ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р МЭК 60825-2— 2009

БЕЗОПАСНОСТЬ ЛАЗЕРНОЙ АППАРАТУРЫ

Часть 2

Безопасность волоконно-оптических систем связи

IEC 60825-2:2007
Safety of laser products — Part 2:
Safety of optical fibre communication Systems (OFCS)
(IDT)

Издание официальное

БЗ 10—2009/622

Москва
Стандартинформ
2010

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Автономной некоммерческой организацией «Научно-технический центр сертификации электрооборудования «ИСЭП» на основе собственного аутентичного перевода на русский язык стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартам ТК 452 «Безопасность аудио-, видео-, электронной аппаратуры, оборудования информационных технологий и телекоммуникационного оборудования. Устройства отображения информации»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по регулированию и метрологии от 14 декабря 2009 г. № 756-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту МЭК 60825-2:2007 «Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 2. Безопасность волоконно-оптических систем связи» [IEC 60825-2: Part 2: «Safety of laser products. Safety of optical fibre communication Systems (OFCS)»]

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

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежегодно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра, замены или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «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

© Стандартинформ, 2010

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 и назначения . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 2
3 Термины и определения . . . 2
4 Требования к техническим характеристикам . . . 4
4.1 Общие требования . . . 4
4.2 Защитный корпус ОСС . . . 4
4.3 Оптоволоконные кабели . . . 5
4.4 Кабельные соединители . . . 5
4.5 Автоматическое понижение мощности и импульсы перезапуска . . . 5
4.6 Нанесение меток и маркировок . . . 6
4.7 Организационные требования . . . 11
4.8 Оценка уровня опасности . . . 12
4.9 Требования к уровню опасности по типу размещения . . . 13
Приложение А (справочное) Обоснование . . . 14
Приложение В (справочное) Сводные требования к размещению ОСС . . . 15
Приложение С (справочное) Методы анализа опасности/безопасности . . . 16
Приложение D (справочное) Практические замечания, применяемые для безопасной эксплуатации ОСС 17
Приложение Е (справочное) Руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию . . . 36
Приложение F (справочное) Классификация понятия «уровень опасности» . . . 38
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам Российской Федерации . . . 40
Библиография . . . 41

Предисловие

Международная электротехническая комиссия (МЭК) — это всемирная организация по стандартизации, включающая в себя все национальные комитеты (национальные комитеты МЭК). Цель МЭК заключается в развитии международного сотрудничества по всем вопросам стандартизации в области электрической и электронной аппаратуры. По указанному и другим видам деятельности МЭК публикует международные стандарты.Их подготовка возложена на технические комитеты. Любой национальный комитет МЭК, заинтересованный данным вопросом, может участвовать в этой подготовительной работе. Международные, правительственные и неправительственные организации, сотрудничающие с МЭК, также участвуют в подготовительной работе. МЭК тесно сотрудничает с Международной Организацией по Стандартизации (ИСО) на условиях, определенных в соответствующем соглашении между двумя организациями.

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

Выпускаемые документы имеют форму рекомендаций для международного использования, публикуются в виде стандартов, технических отчетов или руководств и принимаются национальными комитетами именно в таком качестве.

В целях содействия международной унификации (единой системе) национальные комитеты МЭК обязуются при разработке национальных и региональных стандартов брать за основу международные стандарты МЭК, насколько это позволяют условия данной страны. Любое расхождение между стандартами МЭК и соответствующими национальными или региональными стандартами должно быть ясно обозначено в последних.

Настоящий стандарт подготовлен на основе применения международного стандарта МЭК 60825-2:2007, разработанного Техническим комитетом 76 «Безопасность оптического излучения и лазерная аппаратура».

Настоящее третье издание стандарта аннулирует и заменяет второе издание, опубликованное в 2000 г. Это издание вызвано необходимостью внесения технических изменений в номенклатуре опасных уровней, используемых в настоящем документе в соответствии с ревизией системы классификации, проведенной в МЭК 60825-1. Кроме того, текст стандарта основательно переработан.

Объединенная версия МЭК 60825-2 основана на третьем издании (2004 г.) [документы 76/288/FDIS и 76/293/RVD] и его изменении 1 (2006 г.) [документы 76/346/FDIS и 76/353/RVD].

Настоящее издание обозначается 3.1.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

БЕЗОПАСНОСТЬ ЛАЗЕРНОЙ АППАРАТУРЫ

Часть 2

Безопасность волоконно-оптических систем связи

Safety of laser products. Part 2.
Safety of optical fibre communication systems

Дата введения — 2011—01—01

1 Область применения и назначение

Настоящий стандарт устанавливает требования и является руководством по безопасности и обслуживанию оптоволоконных систем связи (ОСС). В этих системах оптическая мощность может быть доступна вне замкнутого пространства передающего оборудования или на большом расстоянии от оптического источника.

Настоящий стандарт требует оценки уровней опасности в доступных зонах как соответствие классификации МЭК 60825-1. Это относится ко всему комплексу ОСС, включая ее компоненты и узлы, генерирующие или усиливающие оптическое излучение. Отдельные компоненты и узлы, которые реализуются поставщиками для встраивания в комплекты ОСС, не относятся к настоящему стандарту, так как ему должен соответствовать полный комплект ОСС.

Примечание — Изготовители таких компонентов и узлов могут использовать настоящий стандарт по своему желанию или в соответствии с контрактом.

Настоящий стандарт не относится к оптоволоконным системам, разработанным для передачи оптической мощности при обработке материалов или лечении.

В дополнение к опасным факторам, относящимся к лазерному излучению, ОСС могут быть причиной других опасностей, таких как огонь.

Настоящий стандарт не относится к проблемам безопасности, связанным с взрывом или огнем для ОСС, расположенных во взрывоопасной атмосфере.

В настоящем стандарте слово «лазер» заменяет слова «светодиоды (СИД)» и «оптические усилители».

Целью настоящего стандарта является:

- защита людей от оптического излучения от ОСС;
- установление требований к изготовителям, монтажным организациям, обслуживающим и эксплуатирующим организациям для разработки процедур и предоставления информации для принятия надлежащих мер предосторожности;
- гарантия адекватности предупреждений, предоставленных людям, относительно потенциальных опасностей, связанных с ОСС, с помощью знаков, меток и инструкций.

В приложении А дано более детальное объяснение настоящего стандарта.

Безопасность ОСС в существенной степени зависит от особенностей оборудования, формирующего передающую систему. В зависимости от особенностей оборудования это может быть необходимо для отметок по безопасности и соответствующей информации относительно изделия или включение его в инструкции для пользователей.

Где требуется, из-за уровня потенциальной опасности, ответственность за безопасное размещение и использование этих систем возлагается на монтажную организацию или конечного пользователя/эксплуатирующую организацию, или на всех. Настоящий стандарт возлагает ответственность за строгое соблюде-

Издание официальное

ние инструкций по безопасности во время установки и при обслуживании на монтажную организацию или конечного пользователя. Пользователь настоящего стандарта может соответствовать одной или более вышеупомянутых категорий, т. е. изготовитель, монтажная организация, конечный пользователь/эксплуатирующая организация.

2 Нормативные ссылки

Следующие нормативные ссылки являются обязательными для настоящего стандарта. В датированных ссылках применяются только заголовки данного издания. Для недатированных ссылок применяется позднейшее издание ссылочного документа (включая любые поправки).

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие международные стандарты:

МЭК 60825-1:1993 Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 1. Классификация оборудования, требования и руководство пользователя (IEC 60825-1:1993 Safety of laser products — Part 1: Equipment classification, requirements and user's guide[1])

Amendments 1 (1997)

Amendments 2 (2001)[2]

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **доступная зона (помещение)** (accessible location): Любая часть или зона (помещение) в пределах ОСС, в которую при обоснованно ожидаемом событии возможен человеческий доступ к лазерному излучению без использования инструмента.

3.2 **автоматическое понижение мощности (АПМ)** [automatic power reduction (APR)]: Свойство передающего устройства ОСС, позволяющее уменьшать мощность до определенного уровня за определенное время, когда в результате происшествия возможно поражение человека лазерным излучением, например при разрыве кабеля оптоволокна.

Примечание — Термин «автоматическое понижение мощности» (АПМ), используемый в настоящем стандарте, включает в себя следующие термины, использованные в рекомендациях Международного Телекоммуникационного Союза ITU: автоматическое отключение лазера; автоматическое понижение мощности; автоматическое выключение мощности.

3.3 **конечный пользователь** (end-user): Человек или организация, использующие ОСС в соответствии с ее конструкцией.

Примечание 1 — Конечный пользователь не может управлять генерируемой и передаваемой внутри системы мощностью.

Примечание 2 — Если человек или организация используют ОСС для связи не в соответствии с заявленной изготовителем, то этот человек/организация несут ответственность как монтажная организация или изготовитель.

3.4 **уровень опасности** (hazard level): Потенциальная опасность в любом доступном месте в пределах ОСС. Уровень опасности основан на уровне оптического излучения, которое может стать доступным при обоснованно ожидаемом событии, например при разрыве кабеля оптоволокна. Уровень опасности связан с классификацией лазеров в МЭК 60825-1.

3.5 **уровень опасности 1** (hazard level 1): Уровень опасности 1 относится к любой доступной зоне в пределах ОСС, в которой при обоснованно ожидаемом событии не будет доступа человека к лазерному излучению, превышающему эмиссию класса 1 для применяемых длин волн и длительности излучения.

3.6 **уровень опасности 1М** (hazard level 1M): Уровень опасности 1М относится к любой доступной зоне в пределах ОСС, в которой при обоснованно ожидаемом событии не будет доступа человека к лазерному излучению, превышающему эмиссию класса 1 для применяемых длин волн и длительности излуче-

---

[1] Объединенное издание (1.2) содержит МЭК 60825-1 (1993) и его Изменение 1 (1997) и Изменение 2 (2001). A consolidated edition comprising IEC 60825-1 (1993) and its Amendments 1 (1997) and Amendments 2 (2001).

[2] Стандарт заменен на МЭК 60825-1:2007—03 «Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 1. Классификация оборудования и требования» (IEC 60825-1:2007—03 Safety of laser products — Part 1: Equipment classification and requirements). Для однозначного соблюдения требований настоящего стандарта, выраженных в датированных ссылках, рекомендуется использовать только данный ссылочный документ.

ния, при этом уровень излучения измеряют в соответствиями с условиями для лазеров класса 1М (МЭК 60825-1).

Примечание — Если применяемый предел уровня опасности 1М больше предела для уровня 2 или 3R и меньше предела для уровня 3В, применяют уровень опасности 1М.

3.7 **уровень опасности 2** (hazard level 2): Уровень опасности 2 относится к любой доступной зоне в пределах ОСС, в которой при обоснованно ожидаемом событии не будет доступа человека к лазерному излучению, превышающему эмиссию класса 2 для применяемых длин волн и длительности излучения.

Примечание — Если применяемый предел уровня опасности 1М больше предела для уровня 2 и меньше предела для уровня 3В, применяют уровень опасности 1М.

3.8 **уровень опасности 2М** (hazard level 2M): Уровень опасности 2М относится к любой доступной зоне в пределах ОСС, в которых при обоснованно ожидаемом событии не будет доступа человека к лазерному излучению, превышающему эмиссию класса 2 для применяемых длин волн и длительности излучения, при этом уровень излучения измеряют в соответствиями с условиями для лазеров класса 2М (МЭК 60825-1).

Примечание — Если применяемый предел уровня опасности 2М больше предела для уровня 3R и меньше предела для уровня 3В, применяют уровень опасности 2М.

3.9 **уровень опасности 3R** (hazard level 3R): Уровень опасности 3R относится к любой доступной зоне в пределах ОСС, в которой при обоснованно ожидаемом событии не будет доступа человека к лазерному излучению, превышающему эмиссию класса 3R для применяемых длин волн и длительности излучения.

Примечание — Если применяемый предел уровня опасности 1М или 2М больше предела для уровня 3R и меньше предела для уровня 3В, применяют уровень опасности 2М.

3.10 **уровень опасности 3В** (hazard level 3B): Уровень опасности 3В относится к любой доступной зоне в пределах ОСС, в которой при обоснованно ожидаемом событии не будет доступа человека к лазерному излучению, превышающему эмиссию класса 3В для применяемых длин волн и длительности излучения.

3.11 **уровень опасности 4** (hazard level 4): Уровень опасности 4 относится к любой доступной зоне в пределах ОСС, в которой при обоснованно ожидаемом событии не будет доступа человека к лазерному излучению, превышающему эмиссию класса 3В для применяемых длин волн и длительности излучения.

Примечание — Настоящий стандарт применяют для эксплуатации и технического обслуживания ОСС. Для достижения требуемого уровня безопасности людей, которые могут контактировать с передаваемым оптическим пучком, уровень опасности 4 настоящим стандартом запрещен. Допускается использовать системы защиты, такие как АПМ, для достижения требуемого уровня опасности, когда мощность передается в нормальном эксплуатационном режиме (например, в оптоволокне исключается возможность отказа), который разрешен для данного типа размещения. Например, для доступной части ОСС допускается уровень опасности 1, даже если передаваемая мощность в оптоволокне при нормальном эксплуатационном режиме соответствует классу 4.

3.12 **монтажная организация** (installation organization): Организация или частное лицо, ответственные за монтаж ОСС.

3.13 **помещение с контролируемым доступом; контролируемое помещение** (location with controlled access; controlled location): Доступное помещение, в котором осуществляется технический или административный контроль, исключающий доступ посторонних лиц, кроме уполномоченного персонала, прошедшего обучение лазерной безопасности.

Примечание — Например, см. D.2.1, перечисление a).

3.14 **помещение (зона) с ограниченным доступом; ограниченное помещение (зона)** (location with restricted access; restricted location): Помещение (зона), обычно недоступное для посторонних лиц посредством мер административного или технического контроля, но доступное для персонала, в том числе не имеющего подготовки по лазерной безопасности.

Примечание — Например, см. D.2 1, перечисление b).

3.15 **помещение (зона) с неограниченным доступом; неограниченное помещение (зона)** (location with unrestricted access; unrestricted location): Доступное помещение (зона), куда разрешен доступ для всех лиц без ограничения.

Примечание — Например, см. D.2.1, перечисление b).

3.16 **производитель** (manufacturer): Организация или частное лицо, которые конструируют или изготовляют оптические устройства или различные компоненты для сборки или модификации ОСС.

3.17 **эксплуатирующая организация** (operating organization): Организация или частное лицо, ответственные за эксплуатацию ОСС.

3.18 **оптоволоконная система связи (ОСС)** (optical fibre communication system (OFCS)): Устройство полного цикла, спроектированное для генерирования, передачи и приема оптического излучения, производимого лазером, светоизлучающим диодом (далее — СИД) или оптическим усилителем, которое проходит в оптоволокне с целью передачи информации и/или контроля.

3.19 **обоснованно ожидаемое событие** (reasonably foreseeable event): Событие, возникновение которого при данных обстоятельствах может быть предсказано объективно безошибочно и вероятность возникновения или частота которого невысока или очень низка.

Примечание — Примерами обоснованно ожидаемых событий могут быть следующие: разрыв кабеля оптоволокна, разъединение оптического соединителя, ошибка оператора или невнимание к безопасности при работе.

Необдуманное использование оборудования или использование его с несоответствующими целями не рассматривается как обоснованно ожидаемое событие.

3.20 **организации обслуживания** (service organization): Организация или частное лицо, ответственное за обслуживание ОСС.

3.21 **компонент системы** (subassembly): Любая часть устройства, узел, элемент сети или модуль ОСС, которые содержат оптический излучатель или оптический усилитель.

4 Требования к техническим характеристикам

4.1 Общие требования

Данный раздел определяет ограничения, которые должны быть установлены для ОСС и для типов помещений, в которых ОСС могут функционировать, в соответствии с опасностью от оптического излучения, возможной в результате обоснованно ожидаемого события. При любом изменении в ОСС организация, ответственная за это изменение, должна определить изменение уровня опасности. Если уровень опасности изменился, организация, ответственная за это(эти) изменение(я), должна повторно маркировать все доступные помещения, чтобы гарантировать соответствие настоящему стандарту.

Каждое доступное помещение в пределах ОСС оценивают отдельно по уровню опасности. В местах с большим числом коммуникаций уровень опасности выбирают самым высоким из уровней, определенных для каждой из систем. На основании определенного уровня опасности принимают надлежащие меры, гарантирующие соответствие настоящему стандарту. Эти меры могут предусматривать ограничение доступа в помещение, изменение характеристик защитных устройств или модернизацию оптической системы связи с целью уменьшения уровня опасности.

Поставщики активных компонентов и узлов, которые не включены в ОСС в соответствии с настоящим стандартом, должны учитывать только соответствие 4.2.

ОСС, которые в том числе передают электроэнергию, должны соответствовать требованиям настоящего стандарта в дополнение к любому применяемому электрическому стандарту.

Примечание — При определении уровня опасности следует учитывать две особенности:

1) в помещении, где возможно облучение человека от ОСС, должна быть определена максимально возможная экспозиция (МВЭ). При определении МВЭ учитывают время срабатывания устройства АПМ (если имеется). Если устройство АПМ не встроено в ОСС, то соответствие требованиям определяется в примечании 2 и берется как однозначное соответствие требованиям примечания 1 без дальнейшего исследования или испытаний. Требования описаны в 4.8.2.

2) какова максимальная разрешенная мощность, с которой могут действовать ОСС после того как обоснованно ожидаемое событие (например, разрыв оптоволокна) привело к возможности излучения? Максимальная мощность может быть ниже, чем при нормальном функционировании в результате срабатывания системы АПМ, описанной в 4.8.1.

4.2 Защитный корпус ОСС

Каждая ООС должна иметь защитный корпус, препятствующий доступу человека к лазерному излучению, превышающему предел уровня опасности 1 при нормальных условиях эксплуатации.

4.3 Оптоволоконные кабели

Если потенциальная опасность в каком-нибудь доступном помещении в пределах ОСС соответствует уровням опасности 1М, 2М, 3R или 3В, то оптоволоконный кабель должен по механическим свойствам соответствовать такому расположению. Кабели для различных расположений описаны в МЭК 60794. Когда необходимо, для предотвращения повреждений используют дополнительную защиту, например систему каналов, кабелепровод или канал для внутренней прокладки кабелей.

4.4 Кабельные соединители

Кабельные соединители при проектировании или размещении должны отвечать соответствующим требованиям. При любом назначении должен быть исключен доступ человека к излучению выше допустимого.

Примечание — Одним из примеров механического воздействия является использование инструмента для разъединения.

4.4.1 Помещения (зоны) с неограниченным доступом

В неограниченных помещениях доступ к излучению от соединителя необходимо ограничить, если уровень излучения превышает:

- уровень опасности 2 в пределах длин волн от 400 до 700 нм или
- уровень опасности 1 во всех других случаях.

Примечание — В неограниченных помещениях самыми высокими разрешенными уровнями опасности являются уровень опасности 2М для диапазона длин волн от 400 до 700 нм и уровень опасности 1М во всех других случаях (см. 4.9.1).

4.4.2 Помещения (зоны) с ограниченным доступом

В ограниченных помещениях доступ к излучению от соединителя необходимо ограничить, если уровень излучения превышает:

- уровень опасности 2М в пределах длин волн от 400 до 700 нм или
- уровень опасности 1М во всех других случаях,

Примечание — В ограниченных помещениях самыми высокими разрешенными уровнями опасности являются 1М, 2М или 3R — тот, который выше (см. 4.9.2).

4.4.3 Контролируемые помещения (зоны)

В контролируемых помещениях доступ к излучению от соединителя необходимо ограничить, если уровень излучения превышает:

- уровень опасности 2М в пределах длин волн от 400 до 700 нм или
- уровень опасности 1М во всех других случаях.

Примечание — В контролируемых помещениях самым высоким разрешенным уровнем опасности является 3В (см. 4.9.3).

4.5 Автоматическое понижение мощности и импульсы перезапуска

Если с целью понижения назначенного уровня опасности в оборудовании используют АПМ, то она перезапускается с ограничениями, которые описаны в трех вариантах. Дополнительно АПМ проектируется с соответствующим уровнем надежности (см. примечание 1).

Примечание 1 — Примеры вычислений надежности систем АПМ даны в D.5 (приложение D).

Примечание 2 — Интервал перезапуска, описанный в следующих вариантах, зависит от длины волны (МЭК 60825-1).

4.5.1 Автоматический перезапуск

Если перезапуск произведен автоматически, время и мощность процесса перезапуска ограничивают таким образом, чтобы уровень опасности, определенный для каждой доступной зоны размещения системы, не был превышен.

4.5.2 Ручной перезапуск с исключением прерывания

Если перезапуск произведен вручную и траектория пучка контролируется на всем протяжении с помощью административных и других средств, то время и мощность процесса перезапуска не ограничены (см. примечание 3). В инструкции изготовителя должно быть указано, что при административном (или ином) контроле учитывается, что назначенный уровень опасности в любой доступной зоне во время процедуры перезапуска может быть превышен.

Примечание 3 — Поскольку в данном случае выбор времени и мощности процесса перезапуска не ограничены, административные или иные средства управления требуют согласования любых рисков новых опасностей (таких как огонь). Важно, чтобы дополнительный контроль был утвержден в соответствующих инструкциях.

4.5.3 Ручной перезапуск с возможностью прерывания

Если перезапуск произведен вручную и траектория пучка не контролируется на всем протяжении, то время и мощность процесса перезапуска должны быть ограничены таким образом, чтобы уровень опасности, определенный для каждой доступной зоны размещения системы, не был превышен.

4.5.4 Отмена автоматического понижения мощности

При ручном перезапуске системы временно не работает система АПМ, на что должен указывать соответствующий индикатор в течение всего периода перезагрузки, чтобы эксплуатирующая организация приняла соответствующие меры предосторожности. При несоблюдении этих условий уровень опасности назначают с учетом уровня передаваемой мощности до системы АПМ.

Отключение механизма АПМ не разрешается для классов 3В и 4 без соблюдения всех следующих условий:

1) отключение проводится редко при установке и обслуживании системы;

2) отключение возможно только после команды программного обеспечения или вручную с помощью ключа;

3) если отключение проводится после команды программного обеспечения, то в программное обеспечение должна быть встроена система безопасности, предотвращающая неосторожное выведение из строя систему АПМ;

4) в программное обеспечение встроен индикатор предупреждения отключения системы АПМ в случае продолжения работы,

5) непрерывная эксплуатация передающей части ОСС с отключенной системой АПМ должна быть предотвращена соответствующими техническими средствами;

6) соответствующие инструкции относительно безопасного использования оборудования с отключенной системой АПМ должны быть включены в документацию.

Примечание 1 — Если не определено иначе, настоящий стандарт не разрешает непрерывную работу ОСС при уровне опасности 4 в доступной зоне. Если передаваемая от излучателя, усилителя мощность соответствует классу 4, а система АПМ не включена, то доступные зоны имеют уровень опасности 4. В случае вероятной неисправности системы АПМ условия работы должны контролироваться и ограничиваться во времени так, чтобы вероятность облучения класса 4 была очень низка.

Примечание 2 — Относительно условия 5) примером соответствующих технических средств является система управления, которая автоматически отменяет запрет на работу АПМ безотносительно задачи, потребовавшей отключения АПМ.

4.6 Нанесение меток и маркировок

4.6.1 Общие требования

Где требуется, в соответствии с этим подпунктом каждый оптический соединитель, соединительная коробка или другой открытый излучающий узел должны быть помечены (например, знаком, пояснительной надписью и т. д), если уровень опасности в помещении будет выше уровня опасности 1. Информация должна содержать метки, указанные в таблицах 1, 2 или 3.

В местах разъединения узлов, где возможно излучение на уровне опасности 1 или 1М, допускается вышеупомянутую информацию предоставлять в инструкциях для пользователя вместо маркировки на изделии.

Маркировку изделия наносят черной краской на желтом фоне. Допускается воспроизводить знаки в документации, предоставленной изготовителем или эксплуатирующей организацией, в черном цвете на белом фоне.

Допускается уменьшать размеры знаков при сохранении четкости. Ответственными за маркировку узлов, содержащих лазеры или оптические усилители, являются изготовители; ответственной за все другие знаки является эксплуатирующая организация.

За исключением нижеуказанного, каждый оптический соединитель, соединительная коробка или другой открытый излучающий узел, который открывает доступ к оптическому излучению, должны быть помечены (например, знаком, пояснительной надписью и т. д.) в соответствии с указанным в таблицах 1, 2 или 3.

Дополнительно к маркировке, требуемой в настоящем стандарте, отдельные узлы допускается маркировать в соответствии с МЭК 60825-1. За необходимость дополнительной маркировки несет ответственность изготовитель ОСС.

Таблица 1 — Маркировка в неограниченных помещениях (зонах)

Достижимый уровень опасности	Требуемая маркировка — Неограниченное помещение
1	Маркировка не требуется
1M	Маркировка не требуется[a)]
2	 b) e) ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ[d)] НЕ СМОТРИТЕ В ПУЧОК ЛАЗЕРНОЕ ИЗДЕЛИЕ КЛАССА 2[d)]
2M	 b) e) ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ[d)] НЕ СМОТРИТЕ В ПУЧОК И НЕ ПРОВОДИТЕ НЕПОСРЕДСТВЕННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ОПТИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ ЛАЗЕРНОЕ ИЗДЕЛИЕ КЛАССА 2M[d)]
3R	Не определено
3B	Не определено

Условия, соответствующие данной таблице:

[a] Подпункт 4.4.1 требует, чтобы доступ к излучению от соединителя был ограничен уровнем 1 соответствующими средствами и механическими характеристиками оптоволоконных кабелей и соответствовал стандартам МЭК 60794 (см. 4.3). Поэтому маркировка для уровня опасности 1M не требуется.

[b] Символ опасности предупреждающий знак — в соответствии с МЭК 60825-1, (рисунок 14).

[c] Если источником излучения является светодиод, слово «Лазер» заменяется словом «СИД».

[d] Замена слова «Излучение» на слово «Свет» для излучения в диапазоне от 400 до 700 нм необязательно.

[e] Пояснительная метка (наружный контур) в соответствии с МЭК 60825-1 (рисунок 15). В такой контур разрешается помещать символ опасности в соответствии с МЭК 60825-1 (рисунок 14).

Примечание — Относительно опасностей невидимого лазерного пучка см. 4.6.5.

Таблица 2 — Маркировка в ограниченных помещениях (зонах)

Достижимый уровень опасности	Требуемая маркировка — Ограниченное помещение
1	Маркировка не требуется
1M	Маркировка, требуемая только для случаев, когда не удовлетворяются требования для кабельных соединителей в неограниченных зонах (см. 4.4.1), также см. примечание 2 — данной таблицы.  a) e) **ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ[c)]** **НЕ СМОТРИТЕ В ПУЧОК И НЕ ПРОВОДИТЕ НЕПОСРЕДСТВЕННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ОПТИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ** **ЛАЗЕРНОЕ ИЗДЕЛИЕ КЛАССА 1M[b)]**
2	 a) d) **ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ[c)]** **НЕ СМОТРИТЕ В ПУЧОК** **ЛАЗЕРНОЕ ИЗДЕЛИЕ КЛАССА 2[c)]**
2M	 a) e) **ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ[c)]** **НЕ СМОТРИТЕ В ПУЧОК И НЕ ПРОВОДИТЕ НЕПОСРЕДСТВЕННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ОПТИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ** **ЛАЗЕРНОЕ ИЗДЕЛИЕ КЛАССА 2M[b)]**
3R	 a) d) **ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ[c)]** **ИЗБЕГАЙТЕ ОБЛУЧЕНИЯ ПУЧКОМ** **ЛАЗЕРНОЕ ИЗДЕЛИЕ КЛАССА 3R[b)]**
3B	Не определено

Окончание таблицы 2

Условия, соответствующие данной таблице:

[a] Предупреждающий знак — в соответствии с МЭК 60825-1 (рисунок 14).

[b] Если источником излучения является светодиод, слово «Лазер» заменяется словом «СИД».

[c] Замена слова «Излучение» на слово «Свет» для излучения в диапазоне от 400 до 700 нм необязательно.

[d] Пояснительная метка (наружный контур) в соответствии с МЭК 60825-1 (рисунок 15). В такой контур разрешается помещать символ опасности в соответствии с МЭК 60825-1 (рисунок 14).

[e] Рекомендуется, но не требуется идентификация соединителей, имеющих оптический выход, при наличии предупреждающего знака согласно МЭК 60825-1 (рисунок 14).

Примечание 1 — В отличие от требований к маркировке в МЭК 60825-1, подпункт 5.8, маркировка в ограниченных зонах обязательна для мест с уровнем опасности 1М, за исключением определенного выше.

Примечание 2 — В местах разъединения узлов, где возможно излучение на уровене опасности 1 или 1М, допускается вышеупомянутую информацию предоставлять в инструкциях для пользователя вместо маркировки на изделии, оптоволоконном кабеле или соединителе.

Примечание 3 — Относительно опасностей невидимого лазерного пучка см. 4.6.5.

Таблица 3 — Маркировка в контролируемых помещениях (зонах)

Достижимый уровень опасности	Требуемая маркировка — Контролируемое помещение
1	Маркировка не требуется
1М	Маркировка не требуется[e]
2	 a) d) ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ[b] НЕ СМОТРИТЕ В ПУЧОК ЛАЗЕРНОЕ ИЗДЕЛИЕ КЛАССА 2[c]
2М	 a) d) ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ[c] НЕ СМОТРИТЕ В ПУЧОК И НЕ ПРОВОДИТЕ НЕПОСРЕДСТВЕННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ОПТИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ ЛАЗЕРНОЕ ИЗДЕЛИЕ КЛАССА 2М[b]
3R	 a) d) ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ[c] ИЗБЕГАЙТЕ ОБЛУЧЕНИЯ ПУЧКОМ ЛАЗЕРНОЕ ИЗДЕЛИЕ КЛАССА 3R[b]

Окончание таблицы 3

Достижимый уровень опасности	Требуемая маркировка – Контролируемое помещение
3B	a)  d) **ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ[c]** **ИЗБЕГАЙТЕ ОБЛУЧЕНИЯ ПУЧКОМ** **ЛАЗЕРНОЕ ИЗДЕЛИЕ КЛАССА 3B[b]**

Условия, соответствующие данной таблице:

[a] Предупреждающий знак — в соответствии с МЭК 60825-1 (рисунок 14).

[b] Если источником излучения является светодиод, слово «Лазер» заменяется словом «СИД».

[c] Замена слова «Излучение» на слово «Свет» для излучения в диапазоне от 400 до 700 нм необязательно.

[d] Пояснительная метка (наружный контур) — в соответствии с МЭК 60825-1 (рисунок 15). В такой контур разрешается помещать символ опасности в соответствии с МЭК 60825-1 (рисунок 14).

[e] Рекомендуется, но не требуется идентификация соединителей, имеющих оптический выход, при наличии предупреждающего знака согласно МЭК 60825-1 (рисунок 14).

Примечание — Относительно опасностей невидимого лазерного пучка см. 4.6.5.

4.6.2 Маркировка соединителей оптических передатчиков и оптических усилителей

Изготовители оптических передатчиков и оптических усилителей должны выполнять требования 4.6.1 относительно каждого оптического порта или группы портов (см. 4.6.3), которые могут быть связаны с оптоволокном. Для соединителей оптических передатчиков и оптических усилителей требования 4.6.1 изменены, как указано ниже.

Если в соответствии с 4.6.1 требуется наличие маркировки, то к информации в соответствии с таблицами 1—3 должен быть добавлен диапазон длин волн. Предпочтительные диапазоны длин волн:

- от 400 до 700 нм;
- от 700 до 1150 нм;
- от 1200 до 1400 нм;
- от 1400 до 1600 нм.

В диапазоне длин волн от 1150 до 1200 нм точные значения длин волн маркируют.

Примечание 1 — В диапазоне от 1150 до 1200 нм значение C_7 (МЭК 60825-1) значительно изменяется.

Примечание 2 — Входные порты, например рамановский усилитель, также могут быть источниками опасных уровней оптического излучения и должны иметь соответствующие метки.

Примечание 3 — Вышеупомянутые диапазоны длин волн могут быть внутри рабочего диапазона, например от 1300 до 1600 нм, который соответственно маркируется.

4.6.3 Маркировки для групп соединителей

Группы соединителей, такие как коммутационные панели, могут быть отмечены как группа одной ясно видимой маркировкой «Опасный уровень» без маркировки каждого соединителя. Если группа соединителей будет заключена в пределах кожуха, то воздействие оптического излучения выше уровня опасности 1M является обоснованно предсказуемым событием, поэтому маркировка должна быть ясно видимой до и после открытия кожуха, что может потребовать использования нескольких маркировок.

В таблицах не оговорено (это необязательно) включение конкретного типа оптического инструмента, который может стать причиной увеличения опасности для уровней опасности 1M и 2M (т. е. бинокли, телескопы или усилители) (МЭК 60825-1, раздел 5).

4.6.4 Требования — Долговечность — Нестираемость для маркировок по безопасности

Любая маркировка должна быть долговечной и четкой. Относительно долговечности и нестираемости маркировок следует учитывать условия нормальной эксплуатации.

Соответствие проверяют осмотром и протиркой маркировки вручную в течение 15 с куском ткани, смоченной в воде, и в течение 15 с куском ткани, смоченной в уайт-спирте. После этого теста маркировка должна быть четкой, маркированные таблички невозможно легко удалить, они не должны скручиваться.

Уайт-спирт, используемый для тестирования, является углеводородным растворителем на основе гексана с объемным содержанием ароматических веществ до 0,1 %, значением каури-бутаноловой пробы 29, с нормальной температурой кипения приблизительно 65 °С, конец кипения приблизительно 69 °С и с объемной массой приблизительно 0, 7 кг/дм^3.

4.6.5 Предупреждение о невидимом излучении

Если выход лазера находится вне диапазона длин волн 400—700 нм, то слово «лазерное излучение» в предупреждающих знаках в таблицах 1—3 меняют на «невидимое лазерное излучение», или, если выходное излучение лазера в длинах волн находится внутри и вне этого диапазона, текст должен быть следующим: «видимое и невидимое лазерное излучение». Если лазер классифицирован на основе уровня видимого лазерного излучения, но также излучает выше ДПИ класса 1 в невидимом диапазоне длин волн, то предупреждающий знак должен включать слова «видимое и невидимое лазерное излучение» вместо «лазерное излучение».

4.7 Организационные требования

4.7.1 Изготовители готовых к использованию ОСС, систем под ключ или отдельных узлов

Изготовители ОСС, систем под ключ или отдельных узлов обязаны:

1) гарантировать соответствие оборудования настоящему стандарту;

2) предоставить следующую информацию:

a) описание технических особенностей встроенных в ОСС узлов, чтобы предотвратить воздействие излучения более МВЭ,

b) инструкции для правильной сборки, обслуживания и безопасной эксплуатации, включая четкие предупреждения и меры предосторожности, позволяющие избежать возможности воздействия излучения более МВЭ,

c) инструкции для монтажных и эксплуатирующих организаций, гарантирующие установку и эксплуатацию с учетом того, что воздействие излучения при обоснованно ожидаемом событии отвечает требованиям раздела 4,

d) сведения об уровнях опасности в доступных зонах в пределах ОСС или отдельных узлов и параметры, на которых базируются эти уровни опасности,

e) для систем с АПМ:

- время реакции и эксплуатационные параметры АПМ,

- информацию, если требуется, когда при установке или обслуживании возможен выход АПМ за граничные значения, чтобы эксплуатирующая организация могла определить безопасные методы работы при выходе АПМ за граничные значения, а также безопасное восстановление и тестирование таких систем,

- если при ручном управлении перезапуск временно отключает АПМ, выбор времени перезапуска должен быть ясно указан в руководстве пользователя,

- все варианты (например, удаление или отказ контроллера или другого элемента), когда устройство АПМ не было включено при соблюдении соответствующих мер предосторожности,

f) любую другую информацию, относящуюся к безопасному использованию ОСС;

g) заявление о том, что оборудование должно быть установлено согласно инструкциям изготовителя, включая предупреждение «ВНИМАНИЕ! Использование средств контроля, управления или регулирования, кроме определенных здесь, может привести к воздействию опасного излучения».

4.7.2 Организация мотажа и технического обслуживания

Организация, ответственная за монтаж и обслуживание ОСС, должна следовать инструкциям изготовителя и гарантировать при доступе к излучению, что при наступлении обоснованно ожидаемого события удовлетворяется требование раздела 4.

Перед установкой ОСС на обслуживание монтажная или эксплуатирующая организация должна обеспечить в случае использования системы АПМ нормальные рабочие условия ее эксплуатации в соответствии с 4.5 и 4.8.

Для систем с уровнем доступа, отличающимся от уровня опасности 1 или 2, монтажная и/или эксплуатирующая организация должны:

a) обеспечить обучение персонала, ответственного за монтаж и обслуживание ОСС;

b) обеспечить контроль за доступом в ограниченные помещения (зоны) и наличием предупреждающих знаков при работе.

4.7.3 Эксплуатирующая организация

Эксплуатирующая организация несет полную ответственность за безопасность всей системы. Особо оговариваются:

a) идентификация типов помещений (зон) во всех доступных местах ОСС;

б) обеспечение непревышения уровней опасности для всех типов помещений (зон) при наступлении обоснованно ожидаемого события;

c) обеспечение монтажа и эксплуатации только организациями, удовлетворяющими требованиям 4.2—4.9;

d) обеспечение контролируемого доступа в ограниченные помещения (зоны) в соответствии с требованиями лазерной безопасности;

e) обеспечение в комплексе соответствия требованиям безопасности при производстве, монтаже, техническом обслуживании и эксплуатации ОСС.

4.8 Оценка уровня опасности

4.8.1 Определение уровня опасности

Уровень опасности определяют измерением оптического излучения, которое может стать доступным при наступлении любого обоснованно ожидаемого события (например, разрыв оптоволокна) во время эксплуатации и обслуживания. Методы определения соответствия значениям пределов излучения — те же, что описаны в МЭК 60825-1 для классификации. Измерения проводятся при соответствующих условиях, например при моделировании разрыва кабеля оптоволокна, и должны основываться на соответствующих пунктах МЭК 60825-1.

Оценка уровня опасности проводится с системой АПМ и без нее:

- в течение 1 с после наступления обоснованно ожидаемого события для неограниченных помещений, если измерение в более позднее время не приведет к бóльшему воздействию;

- в течение 3 с после наступления обоснованно ожидаемого события для ограниченных и контролируемых помещений, если измерение в более позднее время не приведет к бóльшему воздействию.

В случае, если прямые измерения выполнить трудно, оценку уровня опасности делают на основе вычислений. Например, зная мощность лазера или усилителя и ослабление в оптоволокне, можно оценить опасность в любом конкретном месте.

Для ОСС с системой АПМ уровень опасности определяют достижимой эмиссией (импульса или непрерывной волны) после временного интервала, данного выше (1 с для ограниченных помещений, 3 с для ограниченных и контролируемых помещений). При этом МВЭ должна соответствовать требованию 4.8.2.

4.8.2 Влияние используемой системы автоматического понижения мощности

Если в ОСС используется АПМ, соответствующая пределу уровня опасности (этот уровень должен быть ниже, если АПМ отсутствует), то облученность или энергетическая экспозиция должна быть максимальной по длительности для достижения более низкого уровня опасности, определенного в 4.8.1 (1 с для для ограниченных помещений, 3 с для ограниченных и контролируемых помещений), и не должна превышать МВЭ. Для контролируемых помещений расстояние измерения составляет 250 мм (только для этого подпункта).

4.8.3 Условия для тестирования и оценки

Тестирование и оценки выполняют для обоснованно ожидаемых условий отказа.

В некоторых сложных системах (например, с оптическим выходом, зависящим от целостности других компонентов, работы окружающих узлов и программного обеспечения) вероятна необходимость использования других известных методов для оценки опасности/безопасности (см. приложение С).

Однако ошибки, которые приводят к излучению сверхопасного уровня, нельзя рассматривать если:

- они относятся только к ограниченной длительности и

- доступ человека к излучению не является обоснованно ожидаемым событием и произойдет прежде чем будет произведено техническое обслуживание.

Примечание — Применяя соответствующее 4.8 требование к МВЭ относительно исходящего пучка, например разрыв оптоволокна или разрушение соединителя, важны два фактора:

a) действительно ли обоснованно ожидаемое облучение лазерным пучком глаза человека?

b) действительно ли обоснованно ожидаемое облучение лазерным пучком кожи человека?

Когда определяют, что является обоснованно ожидаемым событием, рассматривают физическое нахождение выходной точки пучка, расстояние между точкой выхода и глазом или кожей и время срабатывания АПМ для уменьшения уровня воздействия до требуемого в 4.9. Даже, если облучение незащищенных глаз или кожи не является обоснованно ожидаемым событием, необходимо рассмотреть опасность возгорания.

4.9 Требования к уровню опасности по типу размещения

Уровень опасности требуется определить для каждого доступного помещения (зоны) в пределах ОСС.

Примечание 1 — Это требование включает доступ к оптоволокну, которое может сломаться.

Примечание 2 — Настоящий стандарт применяют при эксплуатации и обслуживании ОСС. Для безопасности пользователя уровень опасности 4 настоящим стандартом не допускается. При передаче мощности нормально работающей системой, превышающей допустимый уровень опасности для конкретного типа помещения, для определения фактического уровня опасности допускается использовать системы защиты, например АПМ.

4.9.1 Помещения с неограниченным доступом

В помещениях с неограниченным доступом уровни опасности должны быть 1, 1М, 2 или 2М.

Примечание — Если применяемый предел уровня опасности 1М больше предела 2, но меньше предела 3В, назначают уровень опасности 1М.

4.9.2 Помещения с ограниченным доступом

В помещениях с ограниченным доступом уровни опасности должны быть 1, 1М, 2, 2М или 3R.

Примечание 1 — Если применяемый предел уровня опасности 1М или 2М больше предела 3R, но меньше предела 3В, назначают уровень опасности 1М или 2М соответственно.

Примечание 2 — Если применяемый предел уровня опасности 1М больше предела 2, но меньше предела 3В, назначают уровень опасности 1М.

4.9.3 Помещения с контролируемым доступом

В помещениях с контролируемым доступом уровни опасности должны быть 1, 1М, 2, 2М, 3R или 3В.

Приложение А
(справочное)

Обоснование

Безопасность лазерной аппаратуры, классификация оборудования, требования и руководства пользователя содержатся в МЭК 60825-1. Настоящий стандарт относится к автономно работающим изделиям, которые находятся под эффективным местным контролем. При нормальном режиме эксплуатации ОСС безопасны, потому что оптическое излучение полностью закрыто. Однако из-за растянутости таких систем в пространстве (когда оптическая мощность при определенных условиях может быть доступной за много километров от источника излучения) с помощью мер предосторожности минимизируют опасность относительно лазерных источников, которые обычно находятся под местным контролем оператора. (Следует заметить, что многие ОСС содержат СИД, которые включены в МЭК 60825-1).

Потенциальная опасность ОСС зависит от вероятности повреждения защитного кожуха (например, разъединение соединителя оптоволокна или разрыв кабеля). В настоящем стандарте изложены технические требования и меры предосторожности пользователя, позволяющие минимизировать опасность.

Каждое доступное помещение в пределах ОСС локализовано системой организационных мероприятий; уровень опасности определяется потенциальной опасностью в случае доступа к оптическому излучению. Уровни опасности описаны с соответствующей классификацией в МЭК 60825-1 как уровни опасности 1—4. В оптоволокне пределы уровней опасности 1М и 2М часто выше, чем предел уровня опасности 3R, но меньше, чем предел уровня опасности 3В. В данном приложении уровень опасности 3R не используется (см. примечание к 3.6, 3,8 и 3.9).

Если организация монтирует, проводит техническое обслуживание и эксплуатирует ОСС, она несет ответственность за лазерную безопасность.

В целом различия между настоящим стандартом и МЭК 60825-1 следующие:

- полностью ОСС не классифицируются в соответствии с требованиями МЭК 60825-1, т. к. при правильной эксплуатации оптическое излучение полностью закрыто, поэтому в соответствии с МЭК 60825-1 всем ОСС присваивается класс 1, что возможно не отражает точно потенциальную опасность. Однако, если возможно управление источником отдельно, он должен быть классифицирован согласно МЭК 60825-1;

- каждое доступное помещение (зона) в открытой защищенной передающей оптической системе характеризуется уровнем опасности в соответствии с МЭК 60825-1, но этот уровень основывается не на доступном излучении, а на излучении, которое могло стать доступным при обоснованно ожидаемом событии (например, разрыв оптоволоконного кабеля, разъединения соединителя оптоволокна и т.д.);

- природа мер безопасности, требуемых для любого уровня опасности, будет зависеть от типа помещения, например внутреннего помещения, промышленной площадки, где возможно ограничение доступа, и управляемого распределительного устройства, куда возможен доступ. Например, определено, что при внутреннем разъединении соединителя оптоволокна он становится источником излучения, соответствующего классу 1 или 2, хотя в контролируемых помещениях (зонах) оно может быть выше.

Приложение В
(справочное)

Сводные требования к размещению ОСС

<table>
<tr><td rowspan="2">Уровень опасности</td><td colspan="3">Тип помещений (зон)</td></tr>
<tr><td>Неограниченное</td><td>Ограниченное</td><td>Контролируемое</td></tr>
<tr><td>1</td><td colspan="3">Нет требований</td></tr>
<tr><td>1М</td><td>Уровень опасности 1 от соединителя, который может быть открыт конечным пользователем[a].

Не требуется нанесения знаков или маркировок[b]</td><td>Не требуется нанесение знаков или маркировок, если соединитель, который может быть открыт конечным пользователем, имеет уровень опасности 1. Если выход имеет уровень опасности 1М, тогда требуется нанесение знаков или маркировок[b]</td><td>Нет требований</td></tr>
<tr><td>2</td><td colspan="3">Нанесение знаков или маркировок[b]</td></tr>
<tr><td>2М</td><td>Нанесение знаков или маркировок[b].
Уровень опасности 2 от соединителя[b]</td><td colspan="2">Нанесение знаков или маркировок[b]</td></tr>
<tr><td>3R</td><td>Не определено[c,d]</td><td colspan="2">Нанесение знаков или маркировок[b].
Уровень опасности 1 М или 2М от соединителя[a]</td></tr>
<tr><td>3В</td><td colspan="2">Не определено[c,d]</td><td>Нанесение знаков или маркировок[b].
Уровень опасности 1М или 2М от соединителя[a]</td></tr>
<tr><td>4</td><td colspan="3">Не определено[c,d]</td></tr>
</table>

[a] См. 4.4.
[b] См. 4.6.
[c] См. 4.5 и 4.8.2. Если при нормальной работе оборудования передается уровень мощности, превышающий допустимый уровень опасности для конкретного типа размещения, то для определения уровня опасности можно использовать системы защиты, такие как АПМ.
[d] См. 4.9.

Примечание — Если информация, содержащаяся в этом приложении, отличается от требований раздела 4, то требования раздела 4 являются приоритетными.

Приложение С
(справочное)

Методы анализа опасности/безопасности

Методы анализа опасности/безопасности включают в себя следующее:

a) предварительный анализ опасности, включая анализ цепей. Этот метод может использоваться самостоятельно, но он является важной первой ступенью при применении других методов оценки опасности/безопасности:

b) анализ последствий отказов, серия стандартов МЭК 61508;

c) виды отказа и анализ эффектов (FMEA);

d) виды отказа, эффекты и анализ критичности (МЭК 60812);

e) анализ дерева ошибок;

f) анализ дерева событий;

g) опасности и исследования пригодности к эксплуатации.

Если необходимо, то для полноты анализа реализуются дополнительные методы. Метод анализа и любые допущения, сделанные при анализе, оговариваются изготовителем/пользователем.

Приложение D
(справочное)

Практические замечания, применяемые для безопасной эксплуатации ОСС

D.1 Вступление

Это приложение является руководством по применению настоящего стандарта в определенных практических ситуациях. Приложение является справочным и поможет пользователям настоящего стандарта в применении требований МЭК 60825-1 и МЭК 60825-2 в конкретных ситуациях. В этом приложении не содержится требований.

Настоящий стандарт относится к ОСС. В таких системах оптическая мощность может передаваться на большие расстояния от источника, поэтому необходимо предпринять меры, исключающие потенциальные опасности от поломок при передаче информации. Чтобы знать степень потенциальной опасности ОСС, необходимо определить уровень опасности в местах, которые могут быть доступными, что возможно также обозначением класса оборудования в соответствии с МЭК 60825-1.

Можно сформировать ОСС как систему управления с обратной связью таким образом, что в случае отказа коммуникационного канала мощность передаваемого сигнала автоматически уменьшается за определенный короткий промежуток времени до безопасного значения. Поэтому возможно иметь две системы: одна с автоматическим понижением мощности (АПМ), а другая без АПМ, имеющие одинаковый уровень опасности (соответственно, одинаковый уровень безопасности): уровень сигнала при нормальных условиях эксплуатации в системе с АПМ может быть намного выше, чем уровень сигнала в системе без АПМ. Поскольку система с АПМ критична по отношению к безопасности, надежность этой системы должна соответствовать рекомендациям данного приложения.

Поскольку МЭК 60825-1 относится к дискретным лазерным изделиям, настоящий стандарт применяют к полным непрерывным системам. Так как узлы, генерирующие или усиливающие оптическое излучение, являются критичными по отношению к безопасности ОСС и должны соответствовать части требований, эти пункты также включены в настоящий стандарт. Так как изготовители отдельных пассивных компонентов или пассивных узлов, которые еще не включены в полную непрерывную систему, не могут знать соответствующий уровень опасности, то эти пункты исключены из настоящего стандарта.

Настоящий стандарт не относится к проблемам техники безопасности, связанным со взрывом или огнем относительно ОСС, расположенных в опасных местах.

D.2 Область применения

D.2.1 Типичные способы установки волоконно-оптических систем связи

a) Размещение с контролируемым доступом (см. 3.13):

- кабельный канал;
- уличные шкафы;
- специально выделенные и разделенные площади распределительных узлов;
- испытательные лаборатории на кабельных судах.

Примечание — Если доступ к обслуживанию кабельных каналов и уличных шкафов может привести к облучению посторонних людей свыше допустимого предела класса 1, следует установить соответствующие временные ограждения (например, кабельные будки).

b) Помещения с ограниченным доступом (см. 3.14):

- охраняемые зоны в пределах промышленного помещения, закрытые для посторонних лиц;
- охранявшие зоны в пределах делового/коммерческого помещения, закрытые для посторонних лиц (например, помещения телефонных АТС, помещения с компьютерными системами и т. д.);
- общие помещения в пределах коммутационных центров,
- разделенные помещения, не закрытые для посторонних лиц, на поездах, судах или других транспортных средствах.

c) Помещения с неограниченным доступом (см. 3.15):

- служебные помещения;
- помещения сферы услуг, которые открыты для всех (например, магазины и гостиницы);
- общественные места на поездах, судах или других транспортных средствах;
- неохраняемые общественные зоны, такие как парки, улицы и т. д.;
- не охраняемые зоны в пределах делового/промышленного/коммерческого здания, доступные для посторонних лиц.

ОСС могут проходить через неограниченные площади (например, дома), ограниченные зоны в пределах промышленных зданий, а также через контролируемые зоны, такие как кабельные каналы или уличные шкафы.

Оптические локальные вычислительные сети (ЛВС) могут быть распределены в пределах служебных помещений.

Оптоволоконные системы могут полностью занимать неограниченные зоны внутри помещения. Требования для инфракрасных беспроводных сетей или оптических систем — по МЭК 60825-12.

D.2.2 Типичные системные компоненты

a) Оптоволоконные кабели:
- неразветвляющиеся/разветвляющиеся/ленточные проводники;
- одномодовые/многомодовые;
- все диэлектрические или комбинированные конструкции;
- несущие одну/несколько длин волн;
- оптоволокно однонаправленное/двунаправленное;
- средства связи/источники мощности.

b) Оптические источники:
- светодиоды,
- лазерные диоды,
- лазеры DFB (лазеры с распределенной обратной связью),
- лазеры с накачкой,
- оптические усилители — общие/распределенные,
- непрерывная/низкочастотная/высокочастотная эмиссия.

c) Соединители: симплексные/дуплексные/многоканальные/гибридные.

d) Делители мощности, мультиплексоры, аттенюаторы.

e) Защитные ограждения и корпуса.

f) Оптоволоконные коммутаторы.

D.2.3 Типичные эксплуатационные функции

a) Монтаж.

b) Функционирование.

c) Текущее обслуживание.

d) Техническое обслуживание.

e) Обнаружение неисправности.

f) Измерение (включая рефлектометрию оптической временной области).

D.3 Ограничение мощности волоконно-оптических систем связи

Максимальная средняя мощность для каждого уровня опасности для наиболее важных длин волн и типов оптоволокна, используемых в ОСС, указана в таблице D.1. Для большинства ОСС с максимальной нагрузкой от 10 % до 100 % допускается увеличение пиковой мощности при уменьшении максимальной нагрузки. Однако для максимальной нагрузки менее 50 % наиболее верным будет ограничение пиковой мощности вдвое ниже предела средней мощности, хотя в МЭК 60825-1 используется более сложный анализ для определения любых увеличений пиковой мощности, допустимой для систем таких типов. Это особенно обоснованно, если используются источники в видимом диапазоне длин волн в фотохимической травмоопасной зоне.

Примечание — Для большинства одномодовых и многомодовых оптических волокон применимы пределы для точечного источника. Оптоволокно с диаметром жилы более 150 мкм (например, пластмассовое оптическое волокно и оптоволокно из кварцевого стекла в жесткой оболочке) следует рассматривать как промежуточный протяженный источник. Однако применяемый размер видимого источника для определения коэффициента C_6 может зависеть от фактического вида колебаний.

Таблица D.1 — Пределы мощности для одномодовых оптических волокон (ОМ) с апертурой 11 мкм и многомодовых оптических волокон (ММ) с числовой апертурой 0,18 (диаметр жилы менее 150 мкм) в ОСС

Тип длин волн и волокон	Уровень опасности					
	1	1М	2	2М	3R	3В
633 нм (ММ)	0,39 мВт (–4,1 dBm)	3,9 мВт (+5,9 dBm)	1 мВт (0 dBm)	10 мВт (+10 dBm)	См. примечание к 3.9	500 мВт (+27 dBm)
780 нм (ММ)	0,57 мВт (–2,5 dBm)	5,6 мВт (+7,5 dBm)	—	—		500 мВт (+27 dBm)
850 нм (ММ)	0,78 мВт (–1,1 dBm)	7,8 мВт (+8,9 dBm)	—	—		500 мВт (+27 dBm)
980 нм (ММ)	1,42 мВт (+1,53 dBm)	14,1 мВт (+11,5 dBm)	—	—		500 мВт (+27 dBm)
980 нм (ОМ)	1,42 мВт (+1,53 dBm)	2,66 мВт (+4,2 dBm)	—	—	7,26 мВт (+8,6 dBm)	500 мВт (+27 dBm)

Продолжение таблицы D.1

Тип длин волн и волокон	Уровень опасности					
	1	1М	2	2М	3R	3В
1310 нм (ММ)	15,6 мВт (+12 dBm)	156 мВт (+21,9 dBm)	—	—	См. примечание к 3.9	500 мВт (+27 dBm)
1310 нм (ОМ)	15,6 мВт (+12 dBm)	42,8 мВт (+16,3 dBm)	—	—	80 мВт (+19 dBm)	500 мВт (+27 dBm)
1400—1600 нм (ММ)	10 мВт (+10 dBm)	384 мВт (+25,8 dBm)	—	—	См. примечание к 3.9	500 мВт (+27 dBm)
1420 нм (ОМ)	10 мВт (+10 dBm)	115 мВт (+20,6 dBm)	—	—		500 мВт (+27 dBm)
1550 нм (ОМ)	10 мВт (+10 dBm)	136 мВт (+21,3 dBm)	—	—		500 мВт (+27 dBm)

dBm — логарифмическая единица измерения мощности сигнала по отношению к 1 милливатту (1 мВт = 0 dBm, 0,001 мВт = –30 dBm).

Примечание 1 — Уровни опасности 1М и 2М

Максимальная мощность, показанная в таблице для 11-микронного оптоволокна, ограничена плотностью мощности. Поэтому точный предел мощности оптоволокна определен минимальным ожидаемым расхождением пучка, которое в свою очередь зависит для одномодового оптоволокна от максимальной девиации частоты (МДЧ) и может меняться при разных значениях МДЧ, что определяет значимые изменения в пределах класса. Возможность использования высокомощных соединителей с увеличенным диаметром МДЧ и с большим расхождением поля ниже. Эти соединители могут привести к более высокому уровню опасности, который в случае их использования обязательно нужно определить.

Примечание 2 — Конфигурация 1310 нм.

Вычисления сделаны для длины волны 1270 нм, которая является самой короткой длиной волны в телекоммуникационном окне «1310 нм».

Примечание 3 — Параметры оптоволокна

Используемые параметры оптоволокна являются наиболее консервативными: вычисления сделаны для одномодового оптоволокна с диаметром поля 11 мкм и для многомодового оптоволокна с числовой апертурой 0,18. Во многих системах, работающих на длинах волн 980 и 1550 нм, используется оптоволокно с меньшим МДЧ. Например, предел для уровня опасности 1М, когда волна длиной 1550 нм передается вдоль дисперсно-рассеивающего оптоволоконного кабеля, имеющего верхний предел значения МДЧ 9,1 мкм, составляет 197 мВт. Для других значений МДЧ и длин волн см. МЭК 60825-1, пример А.6.3.

Примечание 4 — Уровень опасности 1М ограничения для длин волн менее 1310 нм

Пределы для уровня опасности 1М для одномодового оптоволокна с длиной волны не более 900 нм в настоящем стандарте не представлены, поскольку расхождение на этих длинах волн достаточно изменчиво. Это происходит, потому что эти длины волн, обозначенные в стандарте, «1310 нм» одномодового оптоволокна фактически мультимодовые и точное расхождение будет зависеть от непредсказуемости степени смешивания мод. Изменчивость при смешивании мод является потенциальной проблемой при попытке оценить эти длины волны в мультимодовом оптоволокне. При необходимости вычислений значений для этих случаев предполагают, что оптоволокно переносит всю мощность в основной форме колебаний, и используют уравнения для одномодового режима, что приводит к консервативному значению.

Примечание 5 — Многомодовые оптические волокна с диаметром жилы более 150 мкм

Такие оптоволокна рассматривают как промежуточное звено протяженного источника (например, оптоволокно из кварцевого стекла в жесткой оболочке) оптоволокно с диаметром жилы 200 мкм или пластмассовое оптическое волокно с диаметром жилы 1000 мкм). Применяемый размер мнимого источника может зависеть от фактического вида колебаний и должен быть определен подробно перед вычислением значений предела.

Примечание 6 — Пределы для уровня опасности 2

Можно показать, что при размере мнимого источника менее 33 мрад (большинство случаев в оптоволоконной технике связи) предел уровня опасности 2 всегда ниже, чем соответствующего уровня опасности 1М: не представляет опасности для невооруженного глаза, но потенциально опасен при использовании оптических инструментов.

Окончание таблицы D.1

Примечание 7 — Разветвляющиеся оптоволоконные и ленточные кабели

Пределы в таблице вычислены только для неразветвляющегося оптоволоконного кабеля. Если разветвляющиеся оптоволоконные кабели или ленточные оптоволоконные кабели с неразветвляющимся оптоволокном расположены в непосредственной близости друг к другу, каждое оптоволокно и каждую возможную группировку оптоволокон оценивают отдельно.

Примечание 8 — Конфигурация 1420 нм

В конфигурации 1420 нм вычисления сделаны для диапазона от 1420 до 1500 нм комбинационного рассеяния.

D.4 Примеры оценки уровня опасности

D.4.1 Прохождение нескольких длин волн в одном оптоволокне

Если через одно оптоволокно передается более одной длины волны [система уплотнения с разделением по длине волны или спектральное уплотнение (СУ)], то уровень опасности зависит и от уровней мощности, и от сложения по длинам волн. Воздействие на кожу определяют по совокупности длин волн, обычно используемых в ОСС. Для большинства ОСС 1400 нм являются точкой, в которой изменяются дополнения условия:

a) если имеются две длины волны и обе ниже 1400 нм, они складываются, т. к. при сложении опасность выше;

b) если имеются две длины волны и обе выше 1400 нм, они складываются, т. к. при сложении опасность выше;

c) если одна длина волны выше 1400 нм, а вторая ниже, то опасности от них не суммируют, т. к. при сложении опасность не увеличивается.

Необходимо отдельно вычислять опасность для кожи и для сетчатки глаза.

Чтобы вычислить уровень опасности для многоволновой системы, необходимо вычислить мощность системы для каждой длины волны пропорционально ДПИ для конкретного класса для этой длины волны (например, 25 %, 60 %, и т. д. до 100 %) и затем сложить эти компоненты. Если суммарно пропорция превышает 1 (100 %), то уровень опасности превышает доступные пределы излучения для данного класса. Эту процедуру используют также при расчете времени АПМ с использованием таблицы МВЭ вместо таблиц ДПИ.

D.4.1.1 Пример для многоволновой системы

Оптическая передающая система с использованием многомодового оптоволокна с диаметром жилы 50 мкм и числовой апертурой 0,2 ± 0,02 переносит шесть оптических сигналов на длинах волн 840, 870, 1290, 1310 и 1320 нм. У каждого из этих сигналов есть максимум усредненной по времени мощности, равной — 8 dBm (0,16 мВт). Определить уровень опасности на участке передачи.

При отсутствии информации относительно длительности излучения передатчика, когда соединитель удален, предполагаем, что никакая система отключения не работает, и определяем уровень опасности по уровням мощности, достижимым в соединителе передатчика (удаленный соединитель относится к обоснованно ожидаемому событию).

Оценку делаем, основываясь на продолжительности эмиссии для обоснованно ожидаемого события t = 100 с [МЭК 60825-1, пункт 8.4, перечисление e)]. Эффекты всех длин волны являются совокупными (МЭК 60825-1, таблица 5). Поэтому оценку делают на основе отношения доступного излучения на каждой длине волны к ДПИ для конкретного класса на этой длине волны [см. МЭК 60825-1, пункт 8.4, перечисление b)].

Однако заметим, что ДПИ являются постоянными в диапазоне длин волн от 1200 до 1400 нм, следовательно, четыре сигнала около 1300 нм можно рассматривать как один сигнал с уровнем мощности, равным сумме мощностей этих сигналов.

Сначала сравним уровни излучения с ДПИ для класса 1.

Для малого источника с диаметром жилы 50 мкм стягиваемый источником угол α равен 0,5 мрад < α_{min} T_2 = = 10 с (МЭК 60825-1, примечание к таблицам 1—4) и $T_2 < t$ (100 с, см. выше).

$$P_{ДПИ} = 3{,}9 \cdot 10^{-4}\, C_4 C_7 \text{ Вт},$$

где $C_4 = 10^{0.002(\lambda - 700)}$ для 840 и 870 нм;

$C_4 = 5$ для длин волн более 1050 нм;

$C_7 = 1$ для 840 и 870 нм

$C_7 = 8$ для длин волн > 1050 нм,

отсюда $ДПИ_{840\ нм}$ = 0,74 мВт;

$ДПИ_{870\ нм}$ = 0,85 мВт;

$ДПИ_{1300\ нм}$ = 15,6 мВт.

В описании измерений, данном в МЭК 60825-1 (пункт 9.3) требуется, чтобы было применено наиболее ограничивающее условие по МЭК 60825-1 (таблица 10). Для расходящегося пучка от оптоволокна — наиболее ограничивающее условие 2. Для тепловых пределов используют значения таблицы 10, диаметр апертуры 7 мм и измеряемое расстояние 14 мм.

Используя выражение для диаметра пучка от оптоволокна [МЭК 60825-1, пример А.6, уравнение (1)], диаметр d_{63} на уровне 63 % (1/e) от наименьшего значения NA (числовой апертуры) оптоволокна (наихудший случай) составляет:

$$d_{63} = \frac{2r\,NA}{1,7} = \frac{2 \cdot 14 \cdot 0,18}{1,7} = 3,0 \text{ мм}.$$

Таким образом в этом случае вся мощность оптоволокна была бы собрана 7-миллиметровой апертурой, поэтому нет необходимости в коррекции.

В итоге отношение мощности на каждой длине волны к ДПИ составляет:

$$\sum\left[\frac{\text{Мощность}}{\text{ДПИ}}\right] = \frac{0,16}{0,74} + \frac{0,16}{0,85} + \frac{4\ \ 0,16}{15,6} = 0,45.$$

Это отношение меньше 1, поэтому доступное излучение находится в пределах класса 1, и при таком расположении применяют уровень опасности 1.

D.4.2 Двунаправленная (двусторонняя) передача

Нет дополнительного эффекта суммирования для каждого отдельного направления передачи данных, поскольку каждый сломанный кабель оптоволокна представляет отдельную опасность. Уровень опасности определяют по направлению передачи с более высокой мощностью.

D.4.3 Автоматическое понижение мощности

При использовании АПМ комплекса ОСС допускается назначать более низкий уровень опасности, чем без него. Это важно, если уровень опасности внутренних оптических передатчиков/усилителей системы накладывает ограничения по месту установки (см. приложение В).

Система АПМ не должна заменять подготовку персонала, надлежащую эксплуатацию и обслуживание. Кроме того, при оценке уровня опасности должна быть принята во внимание надежность механизма АПМ.

Оценка уровня опасности проводится во время обоснованно ожидаемого доступа человека к излучению (например, после разрыва оптоволокна), если измерение воздействия излучения после этого события не даст больший результат (см. 4.8.1 и 4.8.2).

АПМ не может расцениваться как универсальная защитная мера, т. к. после разрыва оптоволокна используют оптическую испытательную установку (обычно рефлектометр оптической временной области, далее рефлектометр), чтобы определить место разрыва. Этот инструмент при тестировании возбуждает пониженную мощность лазерного волокна. Поэтому, даже если оптический излучатель закрыт или удален, диагностический инструмент может подвести лазерную мощность к оптоволокну.

Обычно рефлектометры эксплуатируются в классе 1, что исключает потенциальную опасность от них. Однако в ОСС с более высокой мощностью может потребоваться обнаружение разрыва для классов 1М, 3R или 3В. Кроме того, сигналы рефлектометра при прохождении через оптическую систему могут усиливаться до более высокого класса.

За исключением систем, разработанных под ключ для использования в неограниченных зонах, важно, чтобы сотрудник, ответственный за лазерную безопасность, или оператор ОСС принимал решение о допустимом уровне опасности для каждого помещения (зоны) при соответствующем обучении всех, имеющих право доступа к сети. Обычно для инструктирования персонала о неиспользовании любых оптических инструментов, которые могут увеличить опасность, и о недопущении исследования оптоволокна на близком расстоянии выбирают уровень опасности 1М или 3R. Уровень опасности 3В является приемлемым в помещениях, которые снабжены надлежащими знаками опасности и соединителями.

В данном пункте указаны некоторые условия проверки АПМ:

- в системах с оптическими усилителями;
- на легкость доступа к оптоволокну в местах соединения;
- в оптических соединителях;
- в оптоволокне с ограниченным доступом — в подводном/зарытом кабеле;
- в ограниченных и неограниченных помещениях;
- в ленточных кабелях.

Предельные значения типичных длин волн см. D.3 и таблицу D.1.

D.4.3.1 Оптические усилители

Оптические усилители способны генерировать существенные уровни оптической мощности. Обычными являются уровни более 500 мВт, что может быть потенциально опасным без использования средств защиты. По этой причине важно использование соответствующего оборудования для ограничения уровня мощности при доступе для ремонта или технического обслуживания. Для уменьшения уровня опасности может быть необходимым применение соответствующих устройств, включая АПМ и прерывающие соединители.

D.4.3.2 Автоматическое понижение мощности для распределенных усиливающих оптических систем

АПМ для распределенных усиливающих оптических систем (например, рамановских) требуется не только источники основного сигнала, но также лазеры накачки. Реакция такой распределенной усиливающей оптической системы может быть более кратковременной, чем другой (с более низкой мощностью) системы, в зависимости от фактической мощности накачки в рамановской усиливающей системе.

D.4.3.3 Оптоволокно в местах соединения

Поскольку в ОСС мощности увеличиваются, важно, чтобы при операциях соединения на потенциально возбужденном оптоволокне с уровнем опасности 3В учитывалась безопасность оператора; в таких случаях используют соединители в закрытом исполнении. При отсутствии соединения в закрытом исполнении для уменьшения уровня опасности облучения используют АПМ.

D.4.3.4 Соединительные системы

Пример обоснованно ожидаемого события — доступ к передающему сигналу оптоволокна, когда работающая система имеет один или несколько разъединенных оптоволокон в оптическом соединителе.

Для этого случая есть много решений, позволяющих достигнуть приемлемого уровня опасности. Например, механическое решение, связанное с использованием соединителей с затвором для прерывания пучка. Такое решение, обеспечивающее надежность соединителя (см. D.5), обеспечивает контроль излучения от несогласованных соединителей. Затворы в неограниченных помещениях должны работать в течение 1 с, а в ограниченных и контролируемых помещениях в течение 3 с. Следует отметить, что затворы могут быть нежелательными для контроля оптических уровней мощности, превышающих уровни опасности 1М, 2М или 3R. В таких случаях применяют систему АПМ.

D.4.3.5 Кабели в подводном/зарытом состоянии для подводных систем

Подводные системы связи потенциально способны передавать значительные оптические уровни мощности. Обычно повреждение оптоволоконного кабеля случается не в зарытой под землю, а в погруженной в воду части. Поскольку оптоволоконный кабель погружен, для его восстановления необходимы соответствующее судно и время, которое может занять часы или дни. Поскольку АПМ для этих систем не всегда возможно или практично, необходимы строгие административные средства контроля, включая возможность ручного отключения лазера. Это обеспечивает надлежащие условия труда при уровне опасности ниже 4, что соответствует настоящему стандарту.

Ручное отключение системы для ремонта/технического обслуживания/эксплуатации в настоящее время внедрено в практику из-за опасности поражения электрическим током. Электроэнергия используется в подводных ретрансляторах вдоль магистрали. В будущем для систем без ретрансляторов электроэнергия не потребуется. В настоящее время оптоволокно перед его извлечением обесточивают.

D.4.3.6 Автоматическое понижение мощности в ограниченных и неограниченных помещениях

При проектировании ОСС необходимо учитывать положения 4.9 относительно ограниченных и неограниченных помещений. Для таких помещений проектировщики должны предусматривать встроенную АПМ в любую систему с оптической мощностью класса 3В или выше, потенциально способную облучить людей. При проектировании системы должны быть предусмотрены своевременное обнаружение разрыва и меры предосторожности, связанные с надежным отключением питания.

D.4.3.7 Автоматическое понижение мощности для ленточных кабелей

В ОСС при увеличении уровня опасности используют ленточные кабели. Следует тщательно оценить опасность, как показано в D.4.5, соответствующую систему АПМ, затвор для прерывания пучка и соединения, после чего при размещении ОСС принять меры для потенциально более высокого уровня опасности.

D.4.4 Многожильное оптоволокно

Опасность от сломанного (нерасколотого) в связке оптоволокна не превышает опасности от наихудшего случая при обрыве одиночного оптоволоконного кабеля. Это подтверждается значительным числом измерений на сломанных концах оптоволокна с учетом отражений и рассеивания от концов волокна, и смещения концов оптоволокна.

Аналогичные выводы сделаны после измерения на сломанных концах ленточных кабелей, но они не относятся к ленточному оптоволокну как к узлу (см. D.4.5).

D.4.5 Ленточный кабель

Концы ленточного оптоволокна, расколотые как узел, могут показать более высокий уровень опасности, чем от одножильного оптоволокна. Например, в восьмижильном ленточном кабеле через каждую жилу проходит мощность в пределах уровня опасности 1М, т. е. индивидуально они безопасны, но кабель, расколотый как неделимый узел, дает уровень опасности 3В и представляет опасность для глаз. Это возможно из-за малых расстояний разделения центров типичного ленточного оптоволокна от 150 до 250 мкм. Малое угловое разделение нескольких отдельных волокон приводит к совокупному эффекту. На расстоянии измерения 100 мм одномодового волокна $\alpha < \alpha_{min}$ для излучения незатухающих колебаний [α_{min} = 1,5 мрад МЭК 60825-1, пункт 8.4, перечисление c)].

Стягиваемый угол ленты в ее плоскости будет зависеть от количества волокон и их разделения (например, лента с восьмью волокнами, расположенными в 200 мкм, будет стягивать угол 14 мрад на расстоянии 100 мм).

Этот угол превышает α_{min}, и ленту рассматривают как промежуточный протяженный источник и точечный источник, ДПИ которого может быть увеличен коэффициентом C_6. Любой размер угла более α_{max} (α_{max} = 100 мрад) или менее α_{min} (1,5 мрад) должен быть ограничен до α_{max} или α_{min} соответственно до определения значения.

Полная мощность, допустимая в ленточном оптоволокне, определяется наихудшей комбинацией любых отдельных волокон (МЭК 60825-1).

D.4.5.1 Пример расчета ленточного оптоволокна

Лента состоит из восьми одинаково расположенных (друг от друга на 200 мкм) одномодовых оптоволокон. Какова максимальная допустимая выходная мощность для класса 1 при излучении незатухающих колебаний в волокне для длин волн: a) 1310 нм и b) 1550 нм?

Решение для a)

Оценки должны быть сделаны для каждого отдельного волокна или нескольких волокон. Необходимо убедиться, что источник не превышает ДПИ для каждого возможного угла α, стягиваемого каждой частью площадки, где $\alpha_{min} < \alpha < \alpha_{max}$. В таблице D.2 видим, что ДПИ для соединения из нескольких волокон такой же, что для одного одножильного оптоволокна в этом соединении. Комбинация двух волокон представляет худший случай. Поэтому максимальная мощность для одного одножильного волокна ленты составляет 9,3 мВт.

Таблица D.2 — Соотношение между числом волокон в ленточном оптоволокне и максимальной допустимой мощностью (пример)

Комбинация (число волокон)	1	2	3	4	5	6	7	8
C_6	1	1,2	1,9	2,5	3,2	3,9	4,5	5,2
T_2	10	10,07	10,31	10,55	10,8	11,06	11,32	11,59
ДПИ, мВт	15,6	18,7	28,9	39	49	58,8	68,6	78,2
Итоговое ограничение на оптоволокно, мВт	15,6	9,3	9,6	9,75	9,8	9,8	9,8	9,8

Решение для b)

На 1550 нм преобладает опасность для роговой оболочки глаза. Следовательно, C_6 не корректируют. Максимальная мощность в оптоволокне является частным от деления ДПИ для одиночного источника на число волокон (их восемь), т. е. 10 мВт/8 = 1,25 мВт.)

D.4.5.2. Проблемы использования ленточного оптоволокна

Существует опасность от излучения, источником которого является ленточное оптоволокно, обладающее свойством аддитивности, т. е. уровень опасности помещения может зависеть от выбора типа кабеля. Например, непрактично выключение важных узлов ОСС, если они разработаны для регламентных работ и если итоговый уровень опасности в помещении не соответствует его типу. В результате необходимо понизить уровень опасности, если в этой сети должно использоваться ленточное оптоволокно.

Эта проблема разрешима. Сломанные волокна ленточного оптоволокна неопасны, за исключением расколотых, также рассматривается отдельно проведение операций соединения. Отдельно взятое ленточное оптоволокно не отличается от обычного волокна и также неопасно.

Если доступ к неотделенному расколотому концу оптоволокна можно надежно предотвратить, то, поскольку уровень опасности определяется пределом излучения, уровень опасности можно не увеличивать. Любой применяемый метод должен предотвращать доступ персонала при обоснованно ожидаемых обстоятельствах (т. е. инструкции «не смотреть!» недостаточно). Допускается использовать инструмент, который стягивает расколотый конец оптоволокна, до вставления в ленту устройства для сращивания кабелей, которое предотвращает доступ к излучению на время операции.

При использовании ленточного оптоволокна в сети контроль усложняется, т. к. не всегда ясно, к какой части системы оно относится.

D.4.6 Снижение мощности при использовании разветвителей мощности из-за потерь в оптоволокне

Снижение мощности учитывают, например, в распределительной сети потребителя, уровень опасности зависит от длины волокна, и он может быть в конце меньше, чем в точке распределения.

На рисунке D.1 показан макет типичной пассивной оптической сети (ПОС).

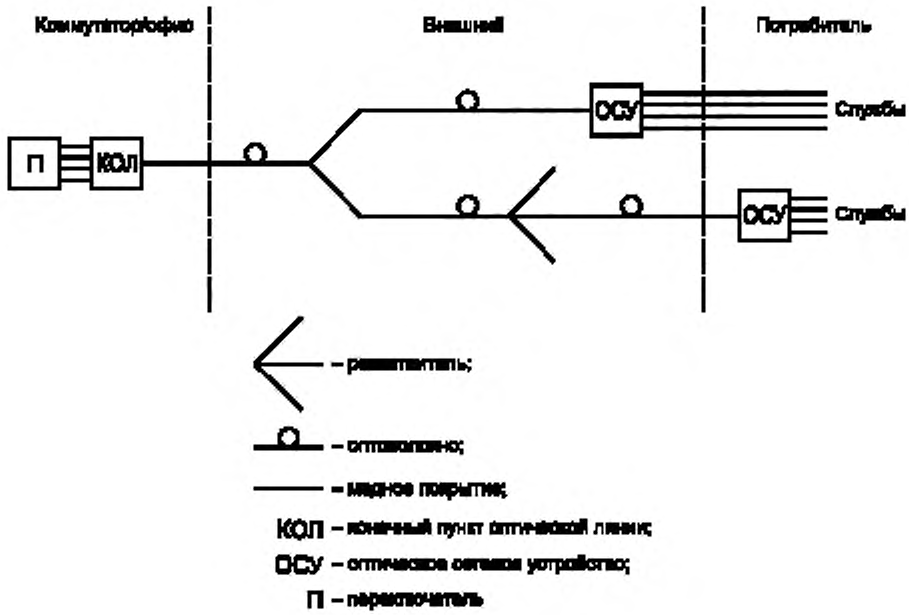


Рисунок D.1 — ПОС (пассивная оптическая сеть) — базовая система

D.4.7 Общий анализ и примеры

a) Оценка уровней опасности основывается на обоснованно ожидаемом отказе (см. 4.8.3). Из-за случайных отказов компонентов аппаратных средств и систематических отказов, например из-за отказа программного обеспечения, управляющего системой АПМ. Следовательно, необходимо включить в условия рассмотрения многократные отказы, определение вероятности их возникновения с целью проведения соответствующих организационных мероприятий.

Примечание — Принимая во внимание, что МЭК 60825-1 описывает условия одиночного отказа, следует обоснованно ожидать более одного условия, влекущего отказ, способный вызвать опасную ситуацию.

b) Условия технического обслуживания часто приводят к более высоким уровням опасности (см. раздел 5). Их должны рассматривать ответственная организация и специалисты. Например, ввод высокой мощности или усиленного оптического излучения импульсами рефлектометра в работающую оптоволоконную сеть, отказ или превышение рабочих параметров АПМ (см. 4.7.1, перечисление e).

c) Изменение компонентами параметров системы или структуры сети может привести к изменению уровня опасности. Например, замена обычных связанных оптоволоконных кабелей ленточными оптоволоконными кабелями (что возможно вне прямого наблюдения менеджера сети), изменение схемы модуляции, изменение в режиме работы передатчика по мощности или длине волны, добавление/смена оптических усилителей и т. д.

D.5 Анализ отказов — Пояснение и руководство

Анализ отказов необходим для систем, у которых оптический выход зависит от целостности компонентов и их схемотехники. Рекомендуется выполнение анализа отказов изготовителем или эксплуатирующей организацией.

D.5.1 Определения

Для целей раздела D.5 применяют следующее определение: FIT — единица интенсивности отказов, которая понимается как один отказ на 1 млрд. часов наработки.

D.5.2 Анализ отказов

Уровни опасности оценивают для обоснованно ожидаемых событий. Цель анализа — идентификация отказа в оптической схеме управления, который может иметь существенные последствия, затрагивающие назначенный уровень опасности. Например, для лазеров допускается использование помещения с уровнем опасности 1М при выходной оптической мощности, превышающей верхний предел этого уровня опасности при нормальном эксплуатационном режиме, если имеется система АПМ. Однако в случае разрыва оптоволокна доступное излучение должно понизиться до уровня опасности ниже 1М. Если в оптической схеме управления или в системе АПМ излучение превышает пределы для уровня опасности 1М, то назначают более высокий уровень опасности.

Устройство АПМ может включать и аппаратные средства, и компоненты программного обеспечения, что учитывают, определяя надежность системы АПМ.

D.5.3 Уровни вероятности отказов

Не существует 100%-ных безопасных систем, т. е. отказы возможны. Чтобы определить риск облучения, проводят анализ отказов ОСС, используя признанные методы.

D.5.4 Используемые методы анализа отказов

Обычно используют следующие методы анализа отказов:

- моделирование отказов, которые возможны при обоснованно ожидаемых событиях;
- отказы из-за режима работы и критический анализ (анализ характера, последствий и важности отказов, МЭК 60812);
- анализ последствий, МЭК 61508.

D.5.5 Отказы из-за режима работы и критический анализ

При этом методе предполагается вероятность превышения доступных пределов излучения (при обоснованно ожидаемых обстоятельствах) и для установленного уровня опасности не допускается превышение 500 FIT. Рекомендуется выполнение анализа отказов изготовителем или эксплуатирующей организацией.

Примечание — Интенсивность отказов и предполагаемое количество времени воздействия на оптоволокно за срок его службы устанавливается базовым уровнем 500 FIT, а норма воздействия, создающая риск поражения глаза, — менее 5 FIT (см. D.5.1). Например, в Великобритании это число равно 5,43.

D.5.5.1 Пример анализа характера, последствий и важности отказов для задающего контура обычного лазера

Цель анализа — определить количественную меру вероятности оптической мощности, превышающей ДПИ для класса 1М. Рекомендуемый метод иллюстрирует следующий пример.

Рассмотрим простой цикл на рисунке D.2.

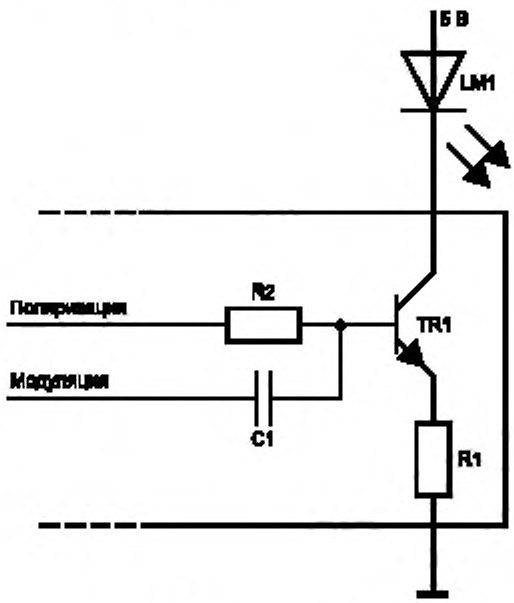


Рисунок D.2 — Задающий контур обычного лазера

D.5.5.1.1 Шаг 1 — определение критических компонентов

Из принципиальной схемы и спецификации деталей определяют все компоненты, могущие повлиять на лазерный модуль. Как правило, они включают схему управления средней мощностью, модулятор данных и порог смещения генератора. Включают систему АПМ в анализ, если функция АПМ требуется для классификации или если отказ компонента в АПМ может вызвать существенное увеличение доступной мощности.

D.5.5.1.2 Шаг 2 — определение компонента вида отказа

Составляют таблицу с перечислением схемных компонентов, которые наиболее часто являются причиной отказа, как показано в таблице D.3.

Таблица D.3 — Определение компонента вида отказа (пример)

Элемент схемы	Компонент	Вид отказа	Предварительная версия	Комментарий
LM1	Неохлаждаемый лазер	Повышение на выходе Понижение на выходе Нет выхода		
TR1	BFR 96 Mullard менее 500 мВт NPN	Короткое замыкание Разомкнутая цепь		
R1	47 Ом 2 % 0,25 Вт	Короткое замыкание Разомкнутая цепь Уход параметра		
R2	3К 9 2 % 0,25 Вт			
C1	0,47 мкФ 10 % 50 В			

Американский Центр анализа надежности Министерства обороны (RAC) публикация [2] дает список вероятных видов отказа.

D.5.5.1.3 Шаг 3 — определение значения бета

Проектировщики схем или специалисты по организации ремонта являются наилучшими консультантами по этой проблеме, т. к. обладают знаниями по работе каждого компонента в схеме.

Значения бета зависят от серьезности вида отказа. Простой анализ определяет вероятные значения бета, при этом рассматриваются три категории (см. таблицу D.4).

Таблица D.4 — Значения бета (пример)

В случае данного вида отказа будет ли мощность лазера превышать ДПИ для класса 1М?	Значение бета
Да	1
Нет	0
Возможно	0,5

Существует практика моделирования отказа для любых условий.

D.5.5.1.4 Шаг 4 — определение интенсивности отказов

Следующим шагом является определение интенсивности отказов для каждого компонента и интенсивности каждого вида отказа. Эта информация может быть получена, например, из следующих источников:

- данные, полученные путем анализа эксплуатационных отказов;
- BT Handbook of Reliability Data, HRD5 (предусматривает уровень отказов данного изделия для генерирующих компонентов свыше 60 % доверительного интервала);
- RAC publication (кривые распределения частоты отказов по видам отказов);
- Mil-HDBK 217 и
- RAC publication NPRD.

Например, HRD5 устанавливает частоту отказов (λ_{base}) кремниевого биполярного транзистора как восемь FIT, а публикация RAC — пропорциональность различных видов отказов (α) как 73 % для замкнутых цепей и 27 % — для разомкнутых цепей. Значения вставляют в соответствующие колонки электронной таблицы.

Частоту отказов системы определяют в колонке «произведение», умножая данные строк по горизонтали и затем суммируя. Общее значение интенсивности отказов определяет вероятность превышения системой намеченной классификации, см. таблицу D.5.

Таблица D.5 — Определение частоты отказов (пример)

Элемент схемы	Компонент	Вид отказа	Бета	$\lambda_{выход}$	α	Произведение	Комментарий
LM1	Неохлаждаемый лазер	Повышение на выходе Понижение на выходе Нет выхода	1 0 0	500 500 500	0,05 0,65 0,30	25,0 0 0	Возможно от движения оптоволокна Отказ чипа
TR1	BFR 96 Mullard < 500 мВт NPN	Короткое замыкание Разомкнутая цепь	1 0	8 8	0,73 0,27	5,84 0	Ток лазера ограничен сопротивлением R1 (возможно, безопасен см. ниже)
R1	47 Ом 2 % 0,25 Вт	Короткое замыкание Разомкнутая цепь Уход параметра	1 0 0,5	0,2 0,2 0,2	0,05 0,84 0,11	0,01 0 0,01	
R2	3К9 2 % 0,25 Вт	Короткое замыкание Разомкнутая цепь Уход параметра	1 0 0,5	0,2 0,2 0,2	0,05 0,84 0,11	0,01 0 0,01	
C1	0,47 мкФ 10 % 50 В	Короткое замыкание Разомкнутая цепь Уход параметра	1 0 0,5	0,3 0,3 0,3	0,49 0,29 0,22	0,15 0 0,03	
				Общая частота отказов =		31,06 FIT	

В этом примере (при условии напряжения на шине электропитания 5 В) максимальный ток лазера ограничен *R*1 до значения 35 мА. Маловероятно, что результат для лазера на 1,5 мкм превысит предел класса 1М. В других случаях такой подход не всегда применим, необходимо обратиться к спецификации лазера и значениям индивидуальных компонентов.

В аналогичных примерах, где отказ компонента является существенным, только если сопровождается одновременными независимыми отказами других компонентов, простое суммирование единиц интенсивности отказов этих компонентов может быть ошибочным.

D.5.6 Анализ последствий

Серия стандартов МЭК 61508 *Функциональная безопасность электрических/электронных/программируемых электронных систем безопасности* является одним из примеров подхода, который можно использовать для количественного определения надежности АПМ системы безопасности. В схеме, определенной в МЭК 61508-1, требования к системе, связанной с безопасностью управления, категоризированы в один из четырех уровней полноты безопасности (УПБ). В зависимости от УПБ применяют различные требования. Согласно МЭК 61508-1 должны быть приняты во внимание случайные и систематические отказы аппаратных средств.

Случайные отказы аппаратных средств вычисляют, используя данные надежности.

Для систематических отказов учитывают возможность отказа из-за ошибки проектирования, отказа из-за воздействия или влияния окружающей среды и отказа в процессе эксплуатации.

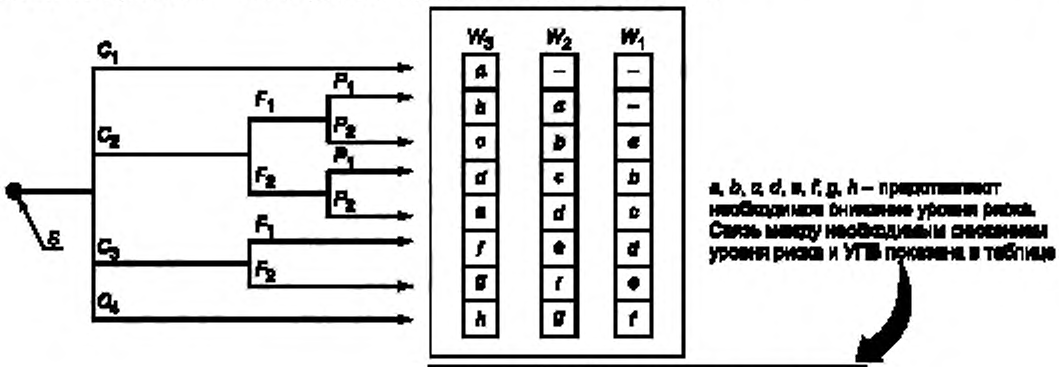
Примечание 1 — В МЭК 61508-1 УПБ определяется как «дискретный уровень» (один из возможных четырех) для определения требований к безопасности функционирования размещенных в электрических/электронных/программируемых связанных с безопасностью электронных системах, где у УПБ 4 — самый высокий уровень полноты безопасности, а УПБ 1 — самый низкий.

Примечание 2 — При использовании программируемых электронных устройств для контроля уровней опасности рекомендуется применять стандарты МЭК 61508. Если система представляет собой аппаратные узлы, анализ можно сделать с использованием обычных методов, таких как анализ характера, последствий и важности отказов.

В настоящем стандарте изложено несколько методов для указанных опасностей изделия для определения рекомендуемого УПБ в ОСС, например «прикладная часть». Существует также гипотетический и консервативный подход при определении УПБ. Он основан на методе «граф рисков» (см. МЭК 61508-5, приложение D).

D.5.6.1 Пример для анализа последствий

Риск (без связанных с безопасностью систем на месте), как полагают, является функцией повторяемости опасного случая и его последствий. Для этого примера используют метод схемы риска, для определения значения УПБ. Рисунок ниже — схема риска по одному из стандартов МЭК 61508.



Необходимое минимальное снижение риска	Уровень полноты безопасности (УПБ)
–	Нет требований по безопасности
a	Нет специальных требований по безопасности
b, c	1
d	2
e, f	3
g	4
h	

S — начальная точка для оценки снижения риска, *C* — значимость параметра риска, *F* — параметр риска частоты и длительности облучения, *P* — параметр риска возможности избежать опасности, *W* — вероятность нежелательного происшествия, *a*, *b*, *c*,..., *h* — оценка требуемого снижения риска для ВКР лазера

Рисунок D.3 — Пример схемы риска (МЭК 61508-5, пункт D.5)

D.5.6.1.1 Шаг 1 — Классификация последствий

В стандарте МЭК 61508 классифицированы четыре уровня последствий (см. таблицу D.6). В случае воздействия ОСС и поражения кожи или глаз последствия уровня риска можно очень консервативно определить как C_2.

Таблица D.6 — Классификация последствий (МЭК 61508-5, таблица D.1)

Последствия уровня риска	Классификация
C_1	Минимальный вред
C_2	Серьезная постоянная рана у одного или более человек; смерть одного человека
C_3	Смерть нескольких человек
C_4	Погибло очень много людей

D.5.6.1.2 Шаг 2 — Оценка повторяемости

В серии стандартов МЭК 61508 повторяемость и время облучения в опасной зоне должны оцениваться. Они могут быть заданы одним из двух значений, как определено в таблице D.7. Оценка уровня риска F_2 является примером оценки со значительным запасом для ОСС.

Таблица D.7 — Классификация повторяемости (МЭК 61508-5, таблица D.1)

Повторяемость и время облучения в опасной зоне. Уровень риска	Классификация
F_1	От редкого до более частого облучения в опасной зоне
F_2	От частого до постоянного облучения в опасной зоне

D.5.6.1.3 Шаг 3 — Оценка возможности избежать опасности

В настоящем стандарте возможность избежать опасного происшествия определяется принятием одного из двух значений таблицы D.8. В этом примере уровень риска — P_1.

Таблица D.8 — Возможность отклонения от классификации опасности (МЭК 61508-5, таблица D.1)

Возможность избежания опасного происшествия — Уровень риска	Классификация
P_1	Возможно при определенных условиях
P_2	Почти невозможно

D.5.6.1.4 Шаг 4 — Оценка вероятности опасного происшествия, происходящего без каких-либо систем обеспечения безопасности

Рассматривается вероятность опасного случая, происходящего без каких-либо систем обеспечения безопасности, например вероятности опасного происшествия (см. таблицу D.9). В данном примере диапазон уровня риска определен как W_1 — W_3.

Таблица D.9 — Классификация вероятности нежелательных происшествий (МЭК 61508-5, таблица D.1)

Вероятность опасного происшествия — Уровень риска	Классификация
W_1	Очень небольшая вероятность того, что нежелательные происшествия произойдут и только несколько нежелательных происшествий вероятны
W_2	Небольшая вероятность того, что нежелательные происшествия произойдут и несколько нежелательных происшествий вероятны
W_3	Относительно большая вероятность того, что нежелательные происшествия произойдут и вероятны частые нежелательные происшествия

D.5.6.1.5 Шаг 5 — Отображение на диаграмме

Отображение параметров на диаграмме рисков (см. рисунок D.3) проводится с учетом наиболее консервативных условий по УПБ 1 для кожи или для глаз. (Другие методы, описанные в серии стандартов МЭК 61508, также соответствуют УПБ 1 с использованием тех же критериев).

D.5.6.1.6 Шаг 6 — Определение надежности системы автоматического понижения мощности

В предыдущих шагах рассматривался только УПБ 1. Для УПБ, отличных от 1, следует обращаться к серии стандартов МЭК 61508. УПБ для аппаратных средств определяется случайными отказами; отказоустойчивость аппаратных средств и вероятность безопасного сбоя должны быть приняты во внимание в соответствии с МЭК 61508-2.

УПБ представлены как два множества диапазонов чисел: один диапазон для высокого режима защиты и один диапазон — для низкого режима защиты. После установки ОСС редки нарушения, при которых случается непреднамеренная поломка или открывается оптический пучок. Поэтому потребность в системе АПМ для отключения или уменьшения оптической мощности нечастая. В терминологии МЭК 61503 АПМ работает «при низком режиме защиты» (см. таблицу D.10).

Примечание — Например, среднее время между отказами для оптоволоконных кабелей было определено в диапазоне от 2 до более чем 160 лет. См. таблицы 1 и 2 в Cochrane и Heatley [18].

Таблица D.10 — Виды работ — Определения (МЭК 61508-4, подпункт 3.5.12)

Термин	Определение
Вид работы	Способ, при котором связанная с безопасностью система предназначена для использования, при этом возможно:
Редкая потребность	Когда частота запросов по работе, связанной с безопасностью системы, делается не чаще чем один раз в год или не чаще чем два раза в год она подвергается процедуре тестирования; или

Окончание таблицы D.10

Термин	Определение
Большая или непрерывная потребность	Когда частота запросов по работе, связанной с безопасностью системы, делается чаще чем один раз в год или чаще чем два раза в год, она подвергается процедуре тестирования
Примечание 1 — Большая или редкая потребность охватывает связанные с безопасностью системы, осуществляют контроль пространства для поддержания функциональной безопасности (например, клапан регулятора давления).	

Для системы уровня УПБ 1 устанавливают интенсивность отказов в опасной ситуации от 10^{-1} до 10^{-2}. Такая интенсивность отказов достигается, например, включением системы АПМ, механическими решениями и уменьшением внешних рисков.

В примере выбрана система АПМ и вероятность того, что АПМ откажет, должна быть менее 0,1 (см. таблицу D.11).

Таблица D.11 — Значения УПБ (МЭК 61508-1, подпункт 7.6.2.9)

Значение УПБ	Низкий режим защиты работы (средняя вероятность отказа выполнения проектных функций по запросу)
4	$\geq 10^{-5}$ до $< 10^{-4}$
3	$\geq 10^{-4}$ до $< 10^{-3}$
2	$\geq 10^{-3}$ до $< 10^{-2}$
1	$\geq 10^{-2}$ до $< 10^{-1}$

Обычно причиной случайных аппаратных отказов по уровню УПБ или отказов системы АПМ является неработоспособность системы АПМ. Если система АПМ постоянно наблюдается на возможность сбоя или периодически тестируется, то неработоспособность определяется и надежностью оборудования АПМ, и временем оперативного ремонта [среднее время восстановления работоспособности (СВВР)]. Надежность оборудования часто выражается как единица интенсивности отказов (1 отказ на 10^9 часов наработки). Рассмотрим следующее уравнение:

$$\text{ступень УПБ} = \text{неработоспособность АПМ} = \frac{\text{FIT} \cdot \text{СВВР}}{10^9}, \quad (D.1)$$

$$\text{тогда FIT} = \text{УПБ} \cdot \text{СВВР} / 10^9,$$

где ступень УПБ — отказы/потребность,

СВВР — среднее время восстановления работоспособности, ч,

10^9 — преобразование из частоты отказов (отказы/часы) и FIT, отказы/10^9.

На рисунке D.4 показано взаимоотношение между FIT и временем восстановления отказавшей системы безопасности. Область безопасности системы ступени УПБ 1 маркируется.

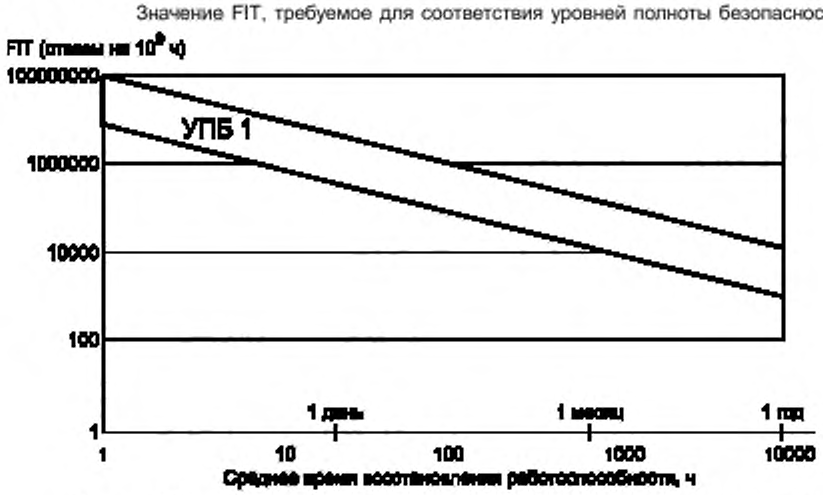


Рисунок D.4 — Диаграмма FIT и среднего времени восстановления работоспособности

D.5.6.1.7 Шаг 7 — Понижение риска из-за систематических отказов

Для УПБ 1в МЭК 61508-2 и МЭК 61508-3 рекомендуются прежде всего следующие методы уменьшения систематических отказов:

a) программа последовательного контроля, например самоконтроль, логический контроль управляющей программы, временной контроль с непрерывной проверкой;

b) программное обеспечение с использованием структурированных методов, например JSD, MASCOT, SADT, Yourdon;

c) меры против отключения напряжения, изменений напряжения, бросков напряжения, падения напряжения;

d) отделение электрических энергетических цепей от передающих линий;

e) повышения помехозащищенности;

f) меры против воздействия окружающей среды, например температуры, влажности, воды, вибрации, пыли, коррозийных веществ;

g) меры против повышения температуры, например температурный датчик, контроль вентиляции, тепловой плавкий предохранитель, сигнализатор перегрева, принудительное воздушное охлаждение и индикация состояния;

h) пространственное разделение мультиплетных линий;

i) усовершенствование защиты, например проверка достоверности сигналов или обнаружение с помощью пусковых испытаний.

Уточненная информация и детализация вышепредставленных методов приведена в МЭК 61508, части 2 и 3.

D.5.6.1.8 Определение приемлемого уровня надежности

Надежность системы АПМ определяется совокупностью явлений, зависящих от ответственного использования и обслуживания таких систем. Для функционирования системы АПМ при очень малом числовом значении интенсивности отказов не требуется текущего обслуживания в пределах определенного срока функционирования системы АПМ. Для всех других систем неработоспособность системы АПМ и, следовательно, числовое значение интенсивности отказов зависят от возможности обнаружения любого отказа системы АПМ и готовности оператора провести ремонт в разумное время так же, как и быстрое реагирование оператора на любые тревоги, указывающие на отказ в системе АПМ.

Так как изготовители оборудования не контролируют его текущий ремонт, может быть полезным предложение определенного числового значения интенсивности отказов, что предпочтительнее комбинации числового значения интенсивности отказов и среднего времени ремонта (см. рисунок D.4). Изготовители обычно поставляют системы АПМ, которые:

1) имеют периодическое или непрерывное диагностическое тестирование (проверочное испытание) или

2) не проверяются и не наблюдаются.

Для непрерывного диагностического тестирования, наблюдения, и тревоги приемлемо, чтобы отказ в ОСС был ликвидирован в течение одного дня, поэтому СВВР составляет 24 ч. Системы, не тестирующие связанные с безопасностью системы, могут работать без наблюдения длительное время, но их модернизируют, ремонтируют, проверяют или заменяют каждые два года. Поэтому среднее время восстановления работоспособности в часах может составлять 10^4 ч или СВВР равно 10^4 ч, т. е. примерно один год.

Таблица D.12 — Классификация заданий по контролю оборудования

Диагностическое тестирование и наблюдение систем, связанных с обеспечением безопасности	Классификация	Среднее время ремонта
M_1	Периодические или непрерывные диагностические испытания и наблюдение выполнения работ, связанных с обеспечением безопасности	1 день (24 ч)
M_2	Без наблюдения, но с периодическим диагностическим тестированием	1 год (10^n ч)
M_3	Без наблюдения и тестирования: система АПМ изымается из эксплуатации перед окончанием определенного срока службы	20 лет ($2 \cdot 10^5$ ч)

С этой информацией можно определить числовое значение интенсивности отказов. Как пример рассмотрим систему коммуникации, работающую на длине волны 1550 нм, когда оптическая мощность в нормальном режиме (отказы не обнаружены) превышает класс 1М, но ниже верхнего предела класса 3В. Пусть ОСС функционирует в неограниченной зоне. Для упрощения считаем, что излучение при обоснованно ожидаемом событии ограничено уровнем опасности 1 с учетом класса лазерного излучателя, необходима система АПМ. Максимально

допустимое числовое значение интенсивности отказов определяем как верхний предел УПБ 1. Из уравнения (D.1) и рисунка D.4 видим, что минимальное требование (например, максимальное числовое значение интенсивности отказов) должно быть $4 \cdot 10^6$ единиц интенсивности отказов для непрерывно диагностируемой системы с СВВР 24 ч, 10^4 единиц интенсивности отказов для систем с СВВР 1 год и 500 единиц интенсивности отказов для систем без непрерывной диагностики.

В спецификации числовое значение интенсивности отказов может быть определено для других уровней риска (см. серии МЭК 61508).

Таблица D.13 — Числовое значение интенсивности отказов для примера, приведенного выше

Уровень полноты безопасности	Результат	Числовое значение интенсивности отказов		
		M_1 (постоянная диагностика)	M_2 (периодическое тестирование)	M_3 (без наблюдения)
УПБ 1	Серьезная постоянная рана у одного или более человек, например повреждение сетчатки, незначительное воспламенение; смерть одного человека (C_2)	$< 4 \cdot 10^6$	$< 10^4$	< 500

D.6 Предлагаемые трудовые навыки

Ниже изложены примеры трудовых навыков, рекомендуемые при работе с ОСС. Различные трудовые навыки допускается применять при различных обстоятельствах.

D.6.1 Общие трудовые навыки

При работе с ОСС применяют следующие трудовые навыки:

непосредственное наблюдение оптоволокна — не смотреть незащищенными глазами или с помощью неутвержденного оптического устройства в концы волокна или на соединитель или направлять его на других людей;

оптические средства — использовать только одобренные фильтрующие или ослабляющие оптические средства;

концы оптоволокна (одножильные или многожильные) — любой найденный неизолированный одножильный или многожильный конец (концы) оптоволокна (например, пригнанный, сращенный) должен (должны) быть индивидуально или все вместе покрыты материалом, соответствующим работе на данной длине волны и мощности. Оптоволокно не должно иметь видимых и острых концов, которые не должны излучать.

Применяемые методы для покрытий включают использование заглушек или ленты. Всегда прикрепляют заглушки к несостыкованным соединителям;

ленточные оптоволоконные кабели — не разделяют ленточные оптоволоконные кабели по отдельности и не используют в качестве сращивающего устройства, если не оговорено специально;

испытательные шнуры — при использовании оптических испытательных шнуров оптический источник мощности должен быть последним присоединяемым устройством и первым разъединяемым;

обрезь оптоволокна — собирают всю обрезь оптоволокна и закладывают ее в специальный контейнер. Контейнер помещают в отведенное место;

содержание и техническое обслуживание — для работы и поддержания системы в рабочем состоянии руководствуются только одобренными инструкциями;

очистка — для очистки и подготовки оптических волокон и оптических соединителей используют только одобренные средства;

модификация — при модификации любой ОСС запрещается применять неразрешенные изменения или сопряженное оборудование;

расширительные платы — расширительные платы не допускается использовать на печатных платах оптического передатчика. Не допускается излучение мощности оптических источников, когда они находятся позади стойки передатчика;

повреждение предупреждающего знака — сообщают о повреждении или отсутствии предупреждающего знака об оптической опасности линейному руководству;

управление с помощью ключа — для оборудования с использованием управления ключом его размещают так, чтобы были гарантированы безопасное использование, хранение и управление. Запасные ключи хранят со строгой процедурой контроля со стороны назначенного ответственного лица;

испытательное оборудование — использование испытательного оборудования самого низкого класса достаточно для практических задач. Не используют испытательное оборудование более высокого класса, чем уровень опасности помещения (зоны);

предупреждающие знаки — зональные предупреждающие знаки требуются для помещений (зон) с превышением уровня опасности 1М.

Зональные предупреждающие знаки могут размещаться в помещениях (зонах) с более низкой классификацией;

аварийная сигнализация — система аварийной сигнализации, особенно указывающая, что система АПМ или любая другая система безопасности находится в неработоспособном состоянии, должна обеспечивать возможность ремонта в пределах определенного времени.

D.6.2 Действующие трудовые навыки для уровней опасности 1, 1М, 2, 2М и 3R

При работе жизнеобеспечивающих/энергетических систем (например, во время передачи оптических сигналов по оптоволокну ОСС) рекомендуется использование трудовых навыков, перечисленных в D.6.1.

D.6.3 Трудовые навыки для уровня опасности 3В

Энергетическую систему (которая иногда рассматривается как жизнеобеспечивающая) в местах с уровнем опасности 3В размещать не рекомендуется.

Программы по безопасности ОСС и обучению персонала должны быть подготовлены и утверждены руководством организации. Персонал, участвующий в монтаже и техническом обслуживании ОСС должен соблюдать все правила и сообщать руководству о любых потенциально опасных условиях или аварийном облучении оптическим излучением.

Если работа энергетических систем в помещениях с уровнем опасности 3В не разрешена (см. выше), то:

- используют все общие навыки, определенные в D.6.1;

- отключают посредством обесточивания ОСС (см. D.6.4) оборудование, генерирующее оптическое излучение;

- проверяют отсутствие оптической мощности в оптоволокне с использованием одобренного оптического измерителя мощности, способного измерять максимальную мощность, передаваемую в системе без повреждений;

- покрывают концы всех неработающих излучающих оптических волокон.

Обеспечивают, чтобы несогласованные соединители имели соответствующее ослабление, используя встроенный отключающий механизм соединителя или заглушку;

- используют оптические средства непрямого наблюдения (например, мониторы или теневое отображение сращивающих устройств). Запрещается использовать микроскопы или глазные лупы без разрешения:

- оптический источник мощности должен быть последним присоединяемым устройством и первым, разъединяемым при использовании оптических испытательных шнуров.

D.6.4 Формальная процедура снижения энергопотребления и включения электропитания для уровня опасности 3В

Обесточивание ОСС (если работа системы под напряжением не разрешена) осуществляют в следующем порядке:

a) сотрудник, уполномоченный для работы с источником оптической мощности, должен:

- быть обучен работе на соответствующем типе оборудования, которое будет включаться и выключаться,

- знать инструкции и требования техники безопасности, в том числе положения, изложенные выше, а также любые дополнительные местные инструкции и условия,

- нести ответственность по вопросам безопасности;

b) назначенные люди должны быть уполномочены управлять производственным процессом и уведомлены относительно их полномочий;

c) список уполномоченных лиц для каждой установки должен находится в заметном месте;

d) перед началом работы:

- выполняющее ее лицо должно уведомить уполномоченное лицо, работающее с источником оптической мощности, о необходимости отключения мощности на соответствующих оптических волокнах,

- на дуплексных системах уполномоченное лицо должно присутствовать в каждом конце,

- при поступлении информации об отключении мощности выполняют необходимые операции. Эти операции не следует проводить, если выполняющее их лицо совмещает функции уполномоченного лица,

- выполняющее работу лицо проверяет (с помощью оптоволоконного идентификатора или измерителя оптической мощности), что мощность отключена.

После выполнения работ выполняющее ее лицо информирует уполномоченное лицо о соответствии оптической мощности источника(ов);

e) при требовании выполняющего работу лица о выключении мощности оптического источника уполномоченный сотрудник должен:

- сделать соответствующую запись о времени, дате требования и выполняющем работу лице. Журнал учета должен храниться в месте нахождения оптического источника,

- выключить источник мощности (включая управление ключом, если имеется),

- прикрепить комплект предупреждающих знаков на соответствующее оборудование в месте разъединения, например на стойке оборудования, распределительной стойке; предупреждающий знак должен быть описан каждому выполняющему работу лицу,

- связаться с выполняющим работу лицом и дать ему номер задания и время, когда источник выключен,

- после получения информации о завершении работы сделать запись в журнале и удалить предупреждающие знаки с оборудования перед повторным запуском источника. Если отключения источника требуются нескольким лицам, повторный запуск источника осуществляют после завершения всех работ.

D.7 Максимальная выходная мощность за время отключения

В таблице D.14 дан перечень максимальной выходной мощности (мВт) за время отключения для одномодовых ОСС, которые отключаются за 1 с для понижения уровня опасности для неограниченных помещений и за 3 с — для ограниченных и контролируемых помещений (см. 4.8.2). Технические требования, описанные в приложении В, следует использовать как соответствующие более низкому уровню опасности.

Уравнение, используемое в таблице D.6:

$$НОГР = \frac{\omega_0 \pi d}{2\sqrt{2}\cdot\lambda} \cdot \frac{1}{\sqrt{\ln\left(\frac{P}{P - \frac{\pi d^2 \cdot МВЭ}{4t}}\right)}}.$$

Другой вид этого уравнения:

$$P = \frac{\pi d^2 \cdot МВЭ}{4t} \cdot \frac{1}{1 - \exp\left[-0{,}125\left(\frac{\pi\omega_0 d}{\lambda НОГР}\right)^2\right]},$$

где ω_0 — диаметр модового фильтра ($1/e^2$ плотность мощности), м;
P — общая мощность в оптоволокне, Вт;
d — диаметр ограничивающей апертуры, м;
МВЭ — максимально возможная экспозиция, Дж · м$^{-2}$;
НОГР — номинальное опасное для глаз расстояние, м;
t — время выключения, с;
λ — длина волны, м.

Таблица D.14 — Примеры ограничения мощности для ОСС, имеющих систему АПМ, для уменьшения эмиссии до более низкого уровня опасности

Длина волны, нм	Диаметр поля одномодового оптоволокна, мкм	Максимальная неограниченная выходная мощность	Максимальная ограниченная выходная мощность	Максимальная контролируемая выходная мощность	Время выключения, с	Расстояние измерения, м
		мВт				
980	7	9,4	9,4	—	1	0,1
980	7	Не применяется	7,2	—	3	0,1
980	7	Не применяется	—	39	3	0,25
1310	11	78	78	—	1	0,1
1310	11	Не применяется	59	—	3	0,1
1310	11	Не применяется	—	314	3	0,25
1400—1500	11	1598	1 598	—	0,3	0,1
1400—1500	11	650	650	—	1	0,1
1400—1500	11	Не применяется	389	—	2	0,1
1400—1500	11	Не применяется	288	—	3	0,1
1400—1500	11	Не применяется	—	2 403	2	0,25
1400—1500	11	Не применяется	—	1 774	3	0,25
1550	11	2 539	2 539	—	0,5	0,1
1550	11	1 273	1 273	—	1	0,1
1550	11	Не применяется	639	—	2	0,1
1550	11	Не применяется	428	—	3	0,1
1550	11	Не применяется	—	2 640	3	0,25

Окончание таблицы D.14

Примечание 1 — Используемые параметры оптоволокна относятся к самому консервативному случаю. Включенные показатели для λ — 1310—1550 нм вычислены для одномодового оптоволокна с диаметром поля 11 мкм максимальной девиации частоты (МДЧ) и аналогично для λ, равной 980 нм, для 7 мкм МДЧ.

Многие системы, работающие на 1550 нм, например лазерный оптический усилитель на волокне, легированном эрбием (EDFAs), с накачкой на 1480 или 980 нм, используют для передачи оптоволокно с меньшим МДЧ.

Например, для оптоволоконных кабелей с дисперсным смещением на 1550 нм верхний предел значения МДЧ 9,1 мкм. В этом случае максимальная выходная мощность для неограниченных и ограниченных зон на 1480 и 1550 нм в 1,44 раза выше значения, указанного в данной таблице, а для контролируемых зон на 1480 и 1550 нм — в 1,46 раза превышают значения данной таблицы.

Примечание 2 — Времена, данные в таблице, являются примерами выключения за любое короткое время относительно максимально допустимого и могут разрешить использование более высоких мощностей (максимальное время — 1 с для неограниченных зон и 3 с — для ограниченных и зон, которыми управляют, соответственно).

Приложение Е
(справочное)

Руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию

Е.1 Тесты и измерения

Е.1.1 Тесты, измерения и работа в кабельных каналах и распределительных устройствах рассматривают как операции обслуживания или эксплуатации. Везде, где возможно, диагностические тесты выполняют так, чтобы не увеличить уровень опасности в любом месте. При необходимости используют административные средства управления, которые могут включать в себя допуск к работе с системой. При испытаниях соединительного оборудования обращают внимание на установление уровней фактической мощности, введенных в систему, и оценку опасности.

Е.1.2 Эксплуатирующая организация должна создавать и поддерживать условия, исключающие возможность отключения системы АПМ.

При отключении системы АПМ уровень опасности должен быть переоценен эксплуатирующей организацией. Должны быть предприняты меры безопасности, описанные в 5.2, соответствующие новому уровню опасности.

Е.1.3 Любые оптические приборы для проверки и соединения оптоволокна подбирают так, чтобы МВЭ была ниже соответствующего максимального допустимого; их применение должно быть одобрено эксплуатирующей организацией.

Примечание — Маркировка одобренных оптических приборов знаком эксплуатирующей организации может быть оформлена отдельным решением.

Е.1.4 Везде, где разумно практически, эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт выполняют при отключенной мощности сигнала, передаваемого по оптоволокну. Систему следует эксплуатировать при самой низкой мощности, достаточной для функционирования.

Е.1.5 Эксплуатирующая организация должна установить методы работы, предотвращающие облучение персонала излучением свыше соответствующей МВЭ.

Е.2 Меры безопасности

Е.2.1 Общие требования

Е.2.1.1 В помещениях, где при эксплуатации и техническом обслуживании возможно оптическое или лазерное облучение выше МВЭ (например, во время переключения в контролируемых помещениях), необходимо предусмотреть защиту глаз.

Е.2.1.2 Перед началом работы с любым оптоволоконным кабелем или системой конечный пользователь должен проверить уровень опасности в доступных помещениях. В случае установленных и активизированных систем уровень опасности должен быть указан в доступных помещениях на предупреждающих знаках. Меры, соответствующие уровню опасности, должны быть предприняты в системах, о которых известно, что они эксплуатируются или могут быть включены. При определении уровня опасности в случае отсутствия предупреждающих знаков следует предпринять меры предосторожности, соответствующие классификации передающих устройств или испытательного оборудования, содержащего оптические источники, соединенные с оптоволокном.

Е.2.1.3 Во время установки или тестирования оптоволоконного кабеля или сети рекомендуется использование оборудования, имеющего конструктивный выход с уровенями опасности 1, 1М, 2 или 2М по МЭК 60825-2 или классы 1, 1М, 2 или 2М по МЭК 60825-1.

Для ОСС, расположенных в ограниченных или контролируемых помещениях, возможно использование испытательного оборудования с более высокими оптическими выходными мощностями при условии обеспечения доступа к концам оптоволокна и соединителей во всех помещениях и нанесения маркировки уровня опасности перед началом работы.

Е.2.1.4 В момент поступления требования для работы в контролируемой зоне с уровнем опасности 3В необходимо обеспечить наличие:

- предупреждающего знака согласно МЭК 60825-1 (рисунок 14) и пояснительного знака согласно МЭК 60825-1 (рисунок 15), содержащего слова «Уровень опасности 3В»;
- знака, информирующего о существовании потенциальной опасности, когда доступ разрешен только аттестованному персоналу.

Е.2.1.5 Каждый работник, привлеченный к монтажу, эксплуатации и техническому обслуживанию ОСС, должен:

- соблюдать общие правила, технологию и правила эксплуатации, установленные для безопасной работы ОСС;
- немедленно уведомлять ответственного за технологию и правила эксплуатации, который принимает необходимые меры при нанесении вреда персоналу или повреждения оборудования;
- немедленно уведомлять ответственного за технологию и правила эксплуатации о потенциальной опасности непредвиденного облучения оптическим излучением.

Е.2.2 Меры предосторожности в помещениях с уровнями опасности 1М, 2М, 3R и 3В

Е.2.2.1 Где возможно, оптический пучок или испытательное оборудование должны быть закрыты, переведены в режим работы с низкой мощностью или разъединены перед началом любой работы с оптоволокном, соединителями и т. д. В этом случае неумышленное включение должно быть предотвращено выключателем дистанционного управления или другим подходящим способом. Состояние линии (мощность включена или выключена) должно быть ясно обозначено.

Е.2.2.2 Персонал, имеющий доступ к оптоволокну, находящемуся в возбужденном состоянии, или соединителю, должен быть проинструктирован о недопущении непосредственного наблюдения этих мест. При всех обстоятельствах используют только те оптические средства наблюдения, которые обеспечивают соответствующий уровень ослабления.

Е.2.2.3 К работе с ОСС в местах с уровнем опасности 3В допускается только персонал, прошедший курс обучения безопасности по работе с оптоволокном.

Е.2.2.4 Служебный персонал по монтажу, эксплуатации или техническому обслуживанию ОСС и любого соответствующего испытательного оборудования должен обеспечить невозможность доступа нетренированного персонала в места с уровнем опасности 3В.

Е.2.2.5 Есть вероятность, что в системе могут возникнуть точки больших потерь от воздействия высоких температур, когда в оптоволокно могут быть введены чрезвычайно высокие уровни мощности (от сотен мВт до нескольких Вт).

Примечание — Примером может служить система, использующая технологию распределенного комбинационного усиления.

Высокая температура может привести к опасным ситуациям с оборудованием и в помещениях. Поэтому в системах, которые обычно передают высокую мощность, соединители должны быть очищены очень тщательно, чтобы потери, вызванные ими, а также устройствами для сращивания или изгиба в любом месте, были уменьшены в максимально возможной степени.

Е.2.3 Программа обучения

Работодатель персонала по монтажу или техническому обслуживанию ОСС должен определять и поддерживать необходимую программу по контролю опасности оптоволокна. Безопасность и программы обучения должны быть определены для сотрудников, работающих с оптоволоконными системами связи с уровнем опасности 3В. Такие программы должны быть составлены людьми, компетентными в области лазерной безопасности ОСС. Программы должны обеспечивать, как минимум:

- базовую информацию об ОСС;
- информацию по безопасности относительно классификации лазерных систем и уровней опасности.

Приложение F
(справочное)

Классификация понятия «уровень опасности»

В данном приложении далее разъясняется различие между понятием «класс лазера», определенном в МЭК 60825-1, и понятием «уровень опасности», определенном в МЭК 60825-2.

F.1 Класс

Понятие «класс» определяется положением, в соответствии с которым лазерное изделие или внутренний излучатель могут быть сгруппированы в соответствии с их безопасностью. Уровни опасности описаны в доступных таблицах пределов излучения в МЭК 60825-1. Классы изменяются от класса 1, который безопасен при обоснованно ожидаемых условиях, до класса 4, который является потенциально самым опасным. В МЭК 60825-1 классификация лазерной аппаратуры основана на обоснованно ожидаемых эксплуатационных режимах, включая условия единичных отказов.

F.2 Уровень опасности

«Уровень опасности» — термин, используемый в настоящем стандарте, который относится к потенциальной опасности от лазерного излучения в любом месте в оптоволокне ОСС, которое может быть доступным во время эксплуатации, технического обслуживания или в случае разъединения волокна, или отказа. Оценка уровня опасности дана в таблицах пределов излучения в МЭК 60825-1. Оценка уровня опасности описана в 4.8.1. Оценку можно сделать на основе измерения или вычисления излучаемой мощности и известных временных констант.

В приложении А дано дополнительное разъяснение: «ОСС в целом не классифицируются таким образом, как требует МЭК 60825-1, т. к. при намеченной эксплуатации оптическое излучение полностью закрыто, поэтому при строгой интерпретации МЭК 60825-1 класс 1 будет присвоен всем системам, что, возможно, не отражает потенциальную опасность.» Основываясь на этом утверждении, ОСС могут быть определены как лазерные изделия класса 1, т. к. при нормальных условиях излучение полностью закрыто (как в лазерном принтере) и свет не должен испускатся вне защитного кожуха. Только при поломке оптоволокна или оптического соединителя не исключена возможность потенциально опасного оптического излучения (если внутренний излучатель или выходной усилитель имеют достаточно высокую мощность).

Поэтому уровень опасности должен быть оценен для каждого оптического порта вывода. Пределы уровня опасности зависят от «доминирующей» длины волны, учитывая, что МЭК 60825-1 определяет различные пределы для различных диапазонов длин волн. Подробности изложены в МЭК 60825-1. Кроме того, в настоящем стандарте разрешено использование системы АПМ.

F.3 Пояснение к статьям 3.1, 3.4—3.11 и разделу 4

Большая часть ОСС может иногда классифицироваться как «без доступа при обоснованно ожидаемых условиях».

F.4 Пояснения к 4.8.1 и 4.8.2

Основные положения этих подпунктов основаны на допущениях, которые уже содержаться в МЭК 60825-1 и МЭК 60825-2.

Пункт требует, чтобы при облучении человека из порта или излома с момента разрыва или разъединения МВЭ не была превышена. Предполагается, что мощность остается постоянной при ее максимальном значении до истечения времени остановки.

a) Неограниченные помещения

Отключение за 1 с в неограниченном помещении см. 4.8.1. «... оценка уровня опасности проводится в пределах 1 с после наступления обоснованно ожидаемого события ...». Расстояние 100 мм содержится в МЭК 60825-1, таблица 10. Даже если оптоволокно преднамеренно разрезано, очень маловероятно, что в течение 1 с человек может оказаться на расстоянии до 100 мм в позиции, способствующей неблагоприятному облучению коллимирующей оптикой. Кроме того, нужно иметь в виду, что оптические сигналы при прохождении по оптоволокну ослаблены так, что выходной сигнал при отказе в неограниченном помещении может быть значительно ниже, чем в передающем устройстве или усилителе.

b) Ограниченные помещения

Отключение за 3 с в ограниченном помещении см. 4.8.1. «... оценка уровня опасности проводится в пределах 3 с после наступления обоснованно ожидаемого события ...». Допускается, что в ограниченном помещении после любого отказа системы, имеющего случайную природу, отключение должно произойти в течение 3 с «после наступления обоснованно ожидаемого события». Очень маловероятно, что за это время человек может оказаться на расстоянии до 100 мм в позиции, способствующей неблагоприятному облучению коллимирующей оптикой. Кроме того, нужно иметь в виду, что оптические сигналы при прохождении по оптоволокну ослаблены так, что выходной сигнал при отказе в ограниченном помещении может быть значительно ниже, чем в передающем устройстве или усилителе.

c) Контролируемые помещения

Персонал, работающий в помещениях с контролируемым доступом, должен пройти подготовку по лазерной безопасности, в том числе пониманию недопущения наблюдения сломанного оптоволокна до полной инактивации системы.

Пояснение к разделу D.5 (приложение D)

Приложение D является справочным. Использование термина «рекомендуется» не запрещает использование альтернативных методов анализа. Метод анализа неисправностей и выбор соответствующего уровня безопасности — прерогатива пользователя.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам Российской Федерации

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
МЭК 61812	—	*
МЭК 60825-2	—	*
МЭК 61508-1:2007	IDT	ГОСТ Р МЭК 61508-1—2007 «Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 1. Общие требования»
МЭК 61508-2:2007	IDT	ГОСТ Р МЭК 61508-2—2007 «Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 2. Требования к системам»
МЭК 61508-3:2007	IDT	ГОСТ Р МЭК 61508-3—2007 «Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 3. Требования к программному обеспечению»
МЭК 61508-4:2007	IDT	ГОСТ Р МЭК 61508-4—2007 «Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 4. Термины и определения»
МЭК 61508-5:2007	IDT	ГОСТ Р МЭК 61508-5—2007 «Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 5. Рекомендации по применению методов определения уровней полноты безопасности»
МЭК 60825-1:1993		*

* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Перевод находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

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

- IDT — идентичные стандарты.

Библиография

[1] МЭК 60812 Analysis techniques for system reliability — Procedures for failure mode and effects analysis (FMEA)
[2] Failure Mode/Mechanism Distributions 1991, FMD-91. Reliability Analysis Center, US Dept of Defense, 1991 — [Prepared by/Reliability Analysis Center, PO Box 4700, Rome NY]
[3] BT Handbook of Reliability Data for Components Used in Telecommunications Systems, 1995, Issue 5 [Copies available from: ILI Index House, Ascot, Berkshire SL5 7EU]
[4] UKAS Document NIS 20: Uncertainties of Measurement for Electrical Product Testing Draft 2, Jan 1992
[5] МЭК 61508 (all parts), Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems
[6] МЭК 60794-1-1, Optical fibre cables — Part 1-1: Generic specification — General
[7] МЭК 60794-1-2, Optical fibre cables — Part 1-2: Generic specification — Basic optical cable test procedures
[8] МЭК 60794-2, Optical fibre cables — Part 2: Indoor cables — Sectional specification
[9] МЭК 60794-3, Optical fibre cables — Part 3: Sectional specification — Outdoor cables
[10] МЭК 60794-4-1, Optical fibre cables — Part 4-1: Aerial optical cables for high-voltage power lines
[11] МЭК 60794-3-10, Optical fibre cables — Part 3-10: Outdoor cables — Family specification for duct and directly buried optical telecommunication cables
[12] МЭК 60794-3-20, Optical fibre cables — Part 3-20: Outdoor cables — Family specification for optical self-supporting aerial telecommunication cables
[13] МЭК 60950-1:2001, Information technology equipment — Safety — Part 1: General requirements
[14] Nonelectronic parts reliability data 1995. NPRD-95. Reliability Analysis Center (US Dept of Defense, 1995. [Prepared by Reliability Analysis Center, PO Box 4700, Rome NY]
[15] ITU-T Recommendation G. 664, Optical safety procedures and requirements for optical transport systems
[16] МЭК 60825-12, Safety of laser products — Part 12: Safety of free space optical communication systems used for transmission of information
[17] MIL-HDBK-217F, Reliability Prediction Of Electronic Equipment
[18] COCHRANE. P. and HEATLEY, DJT. Reliability Aspects of Optical Fibre Systems & Networks. B7TJ Special Issue on Future Telecommunication Systems & Networks, No. 2, April 1994, Vol 12, pp. 77-92, [also found at: http://innovate.bt.com/people/ heatledj/ papers/reliability/reliability]

УДК 681.3:331.4:006.354 ОКС 31.260
33.180.01
Э65 ОКП 40 0000

Ключевые слова: видеодисплейные терминалы, эргономические требования, требования к дисплеям

Редактор *Р. Г. Говердовская*
Технический редактор *В. Н. Прусакова*
Корректор *Н. И. Гаврищук*
Компьютерная верстка *А. П. Финогеновой*

Сдано в набор 12.10.2010. Подписано в печать 09.12.2010. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал. Печать офсетная Усл. печ. л. 5,12. Уч.-изд. л. 4,70. Тираж 104 экз. Зак. 1435.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru
Набрано и отпечатано в Калужской типографии стандартов, 248021 Калуга, ул. Московская, 256.

gost.e-ecolog.ru