	0,204274	0,327091	0,318712	0,878798	1,047689
13	0,000048	0,160282	3,561955	2,397238	1,813982	0,529982	0,848323	0,778983	0,679756	1,589037
14	0,001111	0,047143	2,617093	1,816953	2,50695	1,024948	1,567513	1,383174	0,81236	2,138626
15	0,005094	0,044691	1,480325	1,296977	3,164213	1,611695	2,224027	1,853992	1,074702	2,470827
16	0,013918	0,116152	0,593724	1,240553	3,572113	2,210689	2,55506	1,914123	1,257323	2,361764
17	0,02632	0,219802	0,153006	1,70002	3,618037	2,707415	2,464566	1,511827	1,255967	1,798213
18	0,036799	0,307088	0,012051	2,240664	3,329662	2,9388	2,087879	0,90833	1,112456	1,059264
19	0,039465	0,329314	0	2,394077	2,745395	2,73932	1,577111	0,386991	0,879309	0,444481
20	0,032152	0,268541	0	1,952429	1,953241	2,090874	1,056343	0,11176	0,608183	0,123304
21	0,019992	0,16697	0	1,213833	1,137762	1,261564	0,595102	0,014829	0,348921	0,012552
22	0,008832	0,073514	0	0,534474	0,494404	0,55214	0,256718	0,001818	0,15112	0
23	0,002612	0,021793	0	0,158314	0,146517	0,163627	0,076096	0,00054	0,044757	0
24	0,000282	0,002679	0	0,019738	0,018328	0,020443	0,009446	0	0,005639	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

D.3 Требования к DMD ОВ A1a.3

D.3.1 Общие положения

ОВ A1a.3, выбранные с использованием метода DMD-маски, должны соответствовать требованиям D.3.2 и D.3.3. В D.1 приведено обоснование такого выбора. Предельные значения радиальной координаты R_{INNER} и R_{OUTER} установлены для передатчиков, соответствующих требованиям Е.4.

Информация, относящаяся к эффективному коэффициенту широкополосности EMB, приведена в приложении Е.

D.3.2 DMD-шаблоны

ОВ A1a.3 должны соответствовать по меньшей мере одному из шести шаблонов, приведенных в таблице D.4, каждый из которых включает требования к внутренней и внешней маске, при измерении по МЭК 60793-1-49.

Таблица D.4 — DMD-шаблоны для ОВ A1a.3

Номер шаблона	Внутренняя DMD-маска, пс/м, для интервала изменения радиальной координаты от R_{INNER} = 5 мкм до R_{OUTER} = 18 мкм	Внешняя DMD-маска пс/м, для интервала изменения радиальной координаты от R_{INNER} = 0 мкм до R_{OUTER} = 23 мкм
1	≤ 0,10	≤ 0,30
2	≤ 0,11	≤ 0,17
3	≤ 0,14	≤ 0,14

D.3.3 Интервальные маски DMD

Значение DMD ОВ A1a.3 не должно превышать 0,11 пс/м для любых интервалов радиального сдвига, указанных в таблице D.5, при измерении по МЭК 60793-1-49.

Таблица D.5 — Интервальные маски DMD для ОВ A1a.3

Номер интервала	R_{INNER}, мкм	R_{OUTER}, мкм
1	7	13
2	9	15
3	11	17
4	13	19

D.4 Требования к EMB_c для ОВ A1a.3

D.4.1 Общие положения

ОВ A1a.3, выбранные с использованием метода EMB_c, должны соответствовать требованиям D.4.2. В D.2.2 во вводном тексте к таблице D.3 приведено обоснование такого выбора.

D.4.2 Расчетный эффективный коэффициент широкополосности (EMB_c)

С целью определения соответствующего набора значений EMB_c, весовые коэффициенты для DMD-форм оптических импульсов определяют по набору распределений возбуждения. Минимальный EMB_c в пределах этого набора значений должен соответствовать требованию уравнения:

$$\text{минимальный } EMB_c \geq 4160 \text{ МГц·км}, \quad (D.2)$$

где минимальный EMB_c определяют из комплексной передаточной функции по МЭК 60793-1-49, с использованием весовых коэффициентов, приведенных в таблице D.3.

D.5 Требования к коэффициенту широкополосности для ОВ конструктивного исполнения A1a.4

D.5.1 Общие положения

ОВ A1a.4 должны соответствовать требованиям D.5.2 и D.5.3. В D.2.2 во вводном тексте к таблице D.3 приведено обоснование такого выбора.

D.5.2 Расчетный эффективный коэффициент широкополосности

DMD-формы оптических импульсов могут быть оценены при помощи набора распределений возбуждения с целью определения соответствующего набора значений EMB_c. Минимальный EMB_c в пределах этого набора значений должен соответствовать требованиям уравнений:

$$\text{минимальный } EMB_c \geq 4160 \text{ МГц·км на длине волны 850 нм;} \quad (D.3)$$

минимальный $EMB_c \geq 2190$ МГц·км на длине волны 953 нм, (D.4)

где минимальный EMB_c определяют из комплексной передаточной функции по МЭК 60793-1-49 с использованием весовых коэффициентов, приведенных в таблице D.3.

D.5.3 Расчетный коэффициент широкополосности при насыщающем возбуждении ОВ OMB_c

С целью определения соответствующего значения OMB_c на длинах волн 850 и 953 нм весовые коэффициенты для DMD-форм оптических импульсов определяют по таблице D.6 по распределению возбуждения. Весовые коэффициенты, указанные в таблице D.6, соответствуют приведенным в МЭК 60793-1-41 для метода С.

Таблица D.6 — Весовые коэффициенты DMD для OMB_c

Радиальное положение r_i мкм	Весовые коэффициенты при насыщающем возбуждении ОВ
0	0
1	0,00073
2	0,00157
3	0,00253
4	0,00362
5	0,00487
6	0,00631
7	0,00795
8	0,00983
9	0,01198
10	0,01443
11	0,01725
12	0,02046
13	0,02414
14	0,02836
15	0,03317
16	0,03869
17	0,04500
18	0,05221
19	0,06047
20	0,06992
21	0,08073
22	0,09310
23	0,10725
24	0,12345
25	0,14197

Приложение Е
(справочное)

Система, коэффициент широкополосности и особенности передачи

Е.1 Общая информация

При использовании многомодового ОВ совместно с лазерными передатчиками ширина полосы пропускания данной комбинации может изменяться в широком диапазоне в зависимости от модовой структуры лазеров, структуры задержки мод ОВ, сопряжения лазера и мод ОВ. Коэффициент широкополосности — это ширина полосы пропускания импульсной характеристики по уровню –3 дБ, порождаемой задержками мод конкретного ОВ, скорректированных весовыми коэффициентами распределения мощности мод, возбуждаемых конкретным лазером. Для получения устойчивого оценочного значения ширины полосы пропускания в том случае, если импульсная характеристика не имеет Гауссового распределения, ширина полосы по уровню 3 дБ заменяется экстраполяцией ширины полосы по уровню 1,5 дБ.

Знание модовой структуры ОВ, как указано в МЭК 60793-1-49, позволяет нижний предел разместить в диапазоне значений ширины полосы пропускания, который будет задействован при использовании указанного ОВ с разными лазерными передатчиками. При использовании методики минимального EMB_C, рассмотренной в Е.3, исследуется ОВ с 10 моделируемыми лазерами с применением распределения наблюдаемой модовой мощности. Комплект из 10 моделируемых лазеров считается консервативным по сравнению с лазерами, представленными на телекоммуникационном рынке, но имеющими более ограниченные возможности по сравнению с комплектом теоретических лазеров в исходной модели ассоциации TIA, показанной на рисунке Е.2 [11]. У выбранных лазеров наблюдается разнообразие характеристик распределения мощности связанных мод: одни с мощностью, более сконцентрированной в модах нижнего порядка, вторые с мощностью, более сконцентрированной в модах верхнего порядка, и третьи с концентрацией мощности как в модах нижнего, так и верхнего порядка.

При использовании лазеров, которые ассоциируются, главным образом, с модами, имеющими вполне определенные задержки, можно получить минимальное значение коэффициента широкополосности. Измерение условий возбуждения многомодового ОВ лазерными источниками излучения может быть выполнено в соответствии с МЭК 61280-1-4 [15]. Выбранные надлежащим образом технические требования к условиям возбуждения могут ограничить моды ОВ теми используемыми передатчиками модами, которые имеют ограниченные дифференциальные задержки.

Минимальное значение произведения коэффициента широкополосности на длину изделия может быть достигнуто путем совместного использования источника излучения, соответствующего техническим требованиям, приведенным в Е.4, и ОВ с диаметром сердцевины 50 мкм, соответствующего техническим требованиям приложения D.

Е.2 Требования к системе

Е.2.1 ОВ подкатегорий А1а.2 и А1а.3

Информация указана в разделе Е.3.

Е.2.2 ОВ подкатегории А1а.4

Технические требования к ОВ для систем высокоскоростной передачи данных разработаны с использованием моделей линий передачи [28]. Модели линий передачи со скоростью 10 и 25 Гбит/с построены на основе модели линии передачи со скоростью 1 Гбит/с [28], к которой предъявляются как требование штрафа при наличии положительного запаса мощности, так и требование, чтобы значение межсимвольной интерференции (ISI) было менее чем 3,6 дБ.

Технические требования к ОВ подкатегории А1а.4 разработаны с использованием моделей линии передачи согласно IEEE 100GBASE-SR4 (пример — линия передачи на многомодовом ОВ, файл MMF.xls [24]) и модель оптической линии передачи Fibre Channel 32GFS (файл T11-12-376v0.xlsx [25]). Модели линии передачи использованы для определения требований к ширине полосы пропускания в диапазоне длин волн от 840 до 953 нм. В этих моделях значения длин волн изменялись в данном диапазоне. В моделях линий передачи параметры дисперсии U_0 (длина волны нулевой дисперсии) и S_0 (коэффициент наклона при нулевой дисперсии) скорректированы на новые значения 1328 нм и 0,093477 пс/нм^2·км на основании результатов межлабораторного сличения, в соответствии с которым требование к коэффициенту затухания ОВ в составе кабеля изменено с 3,5 на 3,0 дБ/км. Обе модели линии передачи ограничены по величине запаса в диапазоне длин волн от 840 до 953 нм (в отличие от модели 10GBASE-S [13] по IEEE P802.3ae, используемой для ОВ типа ОМ3, в которой значение межсимвольной интерференции менее или равно 3,6 дБ), и коэффициент EMB в модели линии передачи скорректирован для обеспечения запаса, равного 0,000 дБ. В процессе формирования технических требований к коэффициенту EMB решено использовать модель линии передачи 32GFC с нулевым запасом, так как требования к коэффициенту EMB для этой модели линии более строгие, чем предъявляемые для модели линии передачи 100GBASE-SR4 (т. е. требования к широкополосности выбраны таким образом, чтобы соответствовать требованиям, предъявленным к

обеим моделям линий передачи). Нормативными техническими требованиями установлены следующие значения для коэффициента EMB: 4700 МГц·км на длине волны 850 нм и 2470 МГц·км на длине волны 953 нм. Эти значения обозначены кругами на рисунке Е.1. При выполнении этих требований прогнозируемое значение коэффициента EMB для наихудшего случая совпадает или превосходит системные требования, как указано в Е.3.

Е.3 Эффективный коэффициент широкополосности EMB

Во время разработки ОВ конструктивного исполнения A1a.2 применен метод детального моделирования во временной области (метод Монте-Карло) для определения способности разных DMD-масок и предлагаемых весовых коэффициентов DMD растрирования характеристик источника излучения в соответствии с техническими требованиями Е.4 [1]–[12]. Предлагаемые весовые коэффициенты выбраны с учетом их способности соответствовать ОВ, не приводя к тому, чтобы межсимвольная интерференция ISI не превышала указанное значение более, чем на 0,5 % [11]. Конкретное значение ISI установлено посредством электронной таблицы расчета бюджета мощности по IEEE 802.3ae [13] с учетом эффектов времени нарастания импульса источника излучения, ширины полосы пропускания источника излучения и ОВ с коэффициентом широкополосности 2000 МГц·км. Таким образом, посредством использования метода моделирования Монте-Карло ОВ конструктивного исполнения A1a.2 обеспечивают минимальное значение коэффициента EMB, равное 2000 МГц·км.

Минимальное значение коэффициента EMB согласуется с электронной таблицей расчета бюджета линии передачи, приведенной в IEEE 802.3ae. Особую значимость имеет тот факт, что в электронной таблице искажение ISI моделируется Гауссовым распределением формы сигнала для источника излучения и выходов ОВ. В соответствии с результатами моделирования по методу Монте-Карло для ОВ, удовлетворяющими требованиям, соотношение в электронной таблице между ISI и минимальным коэффициентом широкополосности ОВ пессимистичное. Таким образом, при расчете коэффициента EMB исходя из весовых коэффициентов DMD следует предусматривать коэффициент 1,13 для приведения в соответствие требованиям к ОВ, разработанным с использованием метода Монте-Карло во временной области, и данных электронной таблицы согласно уравнению

$$\text{EMB} = 1{,}13 \cdot \text{минимальный EMB}_c. \qquad (E.1)$$

Значение EMB, полученное по уравнению (Е.1), также применимо к моделям линии передачи типа Fibre Channel. При использовании других моделей может потребоваться применение других значений EMB.

ОВ, удовлетворяющие требованиям D.3 и D.4 (т. е. для ОВ подкатегории A1a.3), имеют минимальный коэффициент широкополосности на длине волны 850 нм, который в 2,35 раза более минимального коэффициента широкополосности ОВ, удовлетворяющих требованиям D.1 и D.2 (т. е. для ОВ подкатегории A1a.2). По существу, минимальное значение EMB этих ОВ также в 2,35 раз более при том же бюджете линии передачи в электронной таблице как согласно уравнению

$$\text{EMB} \geq 2{,}35 \cdot 2000 \text{ МГц·км} \geq 4700 \text{ МГц·км}. \qquad (E.2)$$

Системные характеристики, полученные для реальных ОВ и лазерных источников, подтверждают это соотношение [17]—[19].

ОВ, удовлетворяющие требованиям D.5 (т. е. ОВ подкатегории A1a.4), имеют EMB, определяемый по уравнениям (Е.3), (Е.4) и (Е.5), которые описывают три прямых сегмента кривой: a) от 840 до 850 нм, b) от 850 до 930 нм, c) от 930 до 953 нм. Единица измерения EMB в трех уравнениях — МГц·км:

$$\text{EMB} \geq 3840 + (4700 - 3840)\cdot(\lambda_c - 840)/(850 - 840) \text{ для } 840 \leq \lambda_c \leq 850 \text{ нм}; \qquad (E.3)$$

$$\text{EMB} \geq 4700 + (2565 - 4700) \cdot (\lambda_c - 850)/(930 - 850) \text{ для } 850 \leq \lambda_c \leq 930 \text{ нм}; \qquad (E.4)$$

$$\text{EMB} \geq 2565 + (2470 - 2565) \cdot (\lambda_c - 930)/(953 - 930) \text{ для } 930 \leq \lambda_c \leq 953 \text{ нм}. \qquad (E.5)$$

Уравнения (Е.3), (Е.4) и (Е.5) описывают три прямых сегмента между минимальным значением EMB, указанным для модели линии передачи 32GFC на длине волны 840 нм, и двумя минимальными значениями EMB при измерении на номинальных значениях длин волн 850 и 953 нм. Уравнения (Е.3), (Е.4) и (Е.5) представлены на рисунке Е.1 вместе со значениями EMB, близкими к модели линии передачи 32GFC. Прямые сегменты в диапазоне длин волн от 840 до 953 нм строго определены в качестве рекомендуемого минимального значения коэффициента EMB в указанном диапазоне длин волн, не требуя без необходимости использования для исследования ОВ особой конструкции.

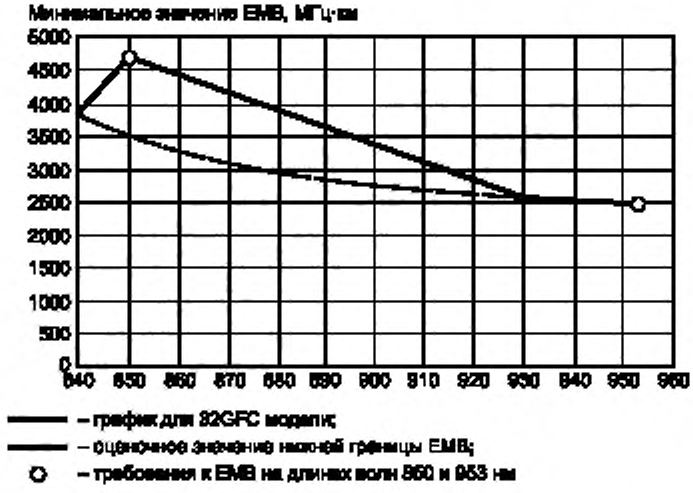

Рисунок Е.1 — График зависимости расчетного минимального значения EMB от длины волны

Е.4 Требования к радиальному распределению мощности EF источника излучения и к центральной длине волны

Е.4.1 Радиальное распределение мощности

Радиальные границы внутренней, внешней и интервальной масок DMD, указанные в D.1 и D.3, и весовые коэффициенты DMD, указанные в разделах D.2, D.4 и D.5, установлены в соответствии с конкретным ограниченным диапазоном условий возбуждения лазера, указанным в уравнениях (Е.6) и (Е.7). Минимальное значение коэффициента широкополосности для условий возбуждения вне данного диапазона не определено, но оно будет ниже значения для условий возбуждения в пределах данного диапазона.

Распределение мощности для условий возбуждения источника излучения должно соответствовать требованиям уравнений (Е.6) и (Е.7) при измерении по МЭК 61280-1-4 [15], при сопряжении источника излучения с ОВ, имеющим диаметр сердцевины 50 мкм, в соответствии с техническими требованиями МЭК 61280-1-4:

EF при радиусе 4,5 мкм ≤ 30 %; (Е.6)

EF при радиусе 19 мкм ≥ 86 %. (Е.7)

Приблизительные положения весовых коэффициентов DMD, указанных в таблице D.3, изображены на рисунке Е.2 относительно границ, определенных в уравнениях (Е.6) и (Е.7) [27].

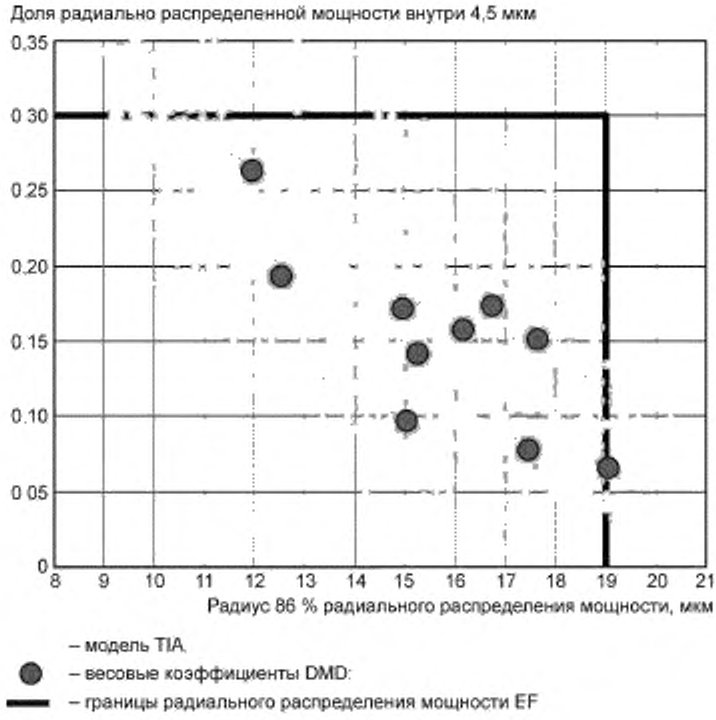

Рисунок Е.2 — Приблизительное положение весовых коэффициентов относительно границ EF в соответствии с уравнениями (Е.6) и (Е.7)

Прикладные стандарты [20]—[23] соответствуют требованиям Е.4.1 и Е.4.2.

Е.4.2 Центральная длина волны для ОВ подкатегории А1а.2 и А1а.3

Ввиду того что задержки мод в ОВ изменяются с длиной волны, центральная длина волны источника излучения должна быть близкой к номинальной длине волны 850 нм, при которой проводят измерение DMD, для достижения наилучших характеристик коэффициента широкополосности в совокупности ОВ, через которые распространяется сигнал. Если источник излучения работает на длине волны, отличной от 850 нм [6], то может потребоваться уменьшение коэффициента широкополосности. В рекомендациях [12] указаны рабочие характеристики широкополосности для ОВ с шириной полосы пропускания, схожей с ОВ конструктивного исполнения подкатегории А1а.3.

Центральная длина волны лазерного источника излучения λ_c должна соответствовать требованиям уравнения (Е.8) при проведении испытания по МЭК 61280-1-3 [16]:

$$840 \le \lambda_c \le 860 \text{ нм}. \quad (E.8)$$

Е.4.3 Центральная длина волны для ОВ подкатегории А1а.4

Так как задержки мод в ОВ изменяются вместе с длиной волны, наилучшее значение коэффициента широкополосности получают, когда центральная длина волны лазерного источника излучения находится между значениями длин волны при измерении DMD. Когда центральная длина волны лазерного источника излучения находится за пределами этого диапазона, значения коэффициента широкополосности ухудшаются. Рекомендуемые значения коэффициента широкополосности, находящиеся между значениями длины волны при измерении DMD, можно определить по уравнениям (Е.3), (Е.4) и (Е.5).

Центральная длина волны лазерного источника излучения λ_c должна соответствовать требованиям уравнения (Е.9) при проведении испытания по МЭК 61280-1-3 [16]:

$$840 \le \lambda_c \le 953 \text{ нм}. \quad (E.9)$$

Приложение F
(справочное)

Разъяснение номенклатуры коэффициентов широкополосности

В таблице F.1 указаны разъяснения коэффициентов широкополосности, которые имеют сходные наименования и сокращения.

Таблица F.1 — Разъяснение номенклатуры коэффициентов широкополосности

Наименование и сокращения коэффициента	Описание коэффициента
Расчетный эффективный коэффициент широкополосности EMB_c	Расчетный коэффициент широкополосности, который получают из конкретных весовых коэффициентов конкретной дифференциальной задержки мод DMD
Минимальный расчетный эффективный коэффициент широкополосности (минимальный EMB_c)	Минимальный расчетный эффективный коэффициент широкополосности, который получают из конкретного набора весовых коэффициентов конкретной DMD
Эффективный коэффициент широкополосности EMB	Коэффициент широкополосности, который получают путем умножения минимального расчетного эффективного коэффициента широкополосности на 1,13 для получения значения, соответствующего допущениям канальной модели стандарта ИИЭЭ 802.3ae для передатчиков, соответствующих требованиям Е.2
Расчетный коэффициент широкополосности при насыщающем возбуждении OB OMB_c	Расчетный коэффициент широкополосности, который получают из весовых коэффициентов конкретной DMD при моделировании условий насыщающего возбуждения

Приложение G
(справочное)

Предварительные указания по вопросам, нуждающимся в дальнейшем изучении

G.1 Эффективный коэффициент широкополосности EMB на длине волны 1300 нм

Характеристики хроматической дисперсии позволяют значение DMD, измеренное для одной длины волны, преобразовать в значение DMD для другой длины волны. Таким образом, значение DMD на длине волны 850 нм может быть использовано для прогнозирования значения произведения минимального эффективного коэффициента широкополосности на длину изделия при 1300 нм. Предварительный инженерный анализ указывает на то, что ОВ, соответствующие требованиям приложения D для EMB ≥ 2000 МГц·км на длине волны 850 нм, также обеспечивают EMB ≥ 500 МГц·км на длине волны 1300 нм.

Некоторые лазерные источники излучения, работающие на длине волны 1300 нм, предназначены для использования как с многомодовыми, так и с одномодовыми ОВ. Для лучшего подтверждения того, что многомодовые ОВ с характеристиками широкополосности, определенными только на основе условий насыщающего возбуждения, обеспечивают, по меньшей мере, минимальное значение коэффициента широкополосности при насыщающем возбуждении при использовании источников излучения, работающих на длине волны 1300 нм и предназначенных для возбуждения одномодового ОВ (например, 1000BASE-LX), согласно IEEE 802.3 [13] используют патч-корды со смещенным вводом мод при соединении таких источников излучения с данным типом многомодового ОВ.

Режим смещенного ввода мод в ОВ осуществляется путем соединения одномодового ОВ с многомодовым ОВ в рамках патч-корда, используя конкретный диапазон радиального сдвига между одномодовым и многомодовым ОВ. В связи с вводом главным образом смещенных относительно центра мод из одномодового ОВ в многомодовое ОВ, возбуждается много мод, которые формируют модовое распределение мощности, более близкое к модовому распределению мощности при насыщенном возбуждении, чем при возбуждении в естественных условиях, при котором обычно интенсивно возбуждаются моды низкого порядка.

Вследствие того что на измерения ширины полосы при насыщенном возбуждении сильное влияние оказывает поведение мод более высоких порядков, на них не влияют моды низких порядков. Следовательно, избегая сильного возбуждения мод низких порядков, в патч-корде со смещенным возбуждением исключают влияние поведения этих мод с плохими характеристиками и улучшают взаимосвязь между минимальным значением ширины полосы пропускания системы и измерением произведения ширины полосы пропускания при насыщающем возбуждении на длину изделия.

Однако в связи с тем, что методика измерения DMD не предусматривает измерения мод низких порядков, есть возможность ограничить нижнюю границу произведения ширины полосы пропускания на длину изделия для естественных условий возбуждения источниками излучения, работающими на длине волны 1300 нм. ОВ, соответствующие техническим требованиям для ОВ A1a.2 и A1a.3, оптимизированы для предельного значения ширины полосы пропускания на длине волны 850 нм и имеют особо ограниченную DMD для мод низких порядков.

Эксплуатация ОВ на длинах волн, отличных от пиковой длины волны, приводит к появлению систематического приращения значения DMD. Наибольшее приращение DMD происходит для мод высших порядков. Таким образом, коэффициент широкополосности при насыщающем возбуждении, при котором преобладает DMD мод высших порядков, является консервативным показателем самого низкого значения эффективного коэффициента широкополосности для естественных условий возбуждения на длине волны 1300 нм, что позволяет сконцентрировать мощность в модах низкого порядка. Следовательно, ожидается, что ОВ A1a.2 и A1a.3 должны обеспечить значение EMB не менее значения 500 МГц·км (значение произведения коэффициента широкополосности при насыщающем возбуждении на длину изделия) для этих же ОВ на длине волны 1300 нм без использования патч-кордов с согласованием мод.

G.2 Масштабирование EMB и DMD

Различные значения произведения эффективного коэффициента широкополосности на длину изделия можно получить из шаблонов и интервальных масок, указанных в D.1 и D.3, простым масштабированием EMB в обратной пропорции к ширине DMD во временной области при условии выполнения следующих трех условий:

1) ОВ используют с источниками излучения, которые соответствуют техническим требованиям, приведенным в E.4.1;

2) границы радиального смещения шаблонов не изменяются, и

3) требования к значению произведения коэффициента широкополосности при насыщающем возбуждении на длину изделия масштабированы в прямой пропорции со значением EMB.

Возможность масштабирования подтверждена следующими соотношениями. Из волновой теории модовое распределение мощности источника излучения имеет прямое отношение к радиальной протяженности внутренней и внешней DMD-масок. Рабочий диапазон длин волн ограничивает возможности эксплуатации близостью к номинальному значению длины волны при измерении DMD с целью минимизации изменения значения коэффициента

широкополосности в зависимости от длины волны. При неизменных значениях модового распределения мощности и радиальной протяженности DMD-масок и неизменном рабочем диапазоне длин волн масштабирование поддерживается обратной пропорциональностью между среднеквадратичным значением ширины импульса и ширины полосы [24]. В этом случае среднеквадратичное значение ширины импульса считается равным ширине DMD во временной области. Масштабирование коэффициента широкополосности при насыщающем возбуждении в прямой пропорции с желаемым значением EMB обеспечивает установленное соотношение между значением DMD и коэффициентом широкополосности при насыщающем возбуждении.

Например, значение произведения эффективного коэффициента широкополосности на длине изделия 850 нм ≥ 1000 МГц·км (половина от 2000 МГц·км) может быть получено при соответствии ОВ любому из шести DMD-шаблонов в D.1, каждый из которых имеет протяженность как внутренних, так и внешних масок, в два раза превышающую ширину DMD во временной области, и значение произведения коэффициента широкополосности при насыщающем возбуждении на длину изделия ≥ 750 МГц·км.

Приложение Н
(справочное)

Кабельные сети и категории волоконно-оптических кабелей, в которых используют оптические волокна категории А1

Н.1 Кабельные сети, установленные международными стандартами

В таблице Н.1 указаны различные кабельные сети, прошедшие международную стандартизацию, так же как и другие рекомендуемые сети, в которых использованы ОВ категории А1. Это не исчерпывающий список, и ОВ категории А1 могут использовать и в других сетях, которые не указаны в настоящем стандарте.

Таблица Н.1 — Некоторые кабельные сети, установленные международными стандартами, в которых использованы ОВ подкатегории А1а и, в некоторых случаях, ОВ категории А1b

Применяемое сокращенное наименования сети	Устанавливающий международный стандарт и документ	Наименование сети
1GFC	ИСО/МЭК14165-115	1-гигабитный волоконно-оптический канал связи
2GFC	ИСО/МЭК14165-115	2-гигабитный волоконно-оптический канал связи
4GFC	ANSI/INCITS 479	4-гигабитный волоконно-оптический канал связи
8GFC	ANSI/INCITS 479	8-гигабитный волоконно-оптический канал связи
10GFC	ИСО/МЭК 14165-116	10-гигабитный волоконно-оптический канал связи
16GFC	ANSI/INCITS 479	16-гигабитный волоконно-оптический канал связи
32GFC	ANSI/INCITS 512	32-гигабитный волоконно-оптический канал связи
1000BASE-SX	ИСО/МЭК /IEEE 8802-3	Гигабитный Ethernet
1000BASE-LX	ИСО/МЭК /IEEE 8802-3	Гигабитный Ethernet
10GBASE-S	ИСО/МЭК /IEEE 8802-3	10-гигабитный Ethernet
25GBASE-SR4	ИСО/МЭК /IEEE 8802-3	25-гигабитный Ethernet
40GBASE-SR4	ИСО/МЭК /IEEE 8802-3	40-гигабитный Ethernet
100GBASE-SR10	ИСО/МЭК /IEEE 8802-3	100-гигабитный Ethernet
100GBASE-SR4	ИСО/МЭК /IEEE 8802-3	100-гигабитный Ethernet

Н.2 Перекрестные ссылки между категориями ОВ в составе кабелей, приведенными в ИСО/МЭК 11801-1, и ОВ, приведенными в настоящем стандарте

В таблице Н.2 приведены перекрестные ссылки между категориями ОВ кабелей, установленными в ИСО/МЭК 11801-1, и подкатегориями ОВ, указанными в настоящем стандарте.

Таблица Н.2 — Перекрестные ссылки между ИСО/МЭК 11801-1 и настоящим стандартом

ИСО/МЭК 11801-1 Категория ОВ в составе кабеля	МЭК 60793-2-10 Подкатегория или конструктивное исполнение ОВ
OM1[a]	A1b[b]
OM2[c]	A1a.1[d]
OM3	A1a.2
OM4	A1a.3
OM5	A1a.4

[a] Кабели с ОВ ОМ1 не используют в новых кабельных сетях, установленных в ИСО/МЭК 11801-1.

[b] В ИСО/МЭК 11801:2002 указаны кабели с ОВ ОМ1, изготовленные из ОВ типоразмера 50/125 мкм, имеющего минимальный коэффициент широкополосности при насыщающем возбуждении, равный 200 МГц·км на длине волны 850 нм и 500 МГц·км на длине волны 1300 нм. Эта комбинация указанных значений коэффициента широкополосности и ОВ типоразмера 50/125 мкм не рассматривается в настоящем стандарте.

[c] Кабели с ОВ ОМ2 не используют в новых кабельных сетях, установленных в ИСО/МЭК 11801-1.

[d] В ИСО/МЭК 11801:2002 указаны кабели с ОВ ОМ2, изготовленные из ОВ типоразмера 62,5/125 мкм, имеющего минимальный коэффициент широкополосности при насыщающем возбуждении, равный 500 МГц·км на длине волны 850 нм и 500 МГц·км на длине волны 1300 нм. Эта комбинация указанных значений коэффициента широкополосности и ОВ типоразмера 62,5/125 мкм не рассмотрена в настоящем стандарте.

Приложение I
(справочное)

Кабельные сети Ethernet со скоростями передачи 1 Гбит/с, 10 Гбит/с, 25 Гбит/с, 40 Гбит/с и 100 Гбит/с

В настоящем приложении приведена краткая сводка требований к ОВ подкатегорий A1a и A1b и соответствующие возможности передачи данных при их использовании в сетях Ethernet 1 Гбит, Ethernet 10 Гбит, Ethernet 25 Гбит, Ethernet 40 Гбит и Ethernet 100 Гбит, построенных в соответствии со стандартами, разработанными по IEEE 802.3 [CSMA/CD и др.]. Все сети Ethernet со скоростью передачи 1 Гбит/с и более рассматриваются как сети с «лазерным возбуждением».

В таблице I.1 приведена краткая сводка требований и возможностей сетей Ethernet со скоростями передачи 1, 10, 25, 40 и 100 Гбит/с. Строки в таблице I.1 сгруппированы по подкатегории и конструктивному исполнению ОВ и скорости передачи данных. В каждой строке приведены соответствующие длина линии передачи и требования к характеристикам оптического сигнала источника излучения. Требования к характеристикам (ввода света в ОВ) оптического сигнала в ОВ подразделяют на три типа:

- патч-корд с согласованием мод и вводом света в ОВ со смещением относительно центра ОВ для работы на длине волны 1350 нм, указанный в IEEE 802.3;
- связанный коэффициент мощности CPR > 9 дБ и избегание радиального насыщающего возбуждения ROFL для работы на длине волны 850 нм в сетях 1 Гбит/с для ОВ, характеризуемых исключительно коэффициентом широкополосности при насыщающем возбуждении OFL. CPR описан в МЭК 61280-4-1:2009; ROFL — в IEEE 02.3;
- требования к радиальному распределению мощности EF для работы сетей со скоростью 10, 25, 40 и 100 Гбит/с на длине волны 850 нм для ОВ конструктивных исполнений A1a.2, A1a.3 и A1a.4 с эффективным коэффициентом широкополосности, полученным при измерении DMD. Требования к EF: EF при радиусе 4,5 мкм ≤ 30 % и EF при радиусе 19,0 мкм ≥ 86 %. Информация по измерению EF приведена в МЭК 61280-1-4.

Таблица I.1 — Краткое описание требований к сетям со скоростью Ethernet 1, 10, 25, 40 и 100 Гбит/с и их возможностей

Тип волокна	Скорость передачи данных, Гбит/с	Номинальное значение длины волны 850 нм					Номинальное значение длины волны 1300 нм				
		Минимальный коэффициент широкополосности для условия измерения указанного возбуждения, МГц·км	Минимальный эффективный коэффициент широкополосности для источников излучения, удовлетворяющих требованию к условию возбуждения, МГц·км	IEEE 802.3 PMD[a]	Требования к вводу оптического излучения	Длина участка ОВ, м	Минимальный коэффициент широкополосности для условия измерения указанного возбуждения, МГц·км	Минимальный эффективный коэффициент широкополосности для источников излучения, удовлетворяющих требованию к условию возбуждения, МГц·км	IEEE 802.3 PMD[a]	Требования к вводу оптического излучения	Длина участка ОВ, м
A1b	1	160 для OFL	Не определено	1000 BASE-SX	CPR > 9 дБ, избегать ROFL	220	500 для OFL	Не определено	1000 BASE-LX	Патч-корд со смещенным вводом света	550
A1b	1	200 для OFL	Не определено	1000 BASE-SX	CPR > 9 дБ, избегать ROFL	275	500 для OFL	Не определено	1000 BASE-LX	Патч-корд со смещенным вводом света	550
A1b	10	160 для OFL	Не определено	10G BASE-S	EF при радиусе 4,5 мкм ≤ 30 %, EF при радиусе 19 мкм ≥ 86 %	26	500 для OFL	Не определено	10G BASE-LX4	Патч-корд со смещенным вводом света	300
A1b	10	200 для OFL	Не определено	10G BASE-S	EF при радиусе 4,5 мкм ≤ 30 %, EF при радиусе 19 мкм ≥ 86 %	33	500 для OFL	Не определено	10G BASE-LX4	Патч-корд со смещенным вводом света	300
A1b 10		160 для OFL	Не определено	Не определено	Не определено	Не определено	500 для OFL	Не определено	10G BASE-LRM	Патч-корд со смещенным вводом света или EF при радиусе 5 мкм ≥ 30 % EF при радиусе 11 мкм ≥ 81 %	220

Продолжение таблицы I.1

Тип волокна	Скорость передачи данных, Гбит/с	Номинальное значение длины волны 850 нм					Номинальное значение длины волны 1300 нм				
		Минимальный коэффициент широкополосности для условия измерения указанного возбуждения, МГц км	Минимальный эффективный коэффициент широкополосности для источников излучения, удовлетворяющих требованию к условию возбуждения, МГц км	IEEE 802.3 PMD [a]	Требования к вводу оптического излучения	Длина участка ОВ, м	Минимальный коэффициент широкополосности для условия измерения указанного возбуждения, МГц км	Минимальный эффективный коэффициент широкополосности для источников излучения, удовлетворяющих требованию к условию возбуждения, МГц км	IEEE 802.3 PMD[a]	Требования к вводу оптического излучения	Длина участка ОВ, м
A1b	10	200 для OFL	Не определено	Не определено	Не определено	Не определено	500 для OFL	Не определено	10G BASE-LRM	Патч-корд со смещенным вводом света или EF при радиусе 5 мкм ≥ 30 %, EF при радиусе 11 мкм ≥ 81 %	220
A1a.1	1	400 для OFL	Не определено	1000BASE-SX	CPR > 9 дБ, избегать ROFL	500	400 для OFL	Не определено	1000 BASE-LX	Патч-корд со смещенным вводом света	550
A1a.1	1	500 для OFL	Не определено	1000 BASE-SX	CPR > 9 дБ, избегать ROFL	550	500 для OFL	Не определено	1000 BASE-LX	Патч-корд со смещенным вводом света	550
A1a.1	10	400 для OFL	Не определено	10G BASE-S	EF при радиусе 4,5 мкм ≤ 30 %, EF при радиусе 19 мкм ≥ 86 %	66	400 для OFL	Не определено	10G BASE-LX4	Патч-корд со смещенным вводом света	240
A1a.1	10	500 для OFL	Не определено	10G BASE-S	EF при радиусе 4,5 мкм ≤ 30 %, EF при радиусе 19 мкм ≥ 86 %	82	500 для OFL	Не определено	10G BASE-LX4	Патч-корд со смещенным вводом света	300

Продолжение таблицы I.1

Тип волокна	Скорость передачи данных, Гбит/с	Номинальное значение длины волны 850 нм					Номинальное значение длины волны 1300 нм				
		Минимальный коэффициент широкополосности для условия измерения указанного возбуждения МГц км	Минимальный эффективный коэффициент широкополосности для источников излучения, удовлетворяющих требованию к условию возбуждения, МГц·км	IEEE 802.3 PMD [a]	Требования к вводу оптического излучения	Длина участка ОВ, м	Минимальный коэффициент широкополосности для условия измерения указанного возбуждения, МГц·км	Минимальный эффективный коэффициент широкополосности для источников излучения, удовлетворяющих требованию к условию возбуждения, МГц·км	IEEE 802.3 PMD[a]	Требования к вводу оптического излучения	Длина участка ОВ, м
A1a.1	10	400 для OFL	Не определено	Не определено	Не определено	Не определено	500 для OFL	Не определено	10G BASE-LRM	Патч-корд со смещенным вводом света или EF при радиусе 5 мкм ≥ 30 %, EF при радиусе 11 мкм ≥ 81 %	100
A1a.1	10	500 для OFL	Не определено	Не определено	Не определено	Не определено	500 для OFL	Не определено	10G BASE-LRM	Патч-корд со смещенным вводом света или EF при радиусе 5 мкм ≥ 30 %, EF при радиусе 11 мкм ≥ 81 %	220
A1a.2	10	1500 для OFL	2000	10G BASE-S	EF при радиусе 4,5 мкм ≤ 30 %, EF при радиусе 19 мкм ≥ 86 %	300	500 для OFL	Не определено	10G BASE-LX4	Патч-корд со смещенным вводом света	300
A1a.2	10	1500 для OFL	2000	Не определено	Не определено	Не определено	500 для OFL	Не определено	10G BASE-LRM	EF при радиусе 5 мкм ≥ 30 %, EF при радиусе 11 мкм ≥ 81 %	220
A1a.2	25	1500 для OFL	2000	25G BASE-SR4	EF при радиусе 4,5 мкм ≤ 30 %, EF при радиусе 19 мкм ≥ 86 %	70	500 для OFL	Не определено	Не определено	Не определено	Не определено

Продолжение таблицы I.1

Тип волокна	Скорость передачи данных, Гбит/с	Номинальное значение длины волны 850 нм					Номинальное значение длины волны 1300 нм				
		Минимальный коэффициент широкополосности для условия измерения указанного возбуждения, МГц км	Минимальный эффективный коэффициент широкополосности для источников излучения, удовлетворяющих требованию к условию возбуждения, МГц км	IEEE 802.3 PMD [a]	Требования к вводу оптического излучения	Длина участка ОВ, м	Минимальный коэффициент широкополосности для условия измерения указанного возбуждения, МГц км	Минимальный эффективный коэффициент широкополосности для источников излучения, удовлетворяющих требованию к условию возбуждения, МГц км	IEEE 802.3 PMD[a]	Требования к вводу оптического излучения	Длина участка ОВ, м
A1a.2	40	1500 для OFL	2000	40G BASE-SR4	EF при радиусе 4,5 мкм ≤ 30 %, EF при радиусе 19 мкм ≥ 86 %	100	500 для OFL	Не определено	Не определено	Не определено	Не определено
A1a.2	100	1500 для OFL	2000	100G BASE-SR10	EF при радиусе 4,5 мкм ≤ 30 %, EF при радиусе 19 мкм ≥ 86 %	100	500 для OFL	Не определено	Не определено	Не определено	Не определено
A1a.2	100	1500 для OFL	2000	100G BASE-SR4	EF при радиусе 4,5 мкм ≤ 30 %, EF при радиусе 19 мкм ≥ 86 %	70	500 для OFL	Не определено	Не определено	Не определено	Не определено
A1a.3 и A1a.4	10	3500 для OFL	4700	10G BASE-S	EF при радиусе 4,5 мкм ≤ 30 %, EF при радиусе 19 мкм ≥ 86 %	400	500 для OFL	Не определено	Не определено	Не определено	Не определено
A1a.3 и A1a.4	25	3500 для OFL	4700	25G BASE-SR	EF при радиусе 4,5 мкм ≤ 30 %, EF при радиусе 19 мкм ≥ 86 %	100	500 для OFL	Не определено	Не определено	Не определено	Не определено
A1a.3 и A1a.4	40	3500 для OFL	4700	40G BASE-SR4	EF при радиусе 4,5 мкм ≤ 30 %, EF при радиусе 19 мкм ≥ 86 %	150 [b]	500 для OFL	Не определено	Не определено	Не определено	Не определено

Окончание таблицы I.1

Тип волокна	Скорость передачи данных, Гбит/с	Номинальное значение длины волны 850 нм					Номинальное значение длины волны 1300 нм				
		Минимальный коэффициент широкополосности для условия измерения указанного возбуждения, МГц км	Минимальный эффективный коэффициент широкополосности для источников излучения, удовлетворяющих требованию к условию возбуждения, МГц км	IEEE 802.3 PMD [a]	Требования к вводу оптического излучения	Длина участка ОВ, м	Минимальный коэффициент широкополосности для условия измерения указанного возбуждения, МГц км	Минимальный эффективный коэффициент широкополосности для источников излучения, удовлетворяющих требованию к условию возбуждения, МГц км	IEEE 802.3 PMD[a]	Требования к вводу оптического излучения	Длина участка ОВ, м
A1a.3 и A1a.4	100	3500 для OFL	4700	100G BASE-SR10	EF при радиусе 4,5 мкм ≤ 30 %, EF при радиусе 19 мкм ≥ 86 %	150 [b]	500 для OFL	Не определено	Не определено	Не определено	Не определено
A1a.3 и A1a.4	100	3500 ля OFL	4700	100G BASE-SR4	EF при радиусе 4,5 мкм ≤ 30 %, EF при радиусе 19 мкм ≥ 86 %	100	500 для OFL	Не определено	Не определено	Не определено	Не определено

[a] PMD — физический уровень, определяемый средой передачи данных; система обозначений в IEEE 802.3 для устройства, например приемника, которое связано с передающей средой.

[b] Это расчетная длина участка ОВ с максимальным затуханием 1,0 дБ в местах соединений и сращиваний.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
IEC 60793-1-20:2001	IDT	ГОСТ Р МЭК 60793-1-20—2012 «Волокна оптические. Часть 1-20. Методы измерений и проведение испытаний. Геометрия волокна»
IEC 60793-1-21:2001	IDT	ГОСТ Р МЭК 60793-1-21—2012 «Волокна оптические. Часть 1-21. Методы измерений и проведение испытаний. Геометрия покрытия»
IEC 60793-1-22:2001	IDT	ГОСТ Р МЭК 60793-1-22—2012 «Волокна оптические. Часть 1-22. Методы измерений и проведение испытаний. Измерение длины»
IEC 60793-1-30:2010	IDT	ГОСТ Р МЭК 60793-1-30—2010 «Волокна оптические. Часть 1-30. Методы измерений и проведение испытаний. Проверка прочности оптического волокна»
IEC 60793-1-31:2010	IDT	ГОСТ Р МЭК 60793-1-31—2010 «Волокна оптические. Часть 1-31. Методы измерений и проведение испытаний. Прочность при разрыве»
IEC 60793-1-32:2010	IDT	ГОСТ Р МЭК 60793-1-32—2010 «Волокна оптические. Часть 1-32. Методы измерений и проведение испытаний. Снятие защитного покрытия»
IEC 60793-1-33:2001	IDT	ГОСТ Р МЭК 60793-1-33—2014 «Волокна оптические. Часть 1-33. Методы измерений и проведение испытаний. Стойкость к коррозии в напряженном состоянии»
IEC 60793-1-34:2006	IDT	ГОСТ Р МЭК 60793-1-34—2016 «Волокна оптические. Часть 1-34. Методы измерений и проведение испытаний. Собственный изгиб волокна»
IEC 60793-1-40:2001	IDT	ГОСТ Р МЭК 60793-1-40—2012 «Волокна оптические. Часть 1-40. Методы измерений и проведение испытаний. Затухание»
IEC 60793-1-41:2010	IDT	ГОСТ Р МЭК 60793-1-41—2013 «Волокна оптические. Часть 1-41. Методы измерений и проведение испытаний. Ширина полосы пропускания»
IEC 60793-1-42:2007	IDT	ГОСТ Р МЭК 60793-1-42—2013 «Волокна оптические. Часть 1-42. Методы измерений и проведение испытаний. Хроматическая дисперсия»
IEC 60793-1-43:2001	IDT	ГОСТ Р МЭК 60793-1-43—2013 «Волокна оптические. Часть 1-43. Методы измерений и проведение испытаний. Числовая апертура»
IEC 60793-1-46:2001	IDT	ГОСТ Р МЭК 60793-1-46—2014 «Волокна оптические. Часть 1-46. Методы измерений и проведение испытаний. Контроль изменений коэффициента оптического пропускания»
IEC 60793-1-47:2009	IDT	ГОСТ Р МЭК 60793-1-47—2014 «Волокна оптические. Часть 1-47. Методы измерений и проведение испытаний. Потери, вызванные макроизгибами»
IEC 60793-1-49:2006	IDT	ГОСТ Р МЭК 60793-1-49—2014 «Волокна оптические. Часть 1-49. Методы измерений и проведение испытаний. Дифференциальная задержка мод»

Окончание таблицы ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
IEC 60793-1-50:2014	IDT	ГОСТ Р МЭК 60793-1-50—2015 «Волокна оптические. Часть 1-50. Методы измерений и проведение испытаний. Испытания влажным теплом (установившийся режим)»
IEC 60793-1-51:2014	IDT	ГОСТ Р МЭК 60793-1-51—2015 «Волокна оптические. Часть 1-51. Методы измерений и проведение испытаний. Испытания сухим теплом (установившийся режим)»
IEC 60793-1-52:2014	IDT	ГОСТ Р МЭК 60793-1-52—2015 «Волокна оптические. Часть 1-52. Методы измерений и проведение испытаний. Испытания на воздействие смены температуры»
IEC 60793-1-53:2014	IDT	ГОСТ Р МЭК 60793-1-53—2015 «Волокна оптические. Часть 1-53. Методы измерений и проведение испытаний. Испытания погружением в воду»
IEC 60793-2:2015	IDT	ГОСТ Р МЭК 60793-2—2018 «Волокна оптические. Часть 2. Технические требования к изделию. Общие положения»
IEC 61280-4-1:2009	—	*

* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Официальный перевод данного международного стандарта находится в Федеральном информационном фонде стандартов.

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты.

Библиография

[1] J. Ritger, J. Abbott, New Delay Set for TIA Modelling, White paper, June 1, 2001

[2] J. Ritger, J. Abbott, Fiber Delays for 10 Gb Risk Assessment, Presentation to FO2.2.1, June 25, 2001

[3] P.Kolesar, Source Characteristics Development, Presentation to FO2.2.1, June 25, 2001

[4] S.Golowich, J.Ritger, P.Kolesar, Simulation of 50 µm 10 Gb Links, Presentation to FO2.2.1, June 25, 2001

[5] S.Golowich, P.Kolesar, J.Ritger, G.Giaretta Modelling, simulation and Experimental Study of 50 µm Multimode Fibre 10 Gbaud Serial Link, Presentation to IEEE 8023ae, May, 2000

[6] J.Ritger, Risk Analysis: EF limits and Wavelength Dependence, Presentation to FO2.2.1, June 25, 2001

[7] S.Golowich, P.Kolesar, J.Ritger, P.Pepeljugoski, Modelling and Simulations for 10 Gb Multimode Optical Fiber Link Component Specifications, OFC 2001, paper WDD57

[8] P.Pepeljugoski, S.Golowich, Measurements and simulations of intersymbol interference penalty in new high speed 50 µm multimode fiber links operating at 10 Gb/s, OFC 2001, paper WDD40

[9] J.Ritger, Use of Differential Mode Delay in Qualifying Multi-Mode Optical Fiber for 10 Gbps Operation, OFC 2001 paper

[10] M.Hackert, FO2.2.1 Update, March 2001 IEEE Plenary

[11] P.Pepeljugoski, M.Hackert, J.Abbott, S.Swanson, S.Golowich, J.Ritger, P.Kolesar, C.Chen and P.Pleunis, Development of System Specification for Laser Optimized 50 µm Multimode Fibre for Multi-gigabit Short Wavelength LANs, J.Lightwave Tech. (volume 21, No. 5, pp.1256-1275, May 2003)

[12] P.Pepeljugoski, S.Golowich, J.Ritger, P.Kolesar, A.Risteski, Modelling and Simulation of Next-Generation Multimode Fiber Links, (J.Lightwave Tech.Vol.21, No.5, pp.1242-1255, May 2003)

[13] IEEE P802.3ae 10Gb/s Ethernet Task Force Link Budget Spreadsheet (Version 3.1.16a)

[14] TIA TSB-172, High Data Rate Multimode Fiber Transmission Techniques

[15] IEC 61280-1-4, Fibre optic communication subsystem test procedures — Part 1-4: General communication subsystems. Light source encircled flux measurement method

[16] IEC 61280-1-3, Fibre optic communication subsystem test procedures — Part 1-3: General communication subsystems. Central wavelength and spectral width measurement

[17] C.Caspar, R.Freund, F.Achten, A.Gholami, G.Kuyt, P.Matthijsse and D.Molin Impact of Transceiver Characteristics on the Performance of 10 GbE Links Applying OM-4 Multimode Fibers, Proceedings of the 57th IWCS Conference, p.295-303, November 2008

[18] A.Sengupta, Simulation of 10 GbE Multimode Optical Communications Systems, Proceedings of the 57th IWCS Conference, p.320-326, November 2008

[19] G.Oulundsen III, Y.Sun, D.Vaidya, R.Lingle, Jr., T.Irujo, D.Mazzarese, Important Performance Characteristics of Enhanced OM3 Fiber for 10 Gb/s Operation, Proceedings of the 57th IWCS Conference, p.327-334, November 2008

[20] IEEE Std 802.3™ -2015, IEEE Standart for Ethernet, Clause 52 for 10GBASE-S, Clause 86 for 40GBASE-SR4 and 100GBASE-SR10, Clause 95 for 100GBASE-SR4, Clause 112 for 25GBASE-SR

[21] ISO/IEC 14165-116, Information technology — Fibre channel — Part 116: 10 Gigabit fibre channel (10GFC)

[22] ANSI / INCITS 479-2011, Fibre Channel — Physical Interface-5 (FC-PI-5), for 400-SN (4GFC), 800-SN and 800-SA (8GFC), 1600-SN (16GFC)

[23] ANSI / INCITS 512-2015, Fibre Channel — Physical Interface-6 (FC-PI-6), for 3200-SN (32GFC)

[24] IEEE 100G-SR4 Example MMF Link Model. xls, Petrilla [viewed 2017-07-04]

[25] 32G Fibre Channel Model T11-12-376v0, Cunningham 9/27/2012 [viewed 2017-07-04]

[26] H.Murata, Handbook of Optical Fibers and Cables, 2nd Edition. New York: Marcel Dekker Inc., 1996, Figure 22

[27] J.Abbott, S.Bickham, P.Dainese, M.Li, Fibers for Short-Distance Applications, Chapter 7 in Optical Fiber Telecommunications VIA. New York: Elsevier, 2013, Figure 7.3

[28] D.Cunningham and W.Lane,Gigabit Ethernet Networking. New York: Macmillan Technical Publishing, 1999 (Chapter 9 — The Gigabit Ethernet Optical Link Model)

[29] Smith and Personic, 1982

УДК 681.7.068:006.354 ОКС 33.180.10

Ключевые слова: волокна оптические, технические требования

БЗ 9—2018/29

Редактор *Л.С. Зимилова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *С.И. Фирсова*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 08.10.2018. Подписано в печать 24.10.2018. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 5,12 Уч.-изд. л. 4,60.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru