ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 58244— 2018/ IEC/TR 60825-17: 2015

БЕЗОПАСНОСТЬ ЛАЗЕРНОЙ АППАРАТУРЫ

Часть 17

Аспекты безопасности при использовании пассивных оптических компонентов и оптических кабелей в волоконно-оптических системах связи высокой мощности

(IEC/TR 60825-17:2015, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2018

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Автономной некоммерческой организацией «Научно-технический центр сертификации электрооборудования «ИСЭП» (АНО «НТЦСЭ «ИСЭП») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии международного документа, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 452 «Безопасность аудио-, видео-, электронной аппаратуры, оборудования информационных технологий и телекоммуникационного оборудования»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 октября 2018 г. № 800-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному документу IEC/TR 60825-17:2015 «Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 17. Аспекты безопасности при использовании пассивных оптических компонентов и оптических кабелей в волоконно-оптических системах связи высокой мощности» (IEC/TR 60825-17:2015 «Safety of laser products — Part 17: Safety aspects for use of passive optical components and optical cables in high power optical fibre communication systems», IDT).

Международный стандарт разработан Техническим комитетом ТС 76 «Безопасность оптического излучения и лазерное оборудование» Международной электротехнической комиссии (IEC).

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

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

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 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 (www.gost.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 . . . 1
4 Рекомендации . . . 3
4.1 Общие положения. Справочная информация о повреждении оптического волокна при высоких мощностях . . . 3
4.2 Повреждение защитного покрытия волокна, вызванное изгибом оптоволокна при высоких мощностях . . . 3
4.3 Информация по автоматическому снижению мощности (APR) . . . 4
4.4 Информация для изготовителей, эксплуатирующих организаций и пользователей . . . 5
4.5 Повреждения оптоволокна и соединителя, вызванные высокой оптической мощностью . . . 6
4.6 Деструкция или прожигание пылезащитного колпачка и/или створок оптического затвора . . . 7
4.7 Потенциально коллимированный профиль пучка лучей, приводящий к увеличению опасности оптического излучения . . . 7
4.8 Повышение температуры аттенюаторов, коллиматоров, разветвителей и других пассивных компонентов . . . 8
4.9 Дополнительная маркировка . . . 8
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным и межгосударственным стандартам . . . 10
Библиография . . . 11

Введение к международному стандарту

Международная электротехническая комиссия (МЭК) является всемирной организацией по стандартизации, в которую входят все национальные комитеты по электротехнике (национальные комитеты МЭК). Цель МЭК — развитие международного сотрудничества по всем вопросам стандартизации в области электрики и электроники. Для этого, кроме осуществления других видов деятельности, МЭК публикует международные стандарты, технические требования, технические отчеты, технические требования открытого доступа (ТТОД) и руководства (далее — публикации МЭК). Их подготовка возлагается на технические комитеты. Любой национальный комитет МЭК, заинтересованный в объекте рассмотрения, может принять участие в этой подготовительной работе. Международные, правительственные и неправительственные организации, сотрудничающие с МЭК, также принимают участие в этой подготовительной работе. МЭК тесно сотрудничает с Международной организацией по стандартизации (ИСО) на условиях, определенных в соглашении между этими двумя организациями.

Официальные решения или соглашения МЭК по техническим вопросам выражают, насколько это возможно, международное согласованное мнение по рассматриваемым вопросам, так как каждый технический комитет имеет представителей от всех заинтересованных национальных комитетов.

Публикации МЭК имеют форму рекомендаций для международного использования и принимаются национальными комитетами в таком качестве. Несмотря на все разумные усилия, гарантирующие точное техническое содержание документов, МЭК не несет ответственности за то, как используют эти публикации, или за любую неверную их интерпретацию любым конечным пользователем.

В целях содействия международной унификации национальные комитеты МЭК обязуются применять публикации МЭК в их национальных и региональных публикациях с максимальной степенью приближения к исходным. Любые расхождения между публикацией МЭК и соответствующей национальной или региональной публикацией должны быть четко обозначены в последней.

МЭК не предоставляет никакой оценки соответствия. Независимые органы по сертификации предоставляют услуги по оценке соответствия и в некоторых областях право маркирования знаком соответствия МЭК. МЭК не несет ответственности за любые услуги, предоставляемые независимыми органами по сертификации.

Все пользователи должны быть уверены, что они используют последнее издание настоящей публикации.

МЭК или его директора, служащие или агенты, включая отдельных экспертов и членов его технических комитетов и национальных комитетов МЭК, не несут никакой ответственности за причиненные телесные повреждения, материальный ущерб или другое повреждение любой природы вообще, как прямое, так и косвенное, или за затраты (включая юридические сборы) и расходы, проистекающие из использования публикации МЭК, или ее разделов, или любой другой публикации МЭК.

Следует обратить внимание на нормативные ссылки, указанные в настоящей публикации. Использование ссылочных публикаций является обязательным для правильного применения настоящей публикации.

Следует обратить внимание на то, что имеется вероятность того, что некоторые из элементов настоящей публикации могут являться предметом патентного права. МЭК не несет ответственности за идентификацию любых таких патентных прав.

Основная задача технических комитетов МЭК заключается в подготовке международных стандартов. Тем не менее технический комитет может внести предложение о публикации Технического отчета в том случае, когда он собрал данные, отличные от тех, которые обычно публикуются в качестве международного стандарта, например данные, относящиеся к последним техническим достижениям.

IEC/TR 60825-17, который является Техническим отчетом, был подготовлен Техническим комитетом 76 «Безопасность оптического излучения и лазерное оборудование».

Настоящее второе издание аннулирует и заменяет первое издание документа, опубликованного в 2010 году. Настоящее издание представляет собой технический пересмотр.

Изменения по сравнению с предыдущим изданием включают изменения, внесенные для приведения документа в соответствие с документами, разработанными подкомитетами SC86A и SC86B МЭК.

Текст настоящего технического отчета основан на следующих документах:

Проект стандарта для голосования	Отчет о голосовании
76/510/DTR	76/526/RVC

Полную информацию о голосовании по одобрению настоящего Технического отчета можно найти в вышеуказанном отчете о голосовании.

Настоящая публикация была составлена в соответствии с Директивами ИСО/МЭК, часть 2.

Перечень всех стандартов, входящих в серию МЭК 60825 под общим наименованием «Безопасность лазерной аппаратуры», можно найти на сайте МЭК.

Комитет принял решение, что содержание настоящей публикации останется неизменной до конечной даты действия, указанной на сайте МЭК с адресом http://webstore.iec.ch, в данных, относящихся к конкретной публикации. К этой дате публикация будет:

- подтверждена заново;
- аннулирована;
- заменена пересмотренным изданием или
- изменена.

Введение

Быстрое развитие прикладных областей, таких как Интернет и корпоративные интрасети, которые требуют высоких скоростей передачи данных, вызвало резкое увеличение потребности в высокоэффективных подключениях к данным. Повышение эффективности привело к необходимости соответствующего увеличения уровней мощности, используемой в волоконно-оптических системах передачи данных. Существует ряд областей, вызывающих интерес, в том числе (но не исключительно) использование волоконных усилителей, легированных эрбием (EDFA), высокопроизводительных систем мультиплексирования с разделением по длине волны (DWDM) и рамановского усиления.

Уровни мощности, связанные с этими системами, обычно превышают 500 мВт (т. е. класс 4), но некоторые исследования показали, что дополнительные термические эффекты могут возникать и при более низких мощностях. Наличие дополнительных термических эффектов и связанных с ними опасностей требует решения ряда новых проблем. Следует отметить, что в подавляющем большинстве таких систем используется одномодовое оптоволокно.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

БЕЗОПАСНОСТЬ ЛАЗЕРНОЙ АППАРАТУРЫ

Часть 17

Аспекты безопасности при использовании пассивных оптических компонентов и оптических кабелей в волоконно-оптических системах связи высокой мощности

Safety of laser products. Part 17. Safety aspects for use of passive optical components and optical cables in high power optical fibre communication systems

Дата введения — 2019—04—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает рекомендуемые меры безопасности для защиты от воздействий, вызванных исключительно тепловыми, оптомеханическими и связанными с ними эффектами в пассивных оптических компонентах и оптических кабелях, используемых в волоконно-оптических системах связи высокой мощности.

Настоящий стандарт не распространяется на оптические системы высокой мощности, применяемые во взрывоопасных средах или при использовании оптоволокна в станках для обработки материалов. Термин «лазер», применяемый по всему тексту настоящего стандарта, включает все светоизлучающие диоды (LED) и оптические усилители.

2 Нормативные ссылки

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

IEC 60825-1:2014, Safety of laser products — Part 1: Equipment classification and requirements (Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 1. Классификация оборудования и требования)

IEC 60825-2:2004 с поправками IEC 60825-2:2004/AMD1:2006 и IEC 60825-2:2004/AMD2:2010, Safety of laser products — Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS) [Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 2. Безопасность систем волоконно-оптической связи (OFCS)]

ITU-T Recommendation G.664, Optical safety procedures and requirements for optical transmission systems (Рекомендация МСЭ-Т G.664, Процедуры и требования по обеспечению оптической безопасности оптических систем передачи данных)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **автоматическое отключение лазера**; ALS (automatic laser shutdown, ALS): Методика (процедура) автоматического выключения выходной мощности лазерных передатчиков и оптических усилителей для предотвращения воздействия опасных уровней.

3.2 **автоматическое снижение мощности**; APR (automatic power reduction, APR): Конструктивная особенность волоконно-оптических систем передачи данных, с помощью которой доступная мощность

Издание официальное

уменьшается до заданного уровня в течение заданного времени всякий раз, когда происходит событие, которое может привести к воздействию излучения на человека, например при разрыве волоконного кабеля.

Примечание 1 — Термин «автоматическое снижение мощности» (APR), используемый в настоящем стандарте, охватывает следующие термины, используемые в рекомендациях Международного союза электросвязи (МСЭ):

- автоматическое отключение лазера (ALS);
- автоматическое снижение мощности (APR);
- автоматическое выключение питания (APSO).

[Источник: МЭК 60825-2:2004, статья 3.2]

3.3 **местоположение с контролируемым доступом** (controlled location): Доступное место, где имеется технический или административный контроль для того, чтобы сделать его недоступным, за исключением доступа для уполномоченного персонала с соответствующей подготовкой по лазерной безопасности.

[Источник: МЭК 60825-2:2004, статья 3.13]

3.4 **уровень опасности** (hazard level): Потенциальная опасность в любом доступном месте в пределах волоконно-оптической системы передачи данных, соотнесенная с уровнем оптического излучения, которое может стать доступным в разумно предсказуемом событии, например при разрыве волоконного кабеля.

Примечание 1 — Этот термин тесно связан с процедурой классификации лазеров, приведенной в МЭК 60825-1.

[Источник: МЭК 60825-2:2004, статья 3.4, модифицированный. Дополнительная информация была перенесена из определения термина, приведенного в примечании]

3.5 **высокая оптическая мощность** (high optical power): Оптическая мощность не менее 500 мВт, потенциально способная вызвать повреждение оптоволокна, оптических компонентов или систем (как правило, класс 4).

Примечание 1 — Рекомендуемая мощность в некоторых случаях составляет 500 мВт, поскольку это пограничное значение между лазерными устройствами класса 3В (мощность, при которой возникновение пожара маловероятно) и лазерными устройствами класса 4 (мощность, при которой может возникнуть пожар).

Примечание 2 — Исследования показали, что повреждение значительно более вероятно при мощности свыше 1 Вт, но также было обнаружено, что повреждения происходят при мощностях до 200 мВт — см. [1] и [2].

3.6 **потеря непрерывности оптической линии связи** (loss of continuity of an optical link): Событие, которое может привести к выбросу опасных уровней оптической мощности из некоторой точки по ходу тракта оптической системы передачи данных.

Примечание 1 — Общими причинами потери непрерывности оптического канала являются разрыв кабеля, отказ оборудования, отсоединение разъема и т. п.

3.7 **волоконно-оптическая система передачи**; OFCS (optical fibre communication system, OFCS): Специально разработанный целостный узел для генерации, передачи и приема оптического излучения, исходящего из лазеров, светодиодов или оптических усилителей, в котором передача данных для целей связи и/или контроля осуществляется с помощью оптического волокна.

[Источник: МЭК 60825-2:2004, статья 3.18]

3.8 **местоположение с ограниченным доступом** (restricted location, location with restricted access): Местоположение с ограниченным доступом, которое обычно недоступно широкому кругу лиц посредством использования различных мер административного или технического контроля, но доступно для уполномоченного персонала, у которого может не быть подготовки по лазерной безопасности.

[Источник: МЭК 60825-2:2004, статья 3.14]

3.9 **местоположение с неограниченным доступом** (unrestricted location, location with unrestricted access): Местоположение с неограниченным доступом, где отсутствуют меры, ограничивающие доступ широкому кругу лиц.

[Источник: МЭК 60825-2:2004, статья 3.15]

4 Рекомендации

4.1 Общие положения. Справочная информация о повреждении оптического волокна при высоких мощностях

В случае работы оптического волокна (далее — оптоволокно) при высоких уровнях мощности (обычно более 500 мВт) оптоволокна и оптические разъемы могут быть повреждены. В оптических системах связи оптическая мощность передается в режиме непрерывного излучения или при высоких частотах повторения импульсов, поэтому разрушения в основном обусловлены тепловыми механизмами. Повреждения в одномодовых волоконно-оптических системах, вызванные высокой оптической мощностью, приводящей к разрушению волокон, могут быть вызваны воздействием различных эффектов. В связи с этим системы, использующие высокую оптическую мощность в оптоволокне, разъемах, коллиматорах и аттенюаторах, имеют дополнительные проблемы безопасности. Например, локальный нагрев в загрязненных соединителях/аттенюаторах систем с высокой оптической мощностью может представлять потенциальную опасность для окружающих материалов в зависимости от воспламеняемости этих материалов.

МЭК/ТО 61292-4 содержит подробные рекомендации по следующим вопросам (см. также [3]):

- сплавление волокон и распространение процесса сплавления;
- нагрев в оптических разъемных или неразъемных соединителях, вызванный утечкой;
- повреждение торцевой поверхности соединителя, вызванное пылью/загрязнением;
- прожигание/расплав защитного покрытия волокна, вызванный сильным изгибом оптоволокна.

4.2 Повреждение защитного покрытия волокна, вызванное изгибом оптоволокна при высоких мощностях

Исследования [4]—[12], проведенные для случая сильного изгиба оптоволокна, работающего при высокой мощности, показывают, что старение покрытия может происходить медленно, а катастрофические разрушения могут возникать после сотен часов работы. В связи с этим испытания на разрушение должны проводиться в течение достаточно продолжительных периодов времени. Результаты некоторых более ранних экспериментов, которые проводились в течение коротких промежутков времени, возможно, приводили к неправильным выводам. Для измерения чувствительности к повреждению на изгибах оптоволокна, работающего при высокой мощности, следует руководствоваться МЭК/ТО 62547.

При ускоренных методах испытаний на воздействие потенциальных повреждающих факторов при высоких мощностях может использоваться тепловизионная камера, как указано в статье М. Биго-Астрюк с соавторами (Bigot-Astruc M. et al.) [6] и в МЭК/ТО 62547. Температуры равновесного состояния устанавливаются относительно быстро, что позволяет быстро оценить последствия воздействия высокой мощности. Проблемы, связанные с высокой мощностью при сильных изгибах оптоволокна, возникают из-за воздействия на покрытие волокна высокой мощности в месте изгиба или вблизи места изгиба. Старение покрытий происходит со скоростью, определяемой потерями на изгибе оптоволокна, выходной мощностью, условиями окружающей среды и устойчивостью покрытия к воздействиям. Возможные варианты новых конструкций, нечувствительные к изгибу волокон, описаны в Рекомендации МСЭ-Т G.657 и технических требованиях на продукцию МЭК 60793-2-50, волокно категории B6 (см. раздел 2.5 в [7] и подпункт 4.5.3.2 МЭК/ТО 62547:2013). Однако для экстремальных ситуаций могут потребоваться более устойчивые покрытия.

Долговременные разрушительные эффекты, обусловленные высокой мощностью, в других оптических компонентах, описанные, например, в 4.7, указывают на необходимость рассмотрения выводов исследований, проводимых при высоких уровнях мощности, как описано в МЭК/ТО 62547.

Опыты старения покрытий оптоволокна в местах сильных изгибов под действием большой мощности показали, что катастрофические эффекты могут возникать после сотен часов работы [3]. Считается, что старение покрытий является причиной для катастрофического отказа. Использование тепловизионных камер, описанное в статье М. Биго-Астрюк с соавторами (Bigot-Astruc M. et al.) [6] и в МЭК//ТО 62547, показало, что равновесные температуры могут быть хорошим показателем долговечности и такие камеры могут использоваться для сокращения времени, необходимого для оценки воздействия высокой мощности и испытания на разрушение. Также следует отметить, что скорость старения покрытия оптоволокна обычно зависит от температуры, поэтому условия окружающей среды могут влиять на устойчивость компонентов — см. статью Сикоры с соавторами (Sikora et al) [8].

4.3 Информация по автоматическому снижению мощности (APR)

APR становится более критичным в системах, где повреждения от огня, повреждения оптоволокна и соединителя и другие потенциальные опасности становятся возможными, если имеет место неправильное обращение с оптоволокном. Дополнительные рекомендации по APR могут включать дополнительное управление сетью и административный контроль, испытание электрических соединений для повышения надежности APR и другие меры. Волоконно-оптические системы передачи данных (OFCS), использующие высокую оптическую мощность, могут потребовать включения APR в пределах одной секции основного оптического тракта в случае восстановления потерь оптической мощности или восстановления нарушенной непрерывности оптической линии связи в пределах этой конкретной секции.

Автоматическое снижение мощности должно быть подробно описано, и должно быть показано, что оно имеет высокий уровень надежности для систем, использующих большую оптическую мощность в оптоволокне во всех установленных местах. В МЭК 60825-2 описан «адекватный» уровень надежности для APR-систем, составляющий 500 FIT (число отказов за время).

Примечание 1 — МЭК 60825-2 определяет FIT как «показатель надежности, определяемый как количество отказов за 10^9 ч».

При автоматическом снижении мощности следует учитывать всю оптическую мощность, присутствующую в обоих направлениях в оптическом тракте, как описано в Рекомендации МСЭ-Т G.664 (10/2012):

«Методы APR необходимы, когда сумма рабочей мощности (основной оптический сигнал) и выходной мощности лазера накачки в оптических интерфейсах превышает допустимые уровни опасности, определенные в МЭК 60825-2. Полная мощность представляет собой сумму мощностей в любом направлении по всем оптическим каналам, мощности от всех лазеров накачки и мощности от оптических вспомогательных каналов (OAS), если они используются. В контексте настоящей Рекомендации оптический контрольный канал (OSC) рассматривается как конкретный случай OAS.

После снижения мощности уровень полной мощности (сумма мощностей от всех оптических каналов, остаточная мощность от лазеров накачки и мощность от OAS) должен находиться в пределах уровня опасности 1М (или 3В в контролируемых местах), но допускается уменьшение полной мощности до уровня опасности 1 или даже полное отключение.

Системы оптической передачи, использующие распределенное (широкополосное) рамановское усиление, требуют особо осторожного обращения для обеспечения безопасных оптических условий работы, поскольку в оптоволоконные кабели могут быть введены высокие мощности накачки (уровни мощности свыше 30 дБм встречаются довольно часто). Поэтому рекомендуется использовать APR во всех системах, использующих распределенное рамановское усиление с рабочими уровнями мощности выше уровня опасности 1М (или 3В в контролируемых местах). Таким образом, удается избежать опасности от лазерного излучения для глаз или кожи человека и возможных дополнительных опасностей, таких как повышение температуры (или пожар), вызванных местным увеличением поглощения из-за загрязнения или повреждения соединителя. Дополнительные указания приведены в МЭК/ТО 61292-4.

Распределенные системы на основе рамановского рассеяния отличаются от дискретных оптически усиленных систем из-за возможного присутствия лазеров накачки на «принимающей» стороне канала, запускающих высокие оптические мощности обратно в волокно. Чтобы гарантировать, что уровни мощности, излучаемые порванными или открытыми оптоволоконными соединениями, находятся на безопасном уровне, необходимо уменьшить мощность не только от источников основного оптического сигнала, но и от всех используемых лазеров накачки, включая обратные лазеры накачки. Поскольку рабочая длина волны лазеров рамановской накачки обычно отличается от фактического сигнала данных, могут потребоваться раздельные оценки на разных длинах волн: на длине волны лазера накачки и на длине волны основного сигнала».

В приложении II.3 Рекомендации МСЭ-Т G.664 описаны автоматическое отключение лазера (ALS) и процедура перезапуска для одноканальных синхронных цифровых иерархических систем с дополнительным оптическим усилением.

Эксплуатационные характеристики APR должны соответствовать требованиям соответствующих разделов МЭК 60825-2, например требованиям разделов «Автоматическое снижение мощности (APR) и импульсы перезапуска» и «Отключение ALS».

4.4 Информация для изготовителей, эксплуатирующих организаций и пользователей

Потенциальные опасности, возникающие из-за более высоких оптических мощностей, могут потребовать дополнительной информации для пользователей. Изготовители OFCS с высокой оптической мощностью, готовых к использованию комплексных оптических систем с высокой мощностью или подсекций, предназначенных для встраивания в системы с высокой оптической мощностью, должны обеспечивать соответствие оборудования требованиям МЭК 60825-2 и рекомендациям настоящего стандарта.

Опасности лазерного излучения, присутствующие в системах с высокой оптической мощностью, и подробные меры предосторожности, необходимые для предотвращения воздействия опасного лазерного излучения, должны содержаться в руководстве пользователя и инструкциях по установке. Организация, ответственная за установку и обслуживание OFCS с высокой оптической мощностью, должна следовать инструкциям изготовителя по установке оборудования, чтобы обеспечить соответствие доступного лазерного излучения требованиям МЭК 60825-2 и рекомендациям настоящего стандарта при всех разумно предсказуемых условиях.

Эксплуатирующая организация несет основную ответственность за безопасность комплексной системы с высокой оптической мощностью. Безопасность включает в себя определение типа местоположения [т. е. местоположение с ограниченным или неограниченным доступом (определенное в МЭК 60825-2)] во всех доступных местах всей OFCS с высокой оптической мощностью и обеспечение надлежащего контроля доступа к любому месту с учетом безопасности при работе лазера.

В любом месте в OFCS с высокой оптической мощностью, где возможен доступ к торцу оптоволоконного световода или оптической муфте, должны быть в наличии инструкции для оператора или других лиц, имеющих доступ. Инструкции должны содержать указания, позволяющие избежать прямого воздействия лазерного излучения. Также может потребоваться использование персоналом защитных очков для обеспечения безопасности при работе лазера.

К работе с OFCS с высокой оптической мощностью может быть допущен персонал, получивший соответствующую подготовку в области опасных факторов при работе с оптоволокном и высокой оптической мощностью.

Эксплуатирующая организация должна обеспечить соответствующую подготовку по вопросам безопасности лазеров для персонала, ответственного за обеспечение наличия всех необходимых маркировок, защит и мер безопасности в месте размещения OFCS с высокой оптической мощностью и уровнем опасности 3В.

В системах с высокой оптической мощностью потери из-за поглощения высокой мощности могут приводить к повышенным температурам, которые вызывают повреждение и возможное воспламенение. Поэтому персонал, имеющий дело с оптическими компонентами (соединителями, аттенюаторами, коллиматорами, оптическими муфтами и т. д.), предназначенными для использования в системах с высокой оптической мощностью, должен получить соответствующую подготовку по лазерной безопасности в соответствии с требованиями МЭК 60825-2 и МЭК/ТО 61292-4.

В дополнение к регламентирующим документам, которые могут включать в себя МЭК 60825-2, МЭК/ТО 62547 и МЭК/ТО 62627-01, могут быть использованы дополнительные инструкции, относящиеся к оптоволокну с высокой оптической мощностью. Инструкции должны быть доступны для персонала, имеющего дело с оптическими соединителями в системах с высокой оптической мощностью. Примеры инструкций приведены ниже:

- торцевой соединитель: «Не прикасайтесь к торцевому соединителю и очищайте каждое соединение с помощью соответствующих методов очистки»;
- соединитель: «Внимание! Отметьте все стопорные клавиши или аналогичные ограничительные устройства»;
- пылезащитный колпачок: «Пылезащитные колпачки рекомендуется снимать только во время работы (для защиты соединителей от загрязнения)»;
- изгиб и скручивание: «См. МЭК/ТО 62547»;
- испытание/проверка: «Должны быть проведены проверки на наличие загрязнения или повреждения соединителей или торцов оптоволокна. Следует использовать микроскоп с высокой степенью увеличения (с утвержденными к применению ослабляющими фильтрами для устранения возможности воздействия на глаза небезопасных уровней оптического излучения) или непрямое просмотровое устройство. Используйте только утвержденные к применению ослабляющие устройства визуального контроля с увеличением. МЭК 61300-3-35 содержит руководство по проверке торца, МЭК/ТО 62627-01 содержит руководство по очистке»;

- персональная безопасность: «Перед открытием соединителей или началом процедур соединения рекомендуется отключить лазеры высокой мощности. Рекомендации этого документа не заменяют рекомендации, установленные МЭК 60825-1 или МЭК 60825-2»;

- защита лицевой стороны кабеля и соединителя: «Там, где это возможно, выключите лазер. Примите меры предосторожности при проведении очистки».

Когда оптические приборы или оптическая система просмотра не используются, устройства уровня опасности 1 или 1М считаются безопасными для сетчатки глаза, но могут существовать риски для передней части глаза или роговицы. Кроме того, эти устройства могут быть опасными, если пользователь применяет неослабляющие оптические приборы или просмотровую оптику в зоне распространения луча. Во всех случаях рекомендуется использовать непрямые средства просмотра.

4.5 Повреждения оптоволокна и соединителя, вызванные высокой оптической мощностью

4.5.1 Расплавление оптоволокна и другие эффекты

Волоконно-оптические соединители могут выйти из строя в системах оптической связи с высокой мощностью, так как торцевая поверхность стеклянного сердечника оптического волокна может быть разрушена из-за очень высокой плотности оптической мощности. Воздействие высоких температур (возможно, более 1000 °С) может привести к образованию трещины при растяжении и разрушить соединитель. Разрушение оптоволокна также может быть вызвано быстрым испарением загрязняющих веществ, что приводит к индуцированию микровзрыва/лазерного расплавления оптоволоконной жилы.

Высокая плотность мощности также может приводить к катастрофическому разрушению в области сердечника соединителя, вызывая эффект «расплавления оптоволокна» вдоль кабеля, который обусловлен увеличением потерь тепла, происходящего за счет абсорбционной модели поглощения на ионах SiO. Пороговая мощность для распространения «расплавления оптоволокна», приведенная в МЭК/ТО 61292-4, составляет 1,2 Вт или более. При этом процессе может достигаться температура, достаточная для испарения стекла и индуцирования образования пузырьков и пустот в центральной жиле оптоволокна, что может сделать невозможным дальнейшее светопропускание. В области «расплавления оптоволокна» оптическое волокно может начать разрушаться со скоростью около 1 м/с на протяжении нескольких сотен метров (в зависимости от присутствующей мощности лазера). В случае расплавления оптоволокна высокие температуры также создают риск возникновения возгорания внешнего покрытия волокна, любых согласующих наполнителей или других жидкостных или гелевых наполнителей, изоляционных материалов и любых окружающих легковоспламеняющихся материалов.

Примечание 1 — Пороговая мощность1,2 Вт дается как пороговое значение для распространения эффекта плавления волокна. Тем не менее эффект «расплавления оптоволокна» представляет собой явление, связанное с плотностью мощности, и поэтому может зависеть от свойств волокна.

Передача высокой оптической мощности через одномодовые и многомодовые оптоволокна ставит новые задачи перед изготовителями оптоволокна и компонентов, расположенных в том же оптическом тракте. Надежные соединители обеспечивают минимальное затухание передаваемого сигнала, но незначительные потери могут быть вызваны несоответствием параметров сердечника волокна (например, числовой апертуры/диаметра) или боковым/угловым смещением. Потери энергии, вызванные несоосностью волокна, не обязательно будут снижать надежность соединителя, поскольку энергия рассеивается через оболочку волокна, однако эта рассеиваемая энергия может вызвать нагрев адгезивов и/или втулки для фиксации оптических волокон.

Если используют створчатые соединители, следует учитывать повышение температуры на поверхности створки, воспламеняемость и время экспозиции створки до достижения высокой мощности оптического излучения на материале створки. Створка должна быть изготовлена из соответствующего прочного материала, такого как металл.

Примечание 2 — В дополнение к эффекту расплавления оптоволокна, возникающему в соединителе, эффект расплавления можно инициировать путем контакта выходного конца волокна с поглощающими материалами, нагреванием волокна от дугового разряда, образованием изгибов, узлов или мест раздробления.

4.5.2 Загрязняющие частицы

Должна быть обеспечена чистота соединителей. Загрязняющие частицы на рабочих поверхностях соединителя могут поглощать энергию и преобразовывать ее в тепло, что приводит к повышению температуры оптоволокна выше точки плавления диоксида кремния, что приводит к разрушению

соединителя. Вредными загрязняющими веществами являются твердые вещества, такие как продукты износа центрирующих втулок, а также пыль и подобные частицы из окружающей среды. Предполагается, что втулки из диоксида циркония могут использоваться для более высоких мощностей, поскольку они обеспечивают более низкий уровень загрязнения, чем металлические втулки.

Чтобы избежать этих проблем, соединитель, подвергающийся воздействию высокой оптической мощности, должен быть как можно более чистым. Рекомендуется проводить визуальный осмотр торцевых поверхностей втулок для фиксации оптических волокон перед каждым сопряжением. Визуальный осмотр должен проводиться в соответствии с МЭК 61300-3-35. При разъединении соединителей на втулки для фиксации оптических волокон должны быть установлены пылезащитные колпачки, чтобы избежать загрязнения. Пылезащитные колпачки также должны быть установлены на стыковочные адаптеры или проходные соединители. Пылезащитные колпачки всегда должны быть чистыми, чтобы предотвратить взаимное загрязнение.

4.6 Деструкция или прожигание пылезащитного колпачка и/или створок оптического затвора

Пылезащитные колпачки, створки и аналогичные механизмы, используемые в соединителях, должны иметь достаточную устойчивость к прожиганию высокоэнергетическими лучами. Они должны быть изготовлены из материала, возгорание или прогорание которого маловероятно, например, из материала класса 5V или жаростойкого металла с достаточной толщиной (например, сталь может быть более подходящим материалом для створок оптического затвора, чем пластик, при использовании для более высокой мощности).

4.7 Потенциально коллимированный профиль пучка лучей, приводящий к увеличению опасности оптического излучения

4.7.1 Общие положения

В OFCS, использующих более высокие оптические мощности, пучок лучей, выходящий из оптоволокна, может быть расширен и/или коллимирован. Обычно пучок лучей, выходящий из оптоволокна, представляет собой расходящийся конус, что приводит к тому, что глаз улавливает значительно меньшую мощность, чем общая мощность, выходящая из оптоволокна. Мощность пучка лучей, улавливаемых глазом, может быть достаточной для причинения травмы. Один из способов уменьшения опасностей для соединителей и оптоволокна, которые возникают из-за высокой плотности оптической мощности, заключается в расширении, а затем в коллимации пучка лучей, что позволяет уменьшить плотность мощности. Если формирующийся пучок лучей большой мощности коллимируют таким образом, то меры защиты для людей (обеспечиваемые расходящимися пучками) могут быть уменьшены или даже полностью опущены. В 4.7 рассматриваются вопросы, связанные с использованием соединителей со встроенными объективами, которые создают такой коллимированный пучок лучей.

Другие риски могут включать использование волоконно-оптических микроскопов прямого просмотра, которые могут представлять опасность, даже если в микроскопе используется ослабляющий фильтр. Однако недавние исследования показали, что в большинстве случаев использование средств, в высокой степени увеличивающих мощность, не увеличивает опасность. Тем не менее рекомендуется использовать непрямые средства просмотра (IVA) для исследования оптоволокна и компонентов, работающих при высокой мощности.

4.7.2 Соединители, рассчитанные на высокий уровень мощности расширенных пучков

Микроскоп для визуального контроля может не выявить небольшие частицы даже после очистки, что может привести к выходу из строя оптического соединителя. Единственный способ устранить этот риск — уменьшить плотность мощности на рабочей поверхности соединителя, увеличив диаметр пучка (как указано выше). Как правило, соединители для расширенного пучка лучей, в которых используют коллиматорные линзы, изготовлены с устойчивыми корпусами, пригодными для использования в жестких внешних условиях. Такие соединители дают высокие значения вносимых потерь. Один из методов увеличения диаметра пучка заключается в использовании вместо внешней линзы фрагмента градиентного оптоволокна (GRIN-волокно), чтобы коллимировать пучок лучей. Этот метод позволяет выполнить сопряжение системы с расширенным пучком и стандартной (2,5 или 1,25 мм) втулки для фиксации оптических волокон. Линза будет коллимировать диаметр модового поля, например, от 11 до 44 мкм (и пучок лучей может быть под углом 2° к оси волокна после угловой полировки). Если эти соединители открыты во время работы, излучаемые лазером пучки лучей часто опасны на большем расстоянии

и на большей площади, чем пучки, выходящие из обычного оптического соединителя с обычным одномодовым оптоволокном. Также возможно, что опасность в таком соединителе или рядом с ним выше, чем в остальной части системы.

Например, расчет уровня опасности (HL) 1M для одного из таких GRIN-соединителей, работающего на длине волны 1550 нм, приводит к пределу HL — 1M, равному 14 мВт, по сравнению с пределом 136 мВт для пучка, выходящего из обычного соединителя. Если мощность в оптоволокне меньше 136 мВт и он оснащен обычным соединителем, то уровень опасности 1M. Но если он оснащен GRIN-соединителем, то чтобы для такой системы уровень опасности был 1M, мощность в оптоволокне должна быть ниже 14 мВт. Кроме того, пучок продолжает оставаться опасным на гораздо большем расстоянии, чем обычно ожидают телекоммуникационные операторы, привыкшие к использованию обычных волоконно-оптических соединителей.

Примечание — См. также примечание 1 к таблице D.1 МЭК 60825-2:2004 (с поправками 1:2006 и 2:2010): «Некоторые высокомощные соединители используют расширенный диаметр модового поля (MFD), а расходимость поля в дальней зоне ниже. Эти соединители могут привести к повышению уровня опасности. Настоятельно рекомендуется выполнить определение уровня опасности при использовании таких соединителей».

4.8 Повышение температуры аттенюаторов, коллиматоров, разветвителей и других пассивных компонентов

Чистота оптических компонентов, предназначенных для использования в системе с высокой степенью оптической мощности, не должна быть ухудшена за период времени от окончания изготовления до установки. Полированную торцевую поверхность соединителя не допускается трогать руками или брать в руки, ее следует очищать только с помощью соответствующих методов в соответствии с рекомендациями.

Каждое соединение должно быть проверено на предмет чистоты и/или повреждения в соответствии с МЭК 61300-3-35 (с использованием аттенюатора для уменьшения оптической мощности до безопасного уровня для осмотра глазом в случае случайного подключения оптоволокна) или с использованием эквивалентного средства непрямого просмотра. Рекомендуется, чтобы соединители и торцы оптоволокна, подготовленные для сращивания, и подобные компоненты были проверены на чистоту, прежде чем выполнять соединение или сращивание. Рекомендуется также проверять их до того, как в систему будет введена высокая мощность. Материалы, используемые для оптических компонентов, предназначенных для использования в системах с высокой оптической мощностью, то есть соединители, аттенюаторы, коллиматоры, створки и т. д., также должны иметь соответствующий класс воспламеняемости.

Некоторые пассивные оптические компоненты, например оптические аттенюаторы затворного типа, в которых используют оптоволокно, легированное металлом, и которые содержат материалы, поглощающие оптическую энергию, являются недостаточно устойчивыми к оптическому излучению высокой мощности. Согласно оценкам высокой мощности и тепловому моделированию допустимая максимальная мощность для поддержания долговременной надежности для фиксированных затворных оптических аттенюаторов (ослабление на 10 дБ) типа SC (см. МЭК 61754-4) составляет около 300 мВт. Максимальная мощность зависит от значения ослабления, и необходимо помнить, что при использовании высоких оптических мощностей следует соблюдать осторожность. Сведения приведены в МЭК/ТО 62627-03-03.

Для гарантии того, что герметизирующие материалы (и покрытия) не будут повреждены при работе на высокой мощности, требуется проведение испытаний на повреждение пассивных компонентов (например, разветвителей оптоволокна), которое может потребовать довольно длительного времени работы при высоких мощностях.

Дополнительная информация содержится в OFC/NFOEC 2010 JThA60 [13], МЭК/ТО 62627-03-02, OITDA TP 04/SP-PD—2008 [14] и OITDA TP 09/SP-PD—2010. Оптические развязки обычно содержат вращатели Фарадея, которые поглощают примерно 1 % оптической мощности.

4.9 Дополнительная маркировка

Дополнительная опасность из-за увеличения оптических мощностей может привести к необходимости нанесения дополнительной маркировки и дополнительной информации для пользователя, которая расширяет требования, установленные МЭК 60825-2.

Возможно, потребуется использовать дополнительную маркировку, чтобы обратить внимание пользователя на высокие оптические мощности, присутствующие в оптоволокне, и, следовательно, к потенциальной возможности повреждения оптоволокна, соединителя или оболочки оптоволокна (или даже повреждению близлежащих маломощных оптоволокон). Нанесение дополнительной маркировки, содержащей данные о потенциальной опасности возгорания, рекомендуется, если оптическая мощность в оптоволокне превышает 500 мВт. В качестве альтернативы можно использовать строгий административный контроль (например, контролируемым доступ к ключам от мест, где присутствуют высокие мощности).

В связи с тем, что оптоволокна OFCS могут быть протяженными по длине, маркировка (метки) должна быть предусмотрена в точках доступа там, где это необходимо.

В дополнение к обязательной маркировке, указанной в МЭК 60825-2, для мест в OFCS с высокой оптической мощностью и уровнями опасности 2, 2М, 3R и 3В должна быть нанесена предупредительная маркировка символом опасности, как показано на рисунке 3 МЭК 60825-1:2014.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным и межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта
IEC 60825-1:2014	—	*
IEC 60825-2:2004	IDT	ГОСТ IEC 60825-2—2013 «Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 2. Безопасность волоконно-оптических систем связи»
ITU-T Recommendation G.664	—	*

* 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 стандарта:

- IDT — идентичный стандарт.

Библиография

IEC 60793-2-50, Optical fibres — Part 2-50: Product specifications — Sectional specification for class B single-mode fibres (Волокна оптические. Часть 2-50. Технические условия на продукцию. Групповые технические условия на одномодовые волокна класса В)

IEC 60794-1-1, Optical fibre cables — Part 1-1: Generic specification — General (Кабели волоконно-оптические. Часть 1-1. Общие технические условия. Общие положения)

IEC/TR 61292-4, Optical amplifiers — Part 4: Maximum permissible optical power for the damage-free and safe use of optical amplifiers, including Raman amplifiers (Усилители оптические. Часть 4. Максимально допустимая оптическая мощность для безопасного использования без повреждений оптических усилителей, включая усилители на эффекте Рамана)

IEC 61300-2-14:2012, Fibre optic interconnecting devices and passive components — Basic test and measurement procedures — Part 2-14: Tests — High optical power (Волоконно-оптические соединительные устройства и пассивные компоненты. Основные методы испытаний и измерений. Часть 2-14. Испытания. Высокая оптическая мощность)

IEC 61300-3-6, Fibre optic interconnecting devices and passive components — Basic test and measurement procedures — Part 3-6: Examinations and measurements — Return loss (Волоконно-оптические соединительные устройства и пассивные компоненты. Основные методы испытаний и измерений. Часть 3-6. Проверки и измерения. Потери на отражение)

IEC 61300-3-34, Fibre optic interconnecting devices and passive components — Basic test and measurement procedures — Part 3-34: Examinations and measurements — Attenuation of random mated connectors (Волоконно-оптические соединительные устройства и пассивные компоненты. Основные методы испытаний и измерений. Часть 3-34. Проверки и измерения. Ослабление произвольно сочлененных соединителей)

IEC 61300-3-35, Fibre optic interconnecting devices and passive components — Basic test and measurement procedures — Part 3-35: Examinations and measurements — Visual inspection of fibre optic connectors and fibre-stub transceivers (Волоконно-оптические соединительные устройства и пассивные компоненты. Основные методы испытаний и измерений. Часть 3-35. Проверки и измерения. Визуальный осмотр волоконно-оптических соединителей и волоконно-оптических согласующих трансиверов)

IEC 61753-1, Fibre optic interconnecting devices and passive components performance standard — Part 1: General and guidance for performance standards (Волоконно-оптические соединительные устройства и стандарт технических характеристик пассивных компонентов. Часть 1. Общие положения и руководство для стандартов технических характеристик)

IEC 61754-4, Fibre optic interconnecting devices and passive components — Fibre optic connector interfaces — Part 4: Type SC connector family (Волоконно-оптические соединительные устройства и пассивные компоненты. Интерфейсы волоконно-оптических соединителей. Часть 4. Серия соединителей типа SC)

IEC/TR 62048, Optical fibres — Reliability — Power law theory (Волокна оптические. Надежность. Теория степенного закона)

IEC 62074-1, Fibre optic interconnecting devices and passive components — Fibre optic WDM devices — Part 1: Generic specification [Волоконно-оптические соединительные устройства и пассивные компоненты. Устройства со спектральным уплотнением (WDM). Часть 1. Общие технические требования]

IEC/TR 62547, Guidelines for the measurement of high-power damage sensitivity of singlemode fibres to bends — Guidance for interpretation of results (Руководящие указания по измерению чувствительности к повреждению одномодовых волокон при изгибе и воздействии энергии большой мощности. Руководство для интерпретации результатов)

IEC/TR 62627-01, Fibre optic interconnecting devices and passive components — Part 01: Fibre optic connector cleaning methods (Волоконно-оптические соединительные устройства и пассивные компоненты. Часть 01. Методы очистки волоконно-оптических соединительных устройств)

IEC/TR 62627-03-02, Fibre optic interconnecting devices and passive components — Part 03-02: Reliability — Report of high power transmission test of specified passive optical components (Волоконно-оптические соединительные устройства и пассивные компоненты. Часть 03-02. Надежность. Протокол испытания параметров передачи сигнала высокой мощности при помощи стандартных пассивных оптических компонентов)

IEC/TR 62627-03-03, Fibre optic interconnecting devices and passive components — Part 03-03: Reliability — Report on high-power reliability for metal-doped optical fibre plug-style optical attenuators (Волоконно-оптические соединительные устройства и пассивные компоненты. Часть 03-03. Надежность. Протокол испытания на надежность при высокой мощности легированных металлом волоконно-оптических затворных оптических аттенюаторов)

IEC/TR 62627-03-04, Fibre optic interconnecting devices and passive components — Part 03-04: Reliability — Guideline for high power reliability of passive optical components (Волоконно-оптические соединительные устройства и пассивные компоненты. Часть 03-04. Надежность. Руководство по обеспечению надежности при высокой мощности для пассивных оптических компонентов)

ITU-T Recommendation G.657, Characteristics of a bending-loss insensitive single-mode optical fibre and cable for the access network (Характеристики потерь на изгибах одномодового малочувствительного оптического волокна и кабеля для сети доступа)

Другие публикации

[1] SIKORA E.S.R., McCARTNEY D.J., FARROW K., DAVEY R. Impact of high optical power on fibre reliability. Proc. SubOptic 2004, Monaco. March 29th — April 1, 2004 (Влияние оптического излучения высокой мощности на надежность оптоволоконных световодов)

[2] SIKORA E.S.R., McCARTNEY D.J., FARROW K., DAVEY R. Reduction in fibre reliability due to high optical power. Proc. ECOC'03. Tu.1.7.4 (Снижение надежности оптоволоконных световодов вследствие влияния оптического излучения высокой мощности)

[3] SEO K., NISHIMURA N., SHIINO M., YUGUCHI R., SASAKI H. Evaluation of high power endurance in optical fibre links. Furukawa Review, 24 (2003), p. 17—22 (Оценка устойчивости волоконно-оптической линии связи к высокой мощности)

[4] WRIGHT J.V., SIKORA E.S.R., McCARTNEY D.J., FARROW K.D. Improved understanding of high-power damage phenomena at fibre bends through analytical temperature mapping. SPIE 6193-21; Strasbourg, France. April 2006 (Улучшенное понимание процессов повреждения вследствие воздействия большой мощности при изгибе оптоволокна посредством применения аналитической карты температур)

[5] BIGOT-ASTRUC M., de MONTMORILLON L.A., SILLARD P. High-Power Resistance of Bend-Optimized Single Mode Fibres. Proc OFC'2008. San Diego, USA. Paper ref JWA2 (Устойчивость одномодовых световодов с оптимизированным изгибом к высокой мощности)

[6] BIGOT-ASTRUC M., SILLARD P., GAUCHARD S., LE ROUX P., BRANDON E. Analysis of coating temperature increase in fibres under high power and tight bending. Proc OFC'2006. Anaheim, USA. Paper ref OFK4.pdf (Анализ повышения температуры покрытия световодов при высокой мощности и сильном изгибе)

[7] KUYT Gerard, MATTHIJSSE Piet, GASCA Laurent, de MONTMORILLON Louis- Anne, BERKERS Arnie, DOORN Mijndert, NOTHOFER Klaus, WEISS Alexander. The Impact of New Bend-insensitive Single Mode Fibres on FTTH Connectivity and Cable Designs. Proc. of the 56th IWCS 2007, (paper 10-4) (Влияние новых нечувствительных к изгибу одномодовых световодов на подключаемость сети с полностью оптоволоконным доступом и конструкцию кабелей)

[8] SIKORA E.S.R., MCCARTNEY D.J., WRIGHT J.V. The impact of coating ageing on the susceptibility to high power damage at fibre bends. Elect Letts, 43, 2007; Issue 4, p. 208—210 (Воздействие старения покрытий на предрасположенность к повреждению на изгибе оптоволокна вследствие воздействия большой мощности)

[9] PERCIVAL R.M., SIKORA E.S.R., WYATT R. Catastrophic damage and accelerated ageing in bent fibres caused by high optical powers. Electronics Letters; 36 (2000), p. 36—38 (Катастрофические повреждения и ускоренное старение в изогнутых световодах, вызванное высокой оптической мощностью)

[10] DAVIS I.M., GLAESEMANN G.S., TEN S., WINNINGHAM M.J. Optical Fibres Resilient to Failure in Bending under High Power. ECOC'05 (Оптические волокна, устойчивые к отказу при изгибе под высокой мощностью)

[11] CHIEN C.K., CLARK D.A., GLAESEMANN G.S. Coating failure of bent fibre under high power laser. IWCS, Proc of the 54th IWCS Focus, 2005, p. 373—379 (Повреждение покрытия изогнутых световодов под воздействием излучения мощного лазера)

[12] GLAESEMANN G.S., WINNINGHAM M.J., BICKHAM R.J. Single mode fibre for high power applications with small bend radii. SPIE 6193-23; Strasbourg, France. April 2006 (Одномодовый световод с небольшими радиусами изгиба для использования при высокой мощности)

[13] SHIBUYA T., NAGASE R., TAKAHASHI T., KUBO D., MATSUURA H. OFC/NFOEC 2010 JThA60, High power reliability for plug style optical attenuators (Устойчивость к воздействию высокой мощности оптических аттенюаторов затворного типа)

[14] OITDA TP 04/SP-PD—2008, Technical paper on investigation for high-power reliability for passive optical components for optical communication application (Методическое пособие по исследованию надежности сверхмощных пассивных оптических компонентов для оптической связи)

[15] OITDA TP 08/AM—2010, General information for optical fibre fuse (Общая информация по расплавлению оптоволокна)

[16] OITDA TP 09/SP-PD—2010, Technical paper of investigation of high-power reliability for plug-style fixed optical attenuators (Методическое пособие по исследованию устойчивости к воздействию высокой мощности для фиксированных оптических аттенюаторов затворного типа)

УДК 681.3:331.4:006.354 ОКС 31.260 ОКПД 2: 26.11.22.130, 26.70.23.120

Ключевые слова: аттенюаторы, коллиматоры, разветвители, лазер, автоматическое отключение, автоматическое снижение мощности, уровень опасности, волоконно-оптические линии связи

БЗ 5—2018/65

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.Р. Ароян*
Компьютерная верстка *Ю.В. Поповой*

Сдано в набор 18.10.2018. Подписано в печать 02.11.2018. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,33. Уч.-изд. л. 2,10.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ИД «Юриспруденция», 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, 11.
www.jurisizdat.ru y-book@mail.ru

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

gost.e-ecolog.ru