МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

**ГОСТ IEC 60825-12— 2013**

## Безопасность лазерной аппаратуры

## Часть 12

# БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМ ОПТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ В СВОБОДНОМ ПРОСТРАНСТВЕ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

(IEC 60825-12:2004, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2014

gost.e-ecolog.ru

## Предисловие

Цели, основные принципы и порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0—92 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2—2009 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, применения, обновления и отмены»

**Сведения о стандарте**

1 ПОДГОТОВЛЕН Автономной некоммерческой организацией Научно-техническим центром сертификации электрооборудования «ИСЭП» (АНО НТЦСЭ «ИСЭП»)

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол №43—2013 от 7 июня 2013 г.)

За принятие стандарта проголосовали:

| Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97 | Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97 | Сокращенное наименование национального органа по стандартизации |
|---|---|---|
| Армения | AM | Минэкономики Республики Армения |
| Казахстан | KZ | Госстандарт Республики Казахстан |
| Кыргызстан | KG | Кыргызстандарт |
| Российская Федерация | RU | Росстандарт |
| Таджикистан | TJ | Таджикстандарт |
| Узбекистан | UZ | Узстандарт |

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 08 ноября 2013 г. №1409-ст межгосударственный стандарт ГОСТ IEC 60825-12—2013 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 01 июля 2014 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному документу IEC 60825-12:2004 Safety of laser products. Part 12. Safety of free space optical communication systems used for transmission of information (Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 12. Безопасность систем оптической связи в свободном пространстве, используемых для передачи информации).

Стандарт подготовлен на основе применения ГОСТ Р МЭК 60825-12—2009

Степень соответствия — идентичная (IDT).

Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам приведены в дополнительном приложении ДА.

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячном 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, 2014

В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

## Содержание

1 Область применения . . . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . . . 2
3. Термины и определения . . . . . 2
4 Требования . . . . . 5
4.1 Общие замечания . . . . . 5
4.2 Уровень доступа и классификация требований к типу зон . . . . . 6
4.3 Классификация . . . . . 11
4.4 Определение уровня доступа . . . . . 13
4.5 Система защиты установки . . . . . 13
4.6 Зеркальные отражения . . . . . 13
4.7 Организационные требования . . . . . 14
Приложение А (справочное) Примеры условий эксплуатации и расчетов . . . . . 17
Приложение В (справочное) Методы анализа опасности/безопасности . . . . . 23
Приложение С (справочное) Руководство по организации установки, обслуживания и эксплуатации . . . 24
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам (международным документам) . . . . . 25
Библиография . . . . . 26

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

**Безопасность лазерной аппаратуры**

**Часть 12**

# БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМ ОПТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ В СВОБОДНОМ ПРОСТРАНСТВЕ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Safety of laser products. Part 12. Safety of free space optical communication systems used for transmission of information

**Дата введения — 2014—07—01**

## 1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования и специальные правила для производства и безопасного использования лазерных систем и аппаратуры в свободном пространстве при передаче информации оптическими передающими устройствами. Настоящий стандарт распространяется только на системы с открытым пучком. Если части оборудования или системы включают в себя оптическое волокно, которое продолжается за пределы ограждения(ий), то требования IEC 60825-1 к производству и безопасности относится только к этим частям. Требования настоящего стандарта не применяют к системам, сконструированным с целью передачи оптической мощности для таких применений, как обработка материала или медицинское лечение. Требования настоящего стандарта также не применяют при использовании систем, работающих во взрывоопасной газовой среде.

В настоящем стандарте к светоизлучающим диодам (СИД) обычно применяют термин «лазер».

Целями настоящего стандарта являются:

- привести информацию для защиты людей от потенциально опасных факторов оптического излучения, вызванных системами оптической связи в свободном пространстве (СОССП), которые устанавливают при инженерном и административном контроле и практической работе по требованиям в зависимости от степени опасности;
- установить требования для производителей, организаций, обеспечивающих установку, сервисное обслуживание и эксплуатацию в соответствии с процедурами и письменными инструкциями так, чтобы были предприняты все надлежащие меры предосторожности.

При производстве СОССП, известных также как «беспроводные оптические системы связи», необходимо предусмотреть их установку и эксплуатацию, техническое и сервисное обслуживание с тем, чтобы гарантировать безопасность этих систем. Настоящий стандарт также определяет ответственность производителя за информацию, безопасную эксплуатацию таких систем и организацию сервисного обслуживания таких систем и/или передающих устройств. Настоящий стандарт возлагает ответственность за строгое соблюдение инструкций по безопасности во время установки и сервисного обслуживания на монтажные и сервисные организации, а во время эксплуатации и технического обслуживания на эксплуатирующую организацию. Настоящий стандарт предназначен для пользователей, производителей, монтажных организаций, организаций, ответственных за сервисное обслуживание.

Требования настоящего стандарта не применяют к лазерной аппаратуре, если классификация производителя согласно IEC 60825-1 показывает, что уровень излучения не превышает предел доступной эмиссии (ПДЭ) класса 1 во всех условиях при эксплуатации, техническом и сервисном обслуживании и неисправности.

**Издание официальное**

## 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:

IEC 60825-1:1993, Safety of laser products — Part 1: Equipment classification, requirements and user's guide[1)] [Amendments 1 (1997). Amendments 2 (2001)] (Безопасность лазерной аппаратуры — Часть 1. Классификация оборудования, требования и руководство пользователя).

IEC 60825-2, Safety of laser products — Part 2: Safety of optical fibre communication systems (Безопасность лазерной аппаратуры — Часть 2. Безопасность волоконно-оптических систем связи)

## 3. Термины и определения

3.1 **уровень доступа** (access level): Потенциальный влияющий фактор и любые открытые для доступа места, связанные с установкой СОССП.

Примечание 1 — Уровень доступа основан на уровне оптического излучения, которое может беспрепятственно пройти при обоснованно прогнозируемых условиях, например, по пути открытого пучка. Уровень оптического излучения непосредственно связан с процедурой классификации лазеров в IEC 60825-1.

Примечание 2 — На практике требуется время, равное двум секундам или более, чтобы полностью точно отрегулировать оптическую аппаратуру с пучком (который может распространяться в неограниченном пространстве), и эта задержка должна быть включена в метод определения уровня доступа.

3.2 **уровень доступа 1** (access level 1): Уровень, на котором при обоснованно прогнозируемых условиях при доступе человека к лазерному излучению не произойдет превышение ПДЭ для класса 1 при соответствующих длинах волн и длительностях эмиссии.

3.3 **уровень доступа 1М** (access level 1М): Уровень, на котором при обоснованно прогнозируемых условиях при доступе человека к лазерному излучению не произойдет превышение ПДЭ для класса 1М при соответствующих длинах волн и длительностях эмиссии.

Примечание — Если соответствующий предел уровня доступа 1М более предела 3R и менее предела 3В, назначают уровень доступа 1М.

3.4 **уровень доступа 2** (access level 2): Уровень, на котором при обоснованно прогнозируемых условиях при доступе человека к лазерному излучению не произойдет превышение ПДЭ для класса 2 при соответствующих длинах волн и длительностях эмиссии.

3.5 **уровень доступа 2М** (access level 2М): Уровень, на котором при обоснованно прогнозируемых условиях при доступе человека к лазерному излучению не произойдет превышение ПДЭ для класса 2М при соответствующих длинах волн и длительностях эмиссии.

Примечание — Если соответствующий предел уровня доступа 2М больше предела 3R и меньше предела 3В, назначают уровень доступа 2М.

3.6 **уровень доступа 3R** (access level 3R): Уровень, на котором при обоснованно прогнозируемых условиях при доступе человека к лазерному излучению не произойдет превышение ПДЭ для класса 3R при соответствующих длинах волн и длительностях эмиссии.

Примечание — Если соответствующий предел уровня доступа 1М или 2М более предела 3R и менее предела 3В, назначают уровень доступа 1М или 2М соответственно.

3.7 **уровень доступа 3В** (access level 3В): Уровень, на котором при обоснованно прогнозируемых условиях при доступе человека к лазерному излучению не произойдет превышение ПДЭ для класса 3В при соответствующих длинах волн и длительностях эмиссии.

3.8 **уровень доступа 4** (access level 4): Уровень, на котором при обоснованно прогнозируемых условиях при доступе человека к лазерному излучению не произойдет превышение ПДЭ для класса 4 при соответствующих длинах волн и длительностях эмиссии.

---

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

3.9 **автоматическое понижение мощности (АПМ)** [automatic power reduction (APR)]: Свойство передающего устройства СОССП, обеспеченного системным оборудованием производителя, которое понижает достижимую мощность в номинально опасной зоне (НОЗ) или в НОЗ с оптическими системами наблюдения до определенного значения за определенное время всегда, когда в результате происшествия возможно поражение человека лазерным излучением, превышающим максимально допустимую экспозицию (МДЭ), например, при входе человека в НОЗ или НОЗ с оптическими системами наблюдения. В СОССП это оборудование может быть использовано передающим устройством производителя для определения классификации.

3.10 **маяк** (beacon): Источник оптического излучения, функцией которого является помощь в наведении или регулировании оптической системы.

3.11 **встроенная лазерная аппаратура** (embedded laser product): Лазерная аппаратура, которая относится к более низкому классу по сравнению со специальным прибором лазерного объединения, так как технические характеристики ограничивают доступное излучение.

3.12 **система полного цикла** (end-to-end system): СОССП, включающая в себя следующие элементы: передающее устройство, приемник и периферийное оборудование, необходимые для эффективной передачи данных по тракту передачи от одной точки в пространстве к другой.

3.13 **система оптической связи в свободном пространстве СОССП** [free space optical communication system (FSOCS)]: Установленная, разборная или временно смонтированная система, обычно использующая воздушное пространство и предназначенная для связи или поддерживающая ее посредством передачи голосовых, информационных или мультимедийных данных и/или контроля целей посредством использования модулированного оптического излучения, производимого лазером. Под «свободным пространством» подразумеваются оптические беспроводные внутренние или внешние системы, которые могут передавать данные направленно или не направленно. Возможно разделение излучаемого и детектируемого сигналов.

Примечание — В зависимости от условий раздела 1, по которому аппаратура класса 1 СОССП из требований настоящего стандарта исключена.

3.14 **передающее устройство СОССП; передающее устройство** (FSOCS transmitter; transmitter): Оптическое передающее устройство, испускающее излучение в свободном пространстве и используемое в СОССП.

3.15 **монтажная организация; установщик** (installation organization; installer): Организация или отдельное лицо, способные установить СОССП.

3.16 **система защиты установки (СЗУ)** [installation protection system (IPS)]: Техническая характеристика монтажной площадки, предусмотренная установщиком или исполняющей организацией, которая выполняет следующие функции:

- обнаруживает доступ человека в объем доступа или в НОЗ в ограниченной или контролируемой зоне или в НОЗ с оптическими системами наблюдения в неограниченной зоне;
- в случае обнаружения такого доступа понижает мощность лазера до определенного уровня за определенное время.

3.17 **зона** (location): Помещение или занимаемое место, или часть пространства, доступная для размещения.

Примечание — Другие стандарты могут использовать такие же названия типов расположения (см. 3.18—3.21) с несколько измененными описаниями.

3.18 **расположение недоступного пространства; недоступное пространство** (location of inaccessible space; inaccessible space): Часть пространства, в котором персонал не должен находиться. Все открытое пространство: ограниченное, неограниченное и контролируемое, например, пространство на расстоянии более 2,5 м по горизонтали от размещения СОССП с ограниченным доступом или более чем на 6 м выше поверхности в неограниченной зоне и более 3 м выше поверхности в ограниченной зоне.

Примечание — Недоступная зона может быть определена, например, с воздуха.

3.19 **помещение (зона) с контролируемым доступом; контролируемое помещение (зона)** (location with controlled access; controlled location): Помещение (зона), которое(ую) технический и административный контроль измерений позволяет сделать доступным только для персонала, обученного работе с лазерным оборудованием.

3.20 **помещение (зона) с ограниченным доступом; ограниченное помещение (зона)** (location with restricted access; restricted location): Помещение (зона), обычно не доступное(ая) для посторон-

них лиц (включая рабочих, посетителей и административный персонал) за счет мер административного или технического контроля. В данное помещение возможен доступ только обученного персонала (персонал, выполняющий техническое или сервисное обслуживание, включая мойщиков окон в ограниченных зонах), часть которого не знакома с требованиями лазерной безопасности.

3.21 **помещение (зона) с неограниченным доступом; неограниченное помещение (зона)** (location with unrestricted access; unrestricted location): Помещение (зона), в котором(ой) вход к передающему/приемному оборудованию и открытому пучку не ограничен (т. е. доступен для всех посетителей).

3.22 **производитель** (manufacturer): Организация или частное лицо, конструирующие или изготавливающие оптические устройства или различные компоненты для сборки или модификации СОССП.

3.23 **номинально опасная зона (НОЗ) и НОЗ с оптическими системами наблюдения** [nominal hazard zone (NHZ) and NHZ-Aided]:

a) НОЗ — пространство, в пределах которого уровень прямого, отраженного или рассеянного излучения превышает уровень, соответствующий МДЭ, при условиях измерений, указанных в МЭК 60825-1. Уровни экспозиции за пределами НОЗ ниже уровня МДЭ.

b) НОЗ с оптическими системами наблюдения — пространство, в пределах которого в случае использования оптических средств уровень прямого, отраженного или рассеянного излучения превышает уровень, соответствующий МДЭ. Уровень экспозиции за пределами НОЗ в случае использования оптических средств ниже уровня МДЭ.

Примечание 1 — Значения уровней излучения определяют до приведения в действие или системой защиты установки (СЗУ), или системы автоматического понижения мощности (АПМ) (если АПМ не используют для классификации по 4.3).

Примечание 2 — Примеры НОЗ и НОЗ с оптическими системами наблюдения приведены в приложении А, раздел А.2.

3.24 **организация, осуществляющая эксплуатацию; оператор** (operating organization; operator): Организация или отдельное лицо, ответственная(ое) за эксплуатацию и техническое обслуживание СОССП.

3.25 **наблюдение с помощью оптических вспомогательных средств** (optically-aided viewing): Использование оптических вспомогательных средств, например биноклей или лупы, для наблюдения пучка, исходящего от источника излучения.

Примечание 1 — Существует вероятность повышения уровня опасности для глаз от применения телескопической оптики, включая бинокли, при наблюдении в пучке коллимированного пучка на некотором расстоянии.

Примечание 2 — Существует вероятность повышения уровня опасности для глаз от применения лупы или увеличительного стекла вследствие наблюдения сильно расходящегося излучения от невидимого глазом источника.

3.26 **первичный пучок** (primary beam): Пучок, передающий модулированный информационный сигнал.

3.27 **обоснованно прогнозируемое событие** (reasonably foreseeable event): Событие (или условие), если оно заслуживает доверия и вероятность его появления (или существования) нельзя игнорировать.

3.28 **организация, осуществляющая сервисное обслуживание** (service organization): Организация или отдельное лицо, ответственная(ое) за сервисное обслуживание СОССП.

3.29 **специальный инструмент** (special tool): Инструмент, который, как правило, не продается в розничной торговле.

Примечание — Это средства, предназначенные для использования в устройствах, предохраняющих от проникновения в опасную зону.

3.30 **избыток мощности** (spillover): Энергия излучения пучка, который проходит через приемный терминал.

3.31 **наблюдение невооруженным глазом, без оптических приспособлений** (unaided viewing, without optical aids): Наблюдение пучка излучения внутри излучающего источника невооруженным глазом, без использования увеличительных стекол или других оптических приспособлений (очки и контактные линзы как оптические приспособления не рассматриваются).

## 4 Требования

### 4.1 Общие замечания

СОССП имеет ограничения уровня доступа, установленные настоящим стандартом, которые зависят от типов помещений, в которых она установлена. Классификацию лазерной аппаратуры и ограничения уровня доступа в зависимости от типа помещения см. в таблице 1.

Для потенциально занимаемых зон, в которых могут передаваться, пересекаться или приниматься пучки излучения, условия соответствующей экспозиции оценивают отдельно. Для потенциально занимаемых зон вдоль пути пучка в пределах НОЗ и НОЗ с оптическими системами наблюдения также оценивают приемлемый уровень доступа (см. таблицу 1) и осуществляют соответствующий контроль. При возможности частичных отражений от окна вдоль пути пучка также оценивают возможность превышения уровня доступа 1 или 2. При установке, техническом обслуживании и эксплуатации СОССП в конкретном помещении влияющие факторы оптического излучения определяют в соответствии с 4.2.

***Пример 1 — Если в помещении с уровнем доступа 1 или 2 используют передающее устройство класса 1М, излучающее в противоположном направлении, такие комбинированные условия приемлемы для ограниченных помещений и неприемлемы для неограниченных, за исключением случаев, когда передающее устройство установлено в соответствии с 4.2.1.1 с целью понизить уровень доступа до 1 или 2.***

***Пример 2 — Для каналов связи с потоком излучаемой энергии вне приемного устройства, но в пределах НОЗ с оптическими системами наблюдения с уровнем доступа 1М или 2М, пучок излучаемой энергии (и другие сопутствующие излучения позади тракта приемного устройства, например, с его фронтальной стороны) должен быть собран в пределах ограниченной или контролируемой зоны, а в неограниченной зоне — по 4.2.1.1 или находиться в недоступном пространстве.***

Для передающих устройств классов 3В и 4 в контролируемых помещениях весь путь пучка, который потенциально может пройти через другие зоны, включая недоступное пространство, по уровню доступа должна соответствовать по ограничениям в соответствии с таблицей 1. Соответствие обеспечивается мониторингом всего пространства НОЗ и срабатыванием устройства АПМ в случае пересечения человеком пути пучка. Пучок излучаемой энергии вне приемного устройства (и другие сопутствующие излучения позади тракта приемного устройства, например, с его фронтальной стороны) в пределах НОЗ собирается в пределах ограниченной или контролируемой зоны или в недоступном пространстве. Другие сопутствующие пучки излучаемой энергии в пределах НОЗ с оптическими системами наблюдения собираются в пределах ограниченной или контролируемой зоны или в неограниченной зоне в соответствии с 4.2.1.1, или в недоступном пространстве.

В настоящем стандарте рассматривают следующие уровни доступа (по степени повышения уровня опасности): 1; 2; 1М; 2М; 3R; 3В; 4.

Примечание — Настоящая классификация отличается от используемой в МЭК 60825-1.

Таблица 1 — Ограничения для классов аппаратуры и безопасные уровни доступа

| Тип зон | Допустимые классы аппаратуры и условия установки | Безопасные уровни доступа |
|---|---|---|
| Неограниченная | Класс 1 или 2 — без ограничений;<br>класс 1М или 2М — см. 4.2.1.1;<br>класс 3R — см. 4.2.1.2 | 1 или 2 |
| Ограниченная | Класс 1; 2; 1М или 2М — без ограничений;<br>класс 3R — см. 4.2.2.1 | 1; 2; 1М или 2М |
| Контролируемая | Класс 1, 2, 1М, 2М или 3R —<br>без ограничений;<br>класс 3В или 4 — см. 4.2.3.1 | 1; 2; 1М; 2М или 3R;<br>3В или 4 — см. 2.3.1 |
| Недоступное пространство | Не применяют | 1; 2; 1М; 2М или 3R |

Организация, осуществляющая эксплуатацию, несет ответственность за установку, техническое и сервисное обслуживание, и безопасное использование системы в целом. Основные требования:

- идентификация типов зон по всей траектории пучка излучения, включая избыток мощности за пределами приемного терминала, и частичных отражений от промежуточных окон, куда персонал может иметь доступ;

- уверенность в том, что классификация аппаратуры, требования к уровню доступа и условиям по таблице 1 соответствуют типам зон;

- уверенность в том, что монтаж, техническое и сервисное обслуживание выполняют только организации, соответствующие требованиям 4.2.

Требования для производителей, организаций, обеспечивающих установку и сервисное обслуживание передатчиков, также включены в настоящий стандарт.

### 4.2 Уровень доступа и классификация требований к типу зон

Расположение СОССП определяет безопасные уровни доступа к излучению и классификацию оборудования, которое будет использовано, и необходимые способы последующего контроля. Допустимые классы аппаратуры и уровни доступа различных типов зон представлены в таблице 1. Некоторые типы зон коммерческих и жилых объектов показаны на рисунках 1 и 2.

#### 4.2.1 Требования к неограниченным зонам

«Неограниченными» признают зоны со свободным доступом людей (например, крыши помещений, площадки для публики на грунте, открытые помещения офисов, производственные помещения и т. д.). Для окон, которые могут быть открыты, неогороженных балконов длина неограниченной зоны по горизонтали должна быть равна 1 м от границы периметра в соответствии с рисунком 3.

Излучения СОССП, пересекающие или принимаемые в неограниченных зонах, должны соответствовать уровню доступа 1 или 2.

Лазер передающего устройства с открытым пучком, используемый в СОССП и установленный без дополнительных условий в неограниченных зонах, должен быть класса 1 или 2.

4.2.1.1 Использование лазерной аппаратуры классов 1М и 2М в неограниченных зонах




Рисунок 1 — Коммерческий объект

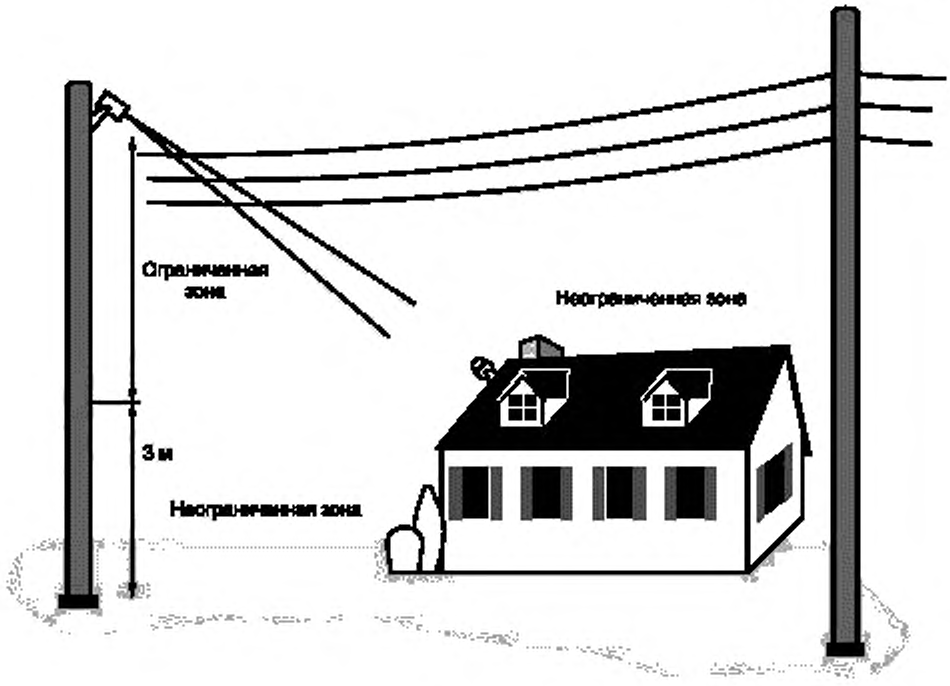



Рисунок 2 — Жилой район

Установка и эксплуатация передающих устройств классов 1М и 2М в неограниченных зонах разрешается, если выполнены следующие условия:

1) установленное передающее устройство соответствует, по крайней мере, одному из следующих условий:

а) использование оптических средств в пределах НОЗ с оптическими системами наблюдения не является обоснованно прогнозируемым событием;

- коллимированный пучок передающего устройства.

Для передающих устройств с коллимированным пучком, если передающие устройства не соответствуют условию 1 по МЭК 60825-1, таблица 10, при их установке не разрешается вход в НОЗ с оптическими системами наблюдения, биноклями или телескопами на расстояние менее 2 м от передающего устройства. Например, расположение лазерной аппаратуры класса 1М или 2М возле края неограниченной зоны (на крыше) допускается, если все ее габариты снаружи в пределах НОЗ с оптическими системами наблюдения на расстоянии более 2 м от передающего устройства находятся в ограниченной зоне [неограниченная зона распространяется на расстояние 1 м за краем крыши (см. рисунок 3)]. Это условие представлено на рисунке 4.

Примечание — При обоснованно прогнозируемом событии не пользуются биноклями или телескопами на расстоянии менее 2 м от передающего устройства. Однако передающие устройства размещают на возможно близком расстоянии к окну или краю крыши;

- расходящийся пучок передающего устройства.

Для передающих устройств с расходящимся пучком, не соответствующих условию 2 IEC 60825-1, таблица 10, при их установке не разрешается вход в НОЗ с оптическими системами наблюдения, с увеличительными стеклами или лупой на расстоянии менее 100 мм от передающего устройства. Например, расположение лазерной аппаратуры класса 1М или 2М с беспроводным передающим устройством на потолке возможно, если окно или другое препятствие не допускает появления людей на пути пучка на расстоянии менее 100 мм от передающего устройства.

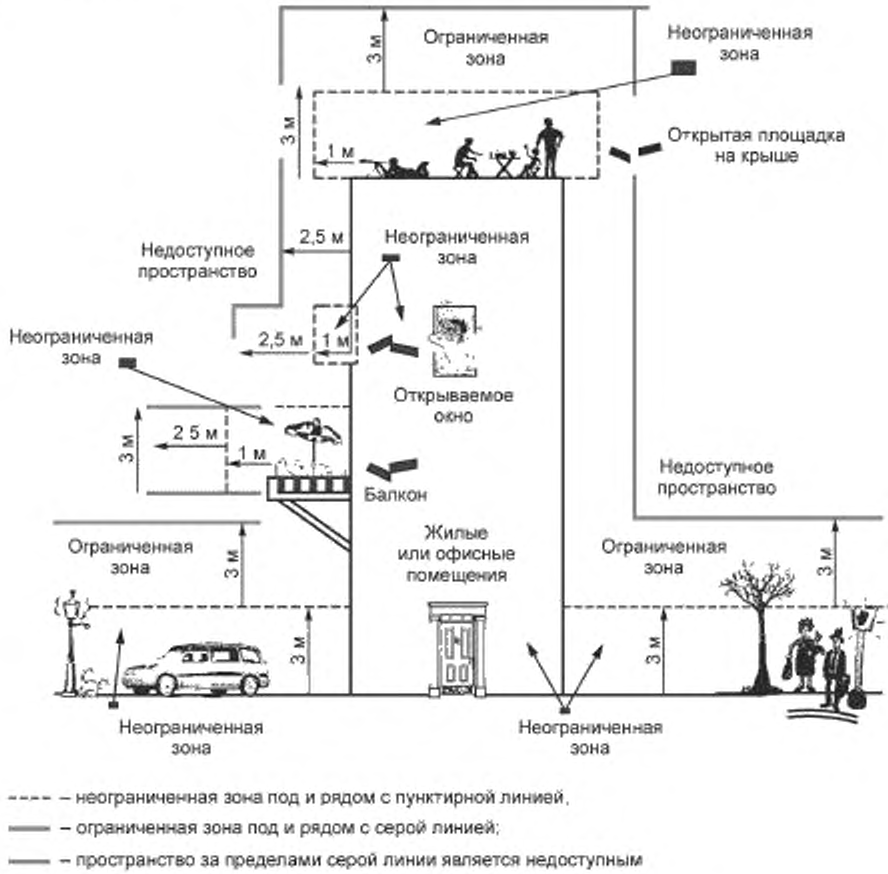



Рисунок 3 — Примеры вариантов внешнего расположения

Примечание — Определение обоснованно прогнозируемого события является ответственностью эксплуатирующей организации (уровень риска оценивают, например, по ЕН 1050);

b) во время монтажа передающее устройство снабжают соединителем дистанционной блокировки, связанным с установкой системы защиты так, чтобы энергия лазера была ограничена уровнем доступа 1 или 2 (см. рисунок 5);

2) при установке исключают возможность отражения лазерной энергии, превышающей уровень 1 или 2, обратно в неограниченную зону (например, от окна);

3) передающее устройство и/или защитный экран требуют специального инструмента для их перемещения/замены и видимой маркировки, наглядно предупреждающей об опасности и размещаемой впереди или позади передающего устройства или защитного экрана, либо передающее устройство и/или защитный экран оборудуют блокировкой.

4.2.1.2 Использование лазерной аппаратуры класса 3R в неограниченной зоне

Установка и эксплуатация лазерной аппаратуры класса 3R передающего устройства СОССП в неограниченной зоне допускается при выполнении следующих условий:

1) установленное передающее устройство соответствует, по крайней мере, одному из следующих условий:

a) облучение глаз в пределах НОЗ и использование оптических средств в пределах НОЗ с оптическими системами наблюдения не являются обоснованно прогнозируемыми событиями или

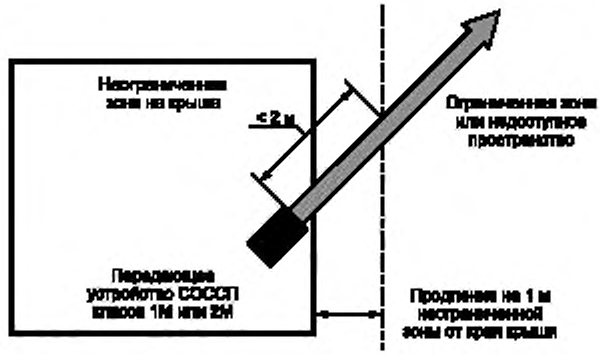
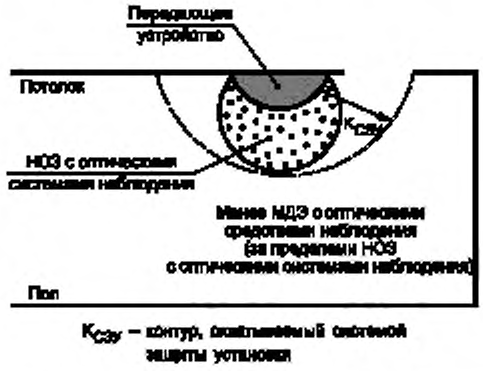



Рисунок 4 — Передающее устройство лазеров класса 1М или 2М вблизи края крыши в неограниченной зоне




* Пример $K_{C3y}$ для контроля за НОЗ с оптическими системами наблюдения передающего устройства класса 1М. Если контур наблюдения нарушен, мощность излучения уменьшается до уровня менее МДЭ с оптическими средствами наблюдения. Дополнительные специальные меры должны быть приняты для наблюдения за НОЗ в случае, если она распространяется из помещения на улицу.

Рисунок 5 — Передающее устройство лазера класса 1М в неограниченной зоне.

b) во время монтажа передающее устройство снабжают соединителем дистанционной блокировки, связанным с установкой системы защиты так, чтобы энергия лазера была ограничена уровнем доступа 1 или 2 (см. рисунок 5).

Примечание — Определение обоснованно прогнозируемого события является ответственностью эксплуатирующей организации (например, EH 1050 определяет уровень риска);

2) При установке исключают возможность отражения лазерной энергии, превышающей уровень 1 или 2, обратно в неограниченную зону (например, от окна);

3) передающее устройство и/или защитный экран требуют специального инструмента для их перемещения/замены и видимой маркировки, наглядно предупреждающей об опасности и размещаемой впереди или позади передающего устройства или защитного экрана, или передающее устройство и/или защитный экран оборудуют блокировкой.

**4.2.2 Требования к ограниченным зонам**

Ограниченными признают зоны, доступ в которые для обычных посетителей закрыт, но разрешен для персонала, который может не иметь подготовки для работы с лазером. В зонах, в которых обоснованно прогнозируется наблюдение оптическими средствами, размещают предупреждающие знаки (см. таблицу 2).

Примерами ограниченных зон могут быть оборудованные кабинеты, кладовые в офисах и промышленных зданиях и закрытые/специальные помещения. Внутри ограниченной зоны допускается

нахождение персонала, отвечающего за техническое/сервисное обслуживание или не имеющих подготовки по безопасности СОССП посетителей, находящихся под присмотром.

Ограниченные зоны также могут быть на открытом воздухе. Ограниченные зоны с внешней стороны здания увеличивают на расстояние 2,5 м от наружного края балконов или лестничных пролетов (см. рисунок 3). Примерами внешних ограниченных зон могут служить площадки с ограниченным входом на крышах коммерческих или промышленных зданий, телефонные столбы или площадки с размещенными строительными лесами. Во внешней ограниченной зоне могут находиться мойщики окон или персонал, отвечающий за техническое/сервисное обслуживание и не имеющий подготовки по безопасности СОССП.

С внешней стороны здания зоны также считают ограниченными, если они соответствуют следующим условиям:

a) помещение находится в пределах 3—6 м над поверхностью ограниченной зоны или

b) помещение находится на расстоянии 2,5 м по горизонтали от ограниченной зоны и (если применимо) на 3 м выше поверхности любой ограниченной зоны.

Уровень оптического сигнала в открытом пространстве, принимаемого в ограниченном помещении или пересекающего его, не должен превышать уровня доступа 1М или 2М (например, быть ниже ограничения МДЭ без оптических средств).

Открытый пучок лазерных передающих устройств, используемый в СОССП, установленной без применения условий для ограниченных помещений, должен быть класса 1; 2; 1М или 2М.

4.2.2.1 Эксплуатация лазеров класса 3R в ограниченном помещении

Установка и эксплуатация лазерных передающих устройств класса 3R в ограниченном помещении допускается, если соблюдаются следующие условия:

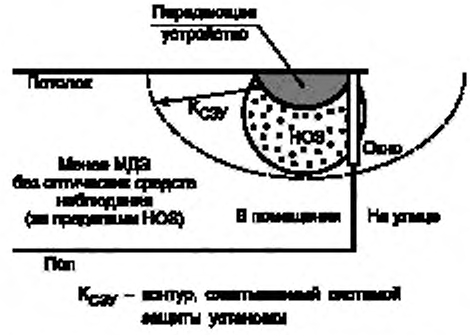
1) лазерное передающее устройство при установке должно соответствовать любому из следующих условий:

a) экспозиция глаз в НОЗ и эксплуатация оптических средств в НОЗ с оптическими системами наблюдения не являются обоснованно прогнозируемыми событиями или

b) во время установки передающее устройство оборудуют соединителем дистанционной блокировки, связанным с СЗУ так, чтобы энергия лазера была ограничена уровнем доступа класса 1; 2; 1М или 2М (см. рисунок 6);

2) При монтаже СОССП должна быть исключена возможность отражения энергии лазерного излучения внутрь в ограниченную зону (например, от окон), превышающей уровень доступа класса 1; 2; 1М или 2М;

3) передающее устройство и/или защитный экран требуют специального инструмента для их перемещения/замены и установки видимой маркировки, наглядно предупреждающей об опасности и размещаемой впереди или позади передающего устройства или защитного экрана, либо передающее устройство и/или защитный экран оборудуют блокировкой;




* Пример $K_{СЗУ}$ для контроля за НОЗ передающего устройства класса 3R. Мощность излучения уменьшается до уровня менее МДЭ без оптических средств наблюдения, если контур наблюдения нарушен. Дополнительные специальные меры должны быть приняты для наблюдения за НОЗ в случае, если она распространяется из помещения на улицу.

Рисунок 6 — Передающее устройство класса 3R в ограниченной зоне

4) любой пучок излучаемой энергии, испускаемый от приемного устройства в пределах НОЗ с оптическими системами наблюдения, должен находиться в пределах ограниченного помещения, а в неограниченной зоне он должен соответствовать требованиям 4.2.2.1.

**4.2.3 Требования для контролируемых помещений**

Контролируемые помещения — площади, не доступные для входа, за исключением обученного персонала (например, терминалы, установленные на вышках, огороженные/защищенные площадки или крыши, закрытые помещения со строго контролируемым доступом и т. д.).

Установка и эксплуатация передающих устройств классов 1; 2; 1М; 2М и 3R допускается в контролируемых помещениях без дополнительных условий.

Излучение от СОССП, пересекающее или принимаемое в контролируемом помещении, не должно превышать уровня доступа 1М, 2М или 3R, за исключением указанных в 4.2.3.1.

4.2.3.1 Использование лазерной аппаратуры классов 3В и 4 в контролируемых помещениях

СОССП предпочтительно устанавливать и эксплуатировать способом, исключающим уровень доступа 3В или 4. Однако в контролируемом помещении предусматривают зону с уровнем доступа 1М; 2М или 3R в соответствии с практикой применения конкретного промышленного стандарта по безопасности (например, МЭК 60825-1) с тем, чтобы исключить облучение человека до уровня 3В или 4. Уровень доступа 3В или 4 вне контролируемой зоны не применяют.

Лазерные передающие устройства с открытым пучком классов 3В и 4 разрешается устанавливать и использовать в контролируемых зонах при соблюдении следующих условий:

a) устанавливают защитную систему, которая обнаруживает вход человека в объем пространства, включающего НОЗ, и снижает мощность лазера до определенного уровня в течение конкретного времени (см. 4.5).

Примечание — Особенно тщательно нужно определить НОЗ с учетом всех составляющих погрешности или нарушения управления пучком;

b) если приемное устройство размещено в пределах НОЗ, то пучок излучаемой энергии за приемным терминалом в пределах НОЗ включается в контролируемую зону;

c) любой дополнительный пучок излучаемой энергии, за приемным устройством в пределах НОЗ с оптическими системами наблюдения, не должен попадать в неконтролируемую зону, за исключением условий по 4.2.1.1;

d) сотрудник эксплуатирующей организации, ответственный за лазерную безопасность, отвечает за установленный порядок и контрольные измерения опасных факторов в пределах контролируемой зоны.

**4.2.4 Требования к недоступному пространству**

Недоступное пространство включает в себя контролируемые и неконтролируемые зоны и контролируемые помещения. Пространство должно быть определено по горизонтали:

a) на расстояние 2,5 м от всех внешних поверхностей всего здания или 3,5 м — от зон, которые могут быть заняты (например, балконы, лестничные пролеты или открываемые окна) всеми зданиями, или

b) по направлению от пределов ограниченных зон вертикально на 6 м над поверхностью в неограниченной зоне или 3 м над поверхностью в ограниченной зоне (см. рисунок 3).

При прохождении в свободное пространство оптического излучения из недоступной зоны не должен превышать уровней доступа 1М; 2М или 3R.

Если НОЗ от передающего устройства СОССП служит помехой навигации воздушного пространства, то разработчики должны уведомить соответствующие полномочные органы. Если видимые лазерные пучки используют вблизи аэропорта, то необходимо разработать дополнительные регулирующие требования.

**4.3 Классификация**

Классификацию оптических передающих устройств устанавливает производитель на основе измерений или анализа оптического излучения в соответствии с IEC 60825-1. Первичный пучок, а также любые сопутствующие пучки и пучки маяка, проходящие по одной оси, учитывают при классификации лазерной аппаратуры, определяют их использование в соответствующих помещениях (см. таблицу 1). Контрольные испытания проводят в соответствующих условиях, например, при разных возможностях доступа, с использованием ограничивающих апертур и длительностей времени проведения испытаний в соответствии с МЭК 60825-1.

Конструкция оборудования СОССП для работы с системой АПМ должна быть такой, чтобы излучаемая мощность понижалась при пересечении человеком НОЗ или НОЗ с оптическими системами наблюдения (см. 4.3.1). При применении СОССП допускается определять классификацию передающих устройств СОССП и уровень доступа с условием задержки излучения за время до 2 с после начала экспозиции человека. МДЭ, измеряемая без применения оптических средств в течение двухсекундного интервала, не должна быть превышена для оборудования класса 1; 2; 1М или 2М (см. IEC 60825-1, таблица 7). Применение системы АПМ допускается только для передающих устройств класса 1; 2; 1М или 2М с подключенной системой АПМ.

Примечание — Обоснование интервала экспозиции человека длительностью до 2 с: для людей, пользующихся очками или другими оптическими средствами, сложно точно определить оптический пучок в открытом пространстве, поэтому не обоснованно прогнозировать, что человек сможет пересечь пучок полной мощности в течение 2 с и менее.

**4.3.1 Механизмы автоматического понижения мощности (АПМ)**

Система АПМ является узлом конструкции, которым производитель может снабдить передающее устройство СОССП и с помощью которого достижимая мощность облучения снижается до определенного уровня в течение определенного времени при каждом случае, следствием которого может быть экспозиция человека излучением свыше ПДЭ. Например, о случае, когда человек пересекает пучок, проходящий через 50; 25; 7 или 3,5 мм или другую апертуру, см. МЭК 60825-1, таблица 10.

Эксплуатация системы АПМ влияет на классификацию передающих устройств СОССП и уровень доступа (см. 4.4). Система АПМ обращается к механизму мониторинга за НОЗ и НОЗ с оптическими системами наблюдения и понижает мощность СОССП. Действие системы АПМ не распространяется на систему защиты установки, используемую для ограничения доступа в неограниченное, ограниченное и контролируемое помещения.

Передающие устройства СОССП класса 4 не должны устанавливаться без системы АПМ, если в случае неисправности системы АПМ в неограниченной зоне возможен уровень доступа 4.

4.3.1.1 Требования к работе устройств АПМ

Устройства АПМ должны соответствовать следующим требованиям:

a) наблюдение за всей НОЗ или НОЗ с оптическими системами наблюдения на пониженном уровне доступа;

b) обнаружение пересечения человеком НОЗ или НОЗ с оптическими системами наблюдения, снижение мощности до определенного уровня за определенное время, сохранение мощности не выше определенного уровня на время потенциальной опасности;

c) обеспечение того, что в течение двухсекундного периода, необходимого для снижения мощности, в точке пересечения ПДЭ без оптических средств (см. IEC 60825-1) не превысит требований аппаратуры класса 1; 2; 1М или 2М;

d) адекватный уровень надежности для всех узлов устройства АПМ (включение, электроника, программная часть, сенсорные устройства и т. д.) и устойчивость в случаях одиночных ошибок; выполнение функции безопасности АПМ в случае превышения мощности свыше уровня 1 или 2 в пределах НОЗ с оптическими системами наблюдения для лазерной аппаратуры класса 1 или 2 или уровня доступа 1М или 2М в пределах НОЗ для лазерной аппаратуры класса 1М или 2М.

Примечание — Примеры метода надежного определения опасности/безопасности приведены в приложении В.

e) обеспечение нормальной работы при установке и обслуживании СОССП во включенном состоянии с предупреждением видимым или звуковым сигналом и ясным указанием на то, что устройство АПМ не работает (при этом блокировка обеспечивает уменьшение излучения до уровня требования по IEC 60825-1);

f) в передающих устройствах класса 3В или 4 без системы АПМ одиночная ошибка должна быть основанием для замены:

1) понижение уровня излучения передающего устройства в течение двухсекундного периода в случае появления ошибки до уровня класса 1 или 2, если она установлена в неограниченной зоне, до уровня класса 1; 2; 1М или 2М, если она установлена в ограниченной или контролируемой зоне (при работе в НОЗ без применения оптических средств уровень излучения не должен превышать ПДЭ),

2) предупреждение организации, обеспечивающей эксплуатацию об условиях единичной неисправности посредством извещения о схеме наблюдения системы;

g) использование производителем всех возможных методов испытания работы системы обнаружения, которая приводит в действие АПМ. Испытание рассчитано на возраст человека, начиная с несовершенно-

летнего до взрослого (если возраст обоснованно не ограничен типом помещения). Обычно испытания рассчитывают для скорости входа в пучок, которая обоснованно прогнозируется с расширением зоны установки.

Примечание — Если снижение мощности происходит менее чем за 2 с, можно использовать ПДЭ.

Испытания и оценки проводят при обоснованно прогнозируемых условиях неисправностей. В комплексных системах, оптический выход которых определен интегрально от разных компонентов, работы и конструкции схемы и программного обеспечения, допускается для определения опасности/безопасности использовать другие методы оценки (см. приложение В).

Для системы АПМ условия безопасности и полную допустимую эксплуатируемую мощность передающего устройства определяют один раз.

Примечание — Для СОССП с системой АПМ классификацию и уровень доступа оценивают с момента начала работы или определения условий ее возобновления для всех применимых временных баз. После установления условий безопасности соответствующие ограничения излучение/экспозиция для типов помещений не могут быть превышены.

### 4.4 Определение уровня доступа

Определение уровня доступа является обязательным требованием к эксплуатирующей организации. Однако уровень доступа допускается определять организации, осуществляющей установку, сервисное или техническое обслуживание. Методы определения уровня доступа те же, что в IEC 60825-1, за исключением:

a) уровень доступа в пределах назначенной зоны определяют в любом положении относительно передающего устройства СОССП, когда уровень доступа является максимальным; но результат может зависеть от промежуточных элементов системы, таких, например, как окна;

b) уровень доступа допускается определять при активации СЗУ или системы АПМ;

c) если СЗУ или система АПМ в течение 2 с устанавливает пересечение зоны человеком, доступная эмиссия не должна превышать МДЭ. Метод, используемый для классификации допустимых пределов излучения для лазерной аппаратуры, также используют для определения уровня доступа. Для условий наблюдения без оптических средств см. IEC 60825-1, таблица 6.

Примечание — Обоснование двухсекундного интервала для людей, пользующихся очками или другими оптическими средствами: людям сложно ориентироваться в открытом пространстве с оптическим пучком, поэтому не следует ожидать облучения человека пучком полной мощности за 2 с и менее. В течение двухсекундного периода экспозиции облучение любой части тела свыше МДЭ не допускается без применения оптических средств для уровней доступа 1, 2, 1М, 2М или 3R.

Испытания на определение уровней доступа проводят для обоснованно прогнозируемых условий единичной неисправности, при которых СЗУ или АПМ (если используется) функционирует нормально. В обстоятельствах, при которых сложно провести прямые измерения, допускается определение уровня доступа посредством вычислений. Ошибка, вследствие которой эмиссия излучения будет выше ПДЭ в течение ограниченного периода, не относится к обоснованно прогнозируемой, и доступ человека к излучению не разрешается, прежде чем лазер не пройдет сервисное обслуживание или уровень эмиссии не будет настроен ниже уровня ПДЭ.

### 4.5 Система защиты установки

Система защиты установки обычно является функциональной частью системы АПМ, но не встраивается производителем в передающее устройство СОССП. Вместо этого при монтаже допускается встраивать систему АПМ в передающее устройство СОССП так, чтобы допустимая мощность при определенном расположении понижалась до определенного уровня за определенное время в случае экспозиции человека свыше МДЭ. Требования 4.3.1.1 для систем АПМ применяют к СЗУ, однако классификация передающих устройств не определяется технической эксплуатацией СЗУ.

Система защиты установки и передающее устройство СОССП обычно связываются через блокирующее устройство, поставляемое производителем, или эквивалентное ему средство.

Передающие устройства СОССП, не снабженные блокирующими устройствами или его эквивалентами, совместно с системой защиты не устанавливают.

### 4.6 Зеркальные отражения

При установке и эксплуатации СОССП ее обязательно испытывают с целью устранить нежелательные отражения (полностью или частично) от излучаемого пучка, регулируют маяк (при его нали-

чии), а также испытывают пучки передающего устройства (испытывают все классы лазеров). Вероятность случайного направления пучка лазера и нежелательных отражений учитывают при оценке уровня доступа и НОЗ устанавливающей/эксплуатирующей организацией.

### 4.7 Организационные требования

#### 4.7.1 Требования к изготовителям готовых к использованию передающих устройств СОССП и/или систем, сдаваемых «под ключ»

Производители передающих устройств СОССП и/или систем, сдаваемых «под ключ», должны:

- гарантировать соответствие поставляемого оборудования требованиям IEC 60825-1, включая:

a) классификацию лазера,

b) технические узлы (индикатор излучения, соединитель дистанционной блокировки и т. д.),

c) маркировку, подтверждающую классификацию, а также инструкции и другие необходимые документы;

- гарантировать соответствие поставляемого оборудования требованиям МЭК 60825-2, если в СОССП встроена оптическая волоконная линия, которая проведена за огражденное от передающего или принимающего устройства место;

- обеспечить дополнительно:

a) техническим описанием конструктивных узлов, встроенных в лазер, которые предупреждают об экспозиции излучения в части превышения уровня доступа 1; 2; 1M; 2M или 3R;

b) инструкциями по сборке, регулированию, техническому обслуживанию и безопасной эксплуатации, включая ясные предупреждения о мерах предосторожности с тем, чтобы исключить экспозицию излучением выше уровня доступа 1; 2; 1M; 2M или 3R;

c) инструкциями для организаций, обеспечивающих установку и сервисное обслуживание с целью исключить превышение излучения выше указанного в 4.2 при установке и сервисном обслуживании лазера и при любом способе работ с учетом горизонтального и вертикального его размещений, условия и требования к неограниченным, ограниченным и контролируемым помещениям и недоступному пространству и (если необходимо) процедуры и меры предосторожности, приемлемые для любых регулировок, требующих повышения/понижения расходимости пучка в случае необходимости уменьшения возможной экспозиции;

d) сведениями о времени отклика и рабочих параметрах системы АПМ или системы защиты установки, как определено производителем, например, о времени достижения заданного уровня доступа;

e) если при установке или сервисном обслуживании требуется блокировка системы АПМ или системы наблюдения, то должна быть включена информация о безопасном проведении работ и/или должна быть обеспечена защита на период блокировки систем снижения мощности или мониторинга, а также безопасными процедурами переустановки и испытания таких систем;

f) достаточной информацией от производителя оборудования СОССП по организации установки или эксплуатации для определения максимального входного уровня с любой позиции относительно передающего устройства;

g) инструкцией для присоединения СЗУ к соединителю дистанционной блокировки или аналогичного интерфейса передающего устройства;

h) информацией об условиях классификации (см. IEC 60825-1, таблица 10, условие 1 или 2);

i) наличием НОЗ, если класс лазера превышает 1M или 2M;

j) наличием НОЗ с оптическими системами наблюдения для всех лазеров, отличных от класса 1 (см. примеры приложения А.2);

k) любой другой существенной информацией по безопасности и эксплуатации лазерной СОССП.

4.7.1.1 Дополнительные инструкции производителей

В инструкции по установке производитель определяет тип зоны размещения в соответствии с требованиями настоящего стандарта и назначает установку СОССП в ограниченной, неограниченной или контролируемой зоне.

Примечание — Лазер, оборудованный системой АПМ, может иметь ограничения по месту установки по 4.3.1.1, перечисление f).

Руководство по установке должно включать в себя следующие формулировки:

«ВНИМАНИЕ: Использование контроля или регулировки, или рабочей процедуры иначе, чем это определено, может привести к опасности экспозиции излучения».

«Если НОЗ включает в себя навигационное воздушное пространство, обязательно провести соответствующие согласования».

4.7.1.1.1 Передающие устройства

Для классификации передающего устройства СОССП в руководство по установке необходимо включать следующие формулировки:

- для передающего устройства СОССП класса 1: «Это передающее устройство СОССП класса 1 может быть установлено в ограниченном, неограниченном или контролируемом помещении, как указано в настоящем стандарте».

Примечание — Данные формулировки не требуются для передающих устройств, соответствующих условиям, оговоренным в разделе 1 «Область применения».

Для передающего устройства СОССП класса 1М: «ВНИМАНИЕ — это передающее устройство СОССП класса 1М может быть установлено в ограниченном, неограниченном или контролируемом помещении, как указано в настоящем стандарте. См. ограничивающие условия по установке для использования при неограниченном типе размещения».

Для передающего устройства СОССП класса 2: «ВНИМАНИЕ — это передающее устройство СОССП класса 2 может быть установлено в ограниченном, неограниченном или контролируемом помещении, как указано в настоящем стандарте».

Для передающего устройства СОССП класса 2М: «ВНИМАНИЕ — это передающее устройство СОССП класса 2М может быть установлено в ограниченном, неограниченном или контролируемом помещении, как указано в настоящем стандарте. См. ограничивающие условия по установке для использования при неограниченном типе размещения».

Для передающего устройства СОССП класса 3R: «ВНИМАНИЕ — это передающее устройство СОССП класса 3R может быть установлено в ограниченном, неограниченном или контролируемом помещении, как указано в настоящем стандарте. См. ограничивающие условия по установке для использования при неограниченном типе размещения».

Для передающего устройства СОССП класса 3В: «ВНИМАНИЕ — это передающее устройство СОССП класса 3В может быть установлено в контролируемых помещениях, как указано в настоящем стандарте».

Для передающего устройства СОССП класса 4: «ВНИМАНИЕ — это передающее устройство СОССП класса 4 может быть установлено в контролируемых помещениях, как указано в настоящем стандарте».

4.7.1.1.2 Приемники

На системы, в оснащении передающих устройств которых не предусмотрены приемники или их расположение, должна быть приведена необходимая информация о правильной эксплуатации приемника и необходимости разрешения на превышение МДЭ оптического излучения при применении оптических средств.

**4.7.2 Требования к организациям, осуществляющим установку и сервисное обслуживание**

Установку и сервисное обслуживание СОССП проводят по инструкциям производителя по установке и сервисному обслуживанию таким образом, чтобы гарантировать соответствие входящего излучения требованиям 4.2.

Для систем, отличных от класса 1 или 2, установка и сервисное обслуживание предполагают:

a) обеспечение соответствующего обучения лазерной безопасности персонала, осуществляющего установку и сервисное обслуживание;

b) обеспечение своевременного контроля уровня излучения и наличия предупреждающих знаков (см. таблицу 2). В каждом необходимом месте знак должен содержать слова «Уровень доступа». Знаки устанавливают рядом с оборудованием (соответственно опасности перед входом в зону НОЗ) и возле входных дверей, как указано в таблице 2;

c) обеспечение при использовании видеоконтрольных устройств в СЗУ их соответствующей защиты;

d) для СОССП классов 3В и 4 проведением анализа или испытания убеждаются в том, что ограничение уровня доступа по 4.2 для входящего излучения в ограниченном помещении или входящее или испускаемое излучение в неограниченном или контролируемом помещении соответствуют обоснованно прогнозируемым событиям, включая регулировку пучка и ограничения при установке.

Таблица 2 — Требования к предупреждающим знакам

| Уровень доступа | Тип помещения | | |
|---|---|---|---|
| | Неограниченное | Ограниченное | Контролируемое |
| 1 | Нет | Нет | Нет |
| 2 | Нет | Нет | Нет |
| 1M[a)] | Не применимо[b)] | Нет[c)] | Нет[c)] |
| 2M[a)] | Не применимо[b)] | Прилегающее | Прилегающее |
| 3R | Не применимо[b)] | Не применимо[b)] | Прилегающее и вход |
| 3B | Не применимо[b)] | Не применимо[b)] | Прилегающее и вход |
| 4 | Не применимо[b)] | Не применимо[b)] | Прилегающее и вход |

[a)] Для уровня доступа 1M или 2M предупреждающие знаки (если необходимо) должны включать в себя предписание: «Не использовать оптические средства (очки или зрительные трубы)». В случае лазера класса 1M или 2M при излучении ниже условия 2 по МЭК 60825-1, таблица 10 (сильно расходящийся пучок), заменяют очки или зрительные трубы на линзы.

[b)] Не применимо, пока уровень доступа не соответствует типу размещения (см. таблицу 1).

[c)] Если знак не представлен для уровня доступа 1M в ограниченном или контролируемом помещении, то ответственностью эксплуатирующей организации является обеспечение альтернативного административного контроля, эффективно предотвращающего возможность наблюдения опасными оптическими средствами

**4.7.3 Требования к эксплуатирующей организации**

Эксплуатирующая организация несет полную ответственность за безопасность в целом, что включает в себя в основном:

a) идентификацию типа размещения всех частей в целом и прохождение пучка в пределах НОЗ с оптическими системами наблюдения, к которым люди могут иметь доступ;

b) гарантию того, что требования по классификации и уровню доступа не превышены для конкретного типа размещения;

c) гарантию того, что установка и сервисное обслуживание выполняются только организациями, соответствующими требованиям 4.2 и 4.7.2;

d) гарантию того, что доступ в ограниченное и контролируемое помещение соответствует требованиям лазерной безопасности;

e) гарантию соответствия требованиям по эксплуатации, установке, сервисному обслуживанию и безопасности;

f) гарантию того, что для контроля помещений, в которых имеется оборудование класса 3B или 4, назначен ответственный за лазерную безопасность;

g) гарантию того, что после получения предупреждения об ошибке в системе АПМ передающего устройства СОССП класса 3B или класса 4 без системы АПМ ошибка будет устранена за период времени, достаточный для предупреждения о следующей ошибке.

**Приложение А**
**(справочное)**

## Примеры условий эксплуатации и расчетов

### А.1 Обзор зеркального отражения

Зеркальное отражение (включая френелевское в волокне) возможно от лазеров классов 1М и выше, когда пучок распространяется через окна здания. Если пучок направлен на приемник в другом здании, зеркальное отражение может появиться от любой поверхности раздела воздух — стекло. Типичный коэффициент отражения от поверхности равен 0,04 (но зависит от коэффициента рефракции). Для пучка, отраженного от одностворчатого окна при нормальном (перпендикулярном) угле падения, может быть отражено 4 % + 4 %, т. е. 8 % излучаемого пучка. Если энергетическая освещенность испускаемого пучка превышает 1/0,08, т. е. в 12 раз больше МДЭ, то значение отраженного пучка может превышать МДЭ. По закону Френеля коэффициент отражения повышается в зависимости от угла падения. Таким образом, необходимы другие оценки безопасности. Важно определить направление отраженного пучка обратно внутрь помещения, занятого передающим устройством. Отражения пучка от передающего устройства или приемника со значительным превышением МДЭ для энергетической освещенности пучка происходят редко, соответственно обратное отражение также происходит редко, но его необходимо учитывать при установке лазера.

Например, коллимированный пучок от лазера класса 3В в свободном пространстве мощностью Ф свыше 4 Вт с пучком диаметром $a$, равным 0,2 м, и длиной волны 1,15 мкм направлен из окна офисного здания под углом 20° от нормали. Оценивают обратное зеркальное отражение внутрь помещения с передающим устройством:

$$E = 1{,}27\frac{\Phi}{a^2}; \qquad (A.1)$$

$$E = \frac{1{,}27 \cdot 4}{0{,}2^2} = \frac{5{,}08}{0{,}04} = 127 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}.$$

МДЭ на этой длине волны для длительности обзора более 10 с равна 50 Вт·м$^{-2}$. Поскольку коэффициент отражения от окна значительно меньше $\frac{50}{127} = 0{,}39$, то энергетическая освещенность отраженного пучка будет ниже МДЭ; однако отраженный пучок может быть эквивалентен классу 1М, и если зрительная труба (без фильтра безопасности) направлена из окна вдоль пути отраженного пучка, то существует риск облучения персонала от применяемых для обзора оптических средств. Измеренный коэффициент отражения для данного типа стекла от данного угла равен 0,10 (10 %). Таким образом, значение энергетической освещенности пучка будет равно 13 Вт·м$^{-2}$, что представляет опасность при наблюдении при помощи зрительной трубы, усиливающей мощность отражения более 50/13. Естественно, углы неосевых пучков должны меняться. Передающее устройство размещают максимально закрыто от оконного стекла или прохода между апертурой передающего устройства и стекла окна. При отражениях за пределами здания может образоваться пучок класса 1М, который необходимо оценить.

### А.2 Примеры для НОЗ и НОЗ с оптическими системами наблюдения

Общее представление о НОЗ и НОЗ с оптическими системами наблюдения составить сложно, поэтому его лучше проиллюстрировать примерами. Корректная интерпретация требований настоящего стандарта также зависит от ясного понимания пользователем уровней доступа в соответствии с требованиями настоящего стандарта. Например, лазер класса 1М, который потенциально опасен при работе с оптическими средствами наблюдения, может быть установлен способом, при котором применение оптических средств относится к обоснованно прогнозируемому событию по 4.2.1.1. В этом случае даже при наличии НОЗ оборудование вводится в эксплуатацию с уровнем доступа 1.

Допущения в приведенных ниже примерах сделаны для упрощения анализа. Примеры с другой длиной волны и типичными профилями энергетической освещенности, такими как Гауссиан, приведены в IEC 60825-1, приложение А, раздел А.1:

a) *Пример А.2-1* — Рассматривают коллимированный пучок лазера класса 1М (не соответствует условию 1 IEC 60825-1, таблица 10). В данном примере нет НОЗ, а НОЗ с оптическими системами наблюдения ограничена изолированной площадью, которая начинается на расстоянии 2 м от точки ограничения доступа человека. На этой площади обоснованно прогнозируемо используют телескопические оптические средства (например, бинокли), которые обычно имеют ограниченный диапазон настройки фокуса. Расширение НОЗ с оптическими системами наблюдения на расстоянии более чем 2 м, определяют по следующим дополнительным параметрам лазера: длина волны, угловой размер, временна́я зависимость излучаемой мощности, пиковая мощность, расходимость пучка, минимальный диаметр пучка и распределение энергетической освещенности.

b) *Пример А.2-2* — Рассматривают расходящийся пучок лазерного передающего устройства класса 1М (не соответствует условию 2 IEC 60825-1, таблица 10). В данном примере также нет НОЗ, а НОЗ с оптическими системами наблюдения ограничена расстоянием 14—100 мм от размещения видимого источника. 14 и 100 мм —

минимальное и максимальное расстояния, применяемые к условию 2. Как и в предыдущем примере, логическое обоснование данного диапазона расстояний относится к обоснованно прогнозируемому случаю использования ограниченного спектра оптических средств, например лупы. Как и в предыдущем примере, расширение НОЗ с оптическими системами наблюдения в пределах 14—100 мм от места размещения видимого источника зависит от характеристик передающего устройства.

c) *Пример А.2-3* — лазер класса 3В по условию 2 с наибольшими ограничениями.

Особо рассматриваются:

- пучок с однородной энергетической освещенностью диаметром излучающей апертуры $d_0 = 1$ мм;
- полное расхождение $\varphi = 0{,}1$ рад;
- длина волны 1500 нм;
- средняя мощность пучка незатухающей волны $P = 360$ мВт.

Для упрощения допускают, что для любого фиксированного расстояния от апертуры передающего устройства энергетическая освещенность пучка является постоянной в пределах конуса расходимости пучка и равно нулю за этим конусом.

Диаметр пучка на некотором расстоянии $r$:

$$d(r) = r_0 + 2r \cdot \mathrm{tg}(\varphi/2) \approx d_0 + r \cdot \varphi.$$

В соответствии с IEC 60825-1 максимум протяженности НОЗ определяется как номинальное опасное для глаз расстояние (НОГР), равное расстоянию, с которого значения энергетической освещенности усредняются в пределах измеряемой апертуры и становятся ниже значения МДЭ для оптически невооруженного глаза (см. IEC 60825-1, таблица 10), т. е. эквивалентно мощности, собранной измерительной апертурой при измерении ПДЭ классов 1 и 1М (см. IEC 60825-1, таблица 1). В этом примере считаем энергетическую освещенность однородной, тогда собранная мощность определяется отношением площади измерительной апертуры к площади пучка

$$\text{ПДЭ} = 10 \text{ мВт} = P\left[d_{\text{UM}}/d(\text{НОГР})\right]^2,$$

где $d_{\text{UM}} = 3{,}5$ мм — диаметр апертуры, используемый при измерении невооруженным глазом. Используя приведенное выше уравнение, получаем:

$$\text{НОГР} = \frac{d_{\text{UM}}\sqrt{\dfrac{P}{\text{ПДЭ}}} - d_0}{\varphi};$$

$$\text{НОГР} = \left[3{,}5 \times (360/10)^{1/2} - 1\right]/0{,}1 = 200 \text{ мм}.$$

Поэтому НОЗ начинается на расстоянии 100 мм от расположения видимого источника и распространяется до расстояния 200 мм.

Имеются две части НОЗ с оптическими системами наблюдения, определяемые по IEC 60825-1, таблица 10 (условия 1 и 2 соответственно). Часть НОЗ с оптическими системами наблюдения, определяемая на условии 2, меньше, чем НОЗ, и распространяется только на расстояние от 14 мм до 100 мм (измеренная от расположения видимого источника).

Часть НОЗ с оптическими системами наблюдения, определяемая на условии 1, есть расстояние, на котором излучение усредняется в измерительной апертуре, приемлемо для наблюдения с оптическими средствами (см. IEC 60825-1, таблица 10) и становится ниже ПДЭ для классов 1 и 1М (см. IEC 60825-1, таблица 1). Это расстояние в соответствии МЭК 60825-1 рассматривают как «расширенное НОГР». Анализ НОЗ с помощью оптических систем наблюдения — такой же, как и для НОЗ, за исключением того, что диаметр измерительной апертуры $d_{\text{AM}} = 25$ мм. После подстановки в приведенное выше уравнение получаем:

$$\text{НОГР}_{\text{расширенное}} = \left[25 \times (360/10)^{1/2} - 1\right]/0{,}1 = 1490 \text{ мм}. \qquad \text{А.5)}$$

При расстоянии менее 2 м условие 1 не относится к НОЗ с оптическими системами наблюдения.

### А.3 Пример расхождения пучка передающего устройства диффузного инфракрасного излучения

В настоящем примере рассматривают передающее устройство инфракрасного лазера на излучающем диоде, используемое для телерадиовещания от точечных до многоточечных связей в помещениях для конференций. Используют следующие условия для передающего устройства:

- пиковая длина волны 940 нм;
- спектральная ширина полосы пропускания 4 нм (вся ширина с максимумом по середине);
- расхождение 120° (во всю ширину диапазона с максимумом посередине, ламбертовское косинусное распределение);
- сила излучения 400 мВт·ср$^{-1}$ (максимальная осевая эмиссия).

В первом случае размер источника неизвестен, и поэтому необходимо оговорить наибольшее ограничение по угловому размеру источника. В соответствии с IEC 60825-1, таблица 1, МДЭ (максимально возможная экспозиция) равна 1,18 мВт.

Для соответствия классу 1 превышение МДЭ при измерении на выходе устройства с диаметром апертуры 7 мм на расстоянии 14 мм не допускается. Обычно для лазеров класса 1 МДЭ при измерении на выходе устройства с диаметром апертуры 7 мм на расстоянии 100 мм не должна быть превышена.

Предварительно тщательно проводят измерения (которые являются дорогостоящими), желательные для проверки теоретических положений по IEC 60825-1 с преобразованием МДЭ и условий измерения до приемлемого ограничения по силе излучения, и сравнивают их с данными, типичными для комплектующих, заданных в спецификации. Для этих целей допускается применять «закон обратных квадратов»

$$E = I/r^2,$$

где $E$ — энергетическая освещенность (или энергетическая экспозиция) от источника на расстоянии $r$;

$I$ — сила излучения.

Энергетическая освещенность соотносится с ПДЭ и измерительной апертурой диаметром 7 мм (площадью $A = 3{,}85 \cdot 10^{-5}$ м$^2$) от указанного выше и составляет

$$E_{\text{ПДЭ}} = \frac{1{,}18 \cdot 10^{-3}\ \text{Вт}}{3{,}85 \cdot 10^{-5}\ \text{м}^2} = 30{,}6\ \text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}.$$

Уравнения МДЭ — по IEC 60825-1, таблица 6. Для определения соответствующего максимума допустимой силы излучения из энергетической освещенности, вышеприведенная формула для закона обратных квадратов может быть приведена к виду:

$$I_{\text{ПДЭ}} = E_{\text{ПДЭ}} \cdot r^2.$$

После подстановки значений измеренных расстояний:

класс 1 ..... $I_{\text{ПДЭ}} = 6{,}00$ мВт·ср$^{-1}$;

класс 1М ..... $I_{\text{ПДЭ}} = 306$ мВт·ср$^{-1}$;

класс 3R ..... $I_{\text{ПДЭ}} = 30{,}0$ мВт·ср$^{-1}$.

Применение точечных источников излучения в виде инфракрасных излучающих диодов в достаточной степени обосновано. Однако в настоящем примере падающее излучение силой 400 мВт·ср$^{-1}$ превышает ограничения для классов 1; 1М и 3R (которые применимы угловому размеру источника менее $\alpha_{min}$, где $\alpha_{min} = 1{,}5$ мрад) и допустимо использование передающего устройства класса 3В. При обосновании, использованном в А.2, НОЗ определяют небольшим участком, ограниченным расстояниями 100 и 114 мм от источника. Согласно таблице 1, применение передающих устройств СОССП класса 3В разрешается только в контролируемом помещении.

На основании анализа вышеприведенных граничных условий очень важно учитывать угловой размер источника (или видимый размер) передающего устройства. Допустим, что размер источника (который содержит 63 % полной излучаемой мощности) $D = 1$ мм (типичное значение для коммерчески приемлемых устройств). На расстоянии наблюдения 100 мм соответствующий угловой размер $\alpha$ равен 0,01 рад (для определения углового размера по МЭК 60825-1 определено расстояние 100 мм).

Для вышеупомянутых малых источников повышающий коэффициент для ПДЭ $C_6 = \alpha/\alpha_{min} = 6{,}67$ ($\alpha_{min} = 1{,}5$ мрад) для МДЭ 7,87 мВт. Соответствующий предел энергетической освещенности $E_{\text{ПДЭ}} = 204$ Вт·м$^2$. Для классов 1 и 3R расстояние измерений для апертуры, равное 7 мм, также необходимо увеличить до 32,3 мм (это определяется формулой по IEC 60825-1, таблица 10). Расстояние измерения, применяемое для класса 1М, остается равным 100 мм. При применении уравнения для получения значения максимума допустимой силы излучения получаем:

класс 1 ..... $I_{\text{ПДЭ}} = 213$ мВт·ср$^{-1}$;

класс 1М ..... $I_{\text{ПДЭ}} = 2{,}04$ мВт·ср$^{-1}$;

класс 3R ..... $I_{\text{ПДЭ}} = 1{,}06$ мВт·ср$^{-1}$.

Сравнивают полученные значения интенсивностей излучения (применяя для углового размер источника 10 мрад) с силой излучения лазера 400 мВт·ср$^{-1}$; лазеры класса 1М обычно эмитируют только 20 % предела эмиссии. Рассматривают допустимые условия для передающих устройств в неограниченных помещениях (см. 4.2.1.1). Область НОЗ с оптическими системами наблюдения ограничена только в малом диапазоне 32,3 и 45 мм от источника.

При определении НОЗ и НОЗ с оптическими системами наблюдения важен угловой размер источника для длин волн в диапазоне 400—1400 нм. Обычно оптический диффузор может быть использован для увеличения углового размера источника, за исключением тех случаев, когда требуется хорошо коллимированный пучок.

Примечание 1 — «Закон обратных квадратов» используют как практическое правило тогда, когда источник аппроксимируется в точечный, т. е. значение расстояния измерения до источника более чем в пять раз превышает максимальный размер источника. Это условие всегда удовлетворяется, пока значение расстояния измерения превышает размер источника (см. IEC 60825-1, таблица 10).

Примечание 2 — Приведенные выше расчеты пригодны для идеального ламбертовского источника (или для закона косинуса). В случае узкого пространственного распределения излучения (половина угла менее 30°) при расчетах применяют коэффициент запаса 0,5.

**А.4 Связь СОССП между двумя ограниченными размещениями**

Рассматривают размещение в цепи двух широко разнесенных терминалов СОССП (см. рисунок А.1). Для иллюстрации важных положений безопасности в настоящем стандарте принято, чтобы оба терминала излучали пучки с постоянной энергетической освещенностью в пределах конусов расходимости, а излучение не выходило за пределы конусов. Терминал *A* (см. рисунок А.1) установлен в ограниченном помещении. Окно здания не открыто, находится перед терминалом и имеет пропускание $T_w = 0,3$; для этого примера отражательная способность окна равна $1 - T_w = 0,7$. Характеристики пропускания и отражения окна зависят от длины волны, угла падения, числа стекол в окне и поляризации. Расстояние от терминала *A* до терминала *B* $R_L$ = 300 м. Терминал *B* установлен на крыше в контролируемом месте. Пять помещений, обоснованных в настоящем примере, расположены возле терминалов:

- помещение, пересекаемое пучком от терминала *A*, который частично отражен от окна перед терминалом *A*;
- пространство непосредственно за окном в здании, где размещен терминал *A*;
- крыша промежуточного здания, расположенного $R_{INT} = 140$ м от обоих терминалов *A* и *B* так, что путь пучка проходит на 2 м выше нее;
- здание в неограниченном пространстве на расстоянии $R_S = 50$ м позади терминала *B* на линии приема мощности излучения от облучателя терминала *A*;
- здание в неограниченном пространстве на расстоянии $R_R = 75$ м перед терминалом *A*, на линии приема мощности излучения от терминала *B*, которое отражается от окна перед терминалом *A*.

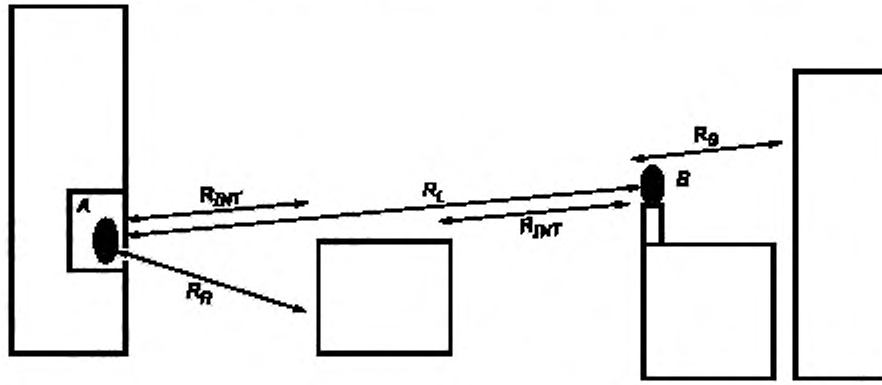



Рисунок А.1 — Связь между двумя широко разнесенными зонами

Характеристики передающих устройств этих терминалов должны быть следующими:

a) передающее устройство терминала *A*:

- класс 1М,
- однородное распределение энергетической освещенности в пределах расхождения конуса,
- диаметр пучка передающего устройства $D_A = 100$ мм,
- полная осевая симметрия расходимости пучка $\varphi_A = 2$ мрад,
- длина волны $\lambda = 1550$ нм;

b) передающее устройство терминала *B*:

- класс 3В,
- однородное распределение энергетической освещенности в пределах расхождения конуса,
- диаметр пучка передающего устройства $D_B = 10$ мм,
- полная осевая симметрия расходимости пучка $\varphi_A = 1$ мрад,
- длина волны $\lambda = 1550$ нм.

Первое ограничение на передачу мощности от терминала *A* налагается по безопасности вдоль пути пучка, пока излучаемый пучок лазера класса 1М не превышает МДЭ без применения оптических средств на длине волны

1550 нм. На этой длине волны МДЭ для незащищенного глаза равна 1000 Вт·м$^2$. Условия измерений должны быть такими, чтобы собранная мощность в пределах апертуры диаметром 3,5 мм непосредственно по фронту передающей апертуры не превышала 10 мВт. Поэтому общая мощность пучка в пределах передающей апертуры с однородной энергетической освещенностью ограничена $(D_A/3{,}5\text{ мм})^2 \cdot 10\text{ мВт} = 8{,}16$ Вт. Следует заметить, что для данного примера видимый источник размещают далеко позади передающей апертуры, на расстоянии примерно $(D_A/\varphi_A) = 50$ м, а измеряемую апертуру располагают на расстоянии более чем 2 м от видимого источника.

Проходя от терминала *A*, излучаемый пучок частично отражается от окна в ограниченном помещении. В этом примере 70 % мощности отражается обратно в ограниченное помещение, где установлен терминал *A*, и МДЭ при применении оптических средств может быть превышена. Поэтому помещение, в котором установлен терминал *A*, необходимо обеспечить соответствующими средствами предотвращения возможности попадания отраженного пучка в ограниченные и неограниченные помещения. Это условие может быть удовлетворено огораживанием ограниченного помещения не пропускающей или высокодиффузной перегородкой. Обслуживающая организация должна предусмотреть наличие входной двери или другого входа в нормально закрытую неограниченную зону.

Часть пучка от терминала *A* через окно выходит в пространство, возвращается обратно в здание, где установлен терминал *A*. Если это происходит на расстоянии 3 м по вертикали в неограниченном помещении, излучаемый пучок в этом помещении не должен превышать МДЭ при пользовании оптическими средствами. На таком расстоянии от передающего устройства (при заданном расхождении 2 мрад) расширение диаметра пучка является незначительным и максимальная мощность пучка непосредственно за окном ограничена до $(D_A/25\text{ мм})^2 \cdot 10\text{ мВт} = 160$ мВт. Учитывая потерю в окне, значение передаваемой мощности от терминала *A* будет равно 160 мВт/$T_w = 530$ мВт. Если вместо этого пучок пересекает область соседнего здания за окном, что почти на 3 м выше неограниченной поверхности, то эту область определяют как «ограниченную». Предполагают, что размер пучка несущественно расширяется от передающего устройства и тогда максимальная мощность пучка при таком размещении будет равна 8,16 Вт. Учитывая потерю в окне, это условие ограничивает отдаваемую от терминала *A* мощность $(8{,}16\text{ Вт})/T_w = 27{,}2$ Вт. Поэтому ограничения мощности от терминала *A* для передающего устройства класса 1М не существует.

Следующей рассматриваемой зоной вдоль пути пучка терминала *A* является крыша промежуточного здания. Если крыша является неограниченной для прохода людей зоной или смотровой площадкой, мощность пучка не должна превышать МДЭ при применении оптических средств на расстоянии 3 м по вертикали от неограниченной зоны. Диаметр пучка $D_A + R_{INT} \cdot \varphi_A = 380$ мм. Предел общей мощности пучка (предполагается, что энергетическая освещенность однородна) равен $(380/25\text{ мм})^2 \cdot 10\text{ мВт} = 2{,}3$ Вт. Учитывая потерю в окне, максимум передаваемой мощности, проходящей через крышу, не должен превышать $(2{,}3\text{ Вт})/T_w = 7{,}6$ Вт.

Если крыша промежуточного здания является ограниченной зоной, то терминал *A* может работать на полную мощность, определенную для класса 1М.

Пучок излучения от терминала *A* частично перехватывается апертурой принимающего терминала *B*. При нахождении терминала *B* в контролируемом помещении принимаемое излучение не должно превышать МДЭ для глаз без применения оптических средств. Поэтому ограничения мощности от терминала *A* для передающего устройство класса 1М не существует.

Мощность излучения от облучателя терминала *A*, которая не перехватывается терминалом *B*, попадает в неограниченную зону на расстоянии $R_s$ за терминалом *B*. Диаметр пучка облучателя равен $D_A + (R_L + R_s) \cdot \varphi_A = 800$ мм. Общая мощность пучка при этом расположении (при условии, что терминал *B* не используется) не должна превышать $(800/25\text{ мм})^2 \cdot 10\text{ мВт} = 10{,}2$ Вт. Учитывая потерю в окне, максимум передаваемой мощности, проходящей через крышу, ограничен до $(10{,}2\text{ Вт})/T_w = 34$ Вт. Поэтому ограничения мощности от терминала *A* для передающего устройство класса 1М не существует.

Из анализа ясно, что передача максимальной мощности от терминала *A* зависит от помещения, расположенного за окном (ограниченное или неограниченное), и расположения промежуточных зон (ограниченные или неограниченные). В зависимости от этого критерия максимум передаваемой мощности от терминала *A* равен 530 мВт; 7,6 или 8,16 Вт.

Аналогично проанализируем прохождение пучка, излучаемого от терминала *B*. Начиная с апертуры, терминал является устройством класса 3В и при значении $D_B < 25$ мм мощность пучка ограничена значением 500 мВт.

Для передающих устройств СОССП классов 3В и 4 определено, что НОЗ контролируется так, чтобы излучаемая мощность (если она перехватывается невооруженным глазом) была ниже МДЭ. В данном примере однородная энергетическая освещенность пучка, пересекающего НОЗ, определяется нахождением расстояния, при котором диаметр пучка увеличивается до $D_{min}$, но МДЭ не превышена или вычислена по формуле $(D_{min}/3{,}5\text{ мм})^2 \cdot 10\text{ мВт} = 500$ мВт. Вычисляют для НОЗ диаметр пучка $D_{min} = 24{,}7$ мм. Этот диаметр можно также представить как расходимость пучка в НОЗ: $D_{min} = D_B + R_{НОЗ} \cdot \varphi_B$. Соответственно для НОЗ получают значение $R_{НОЗ} = 14{,}7$ м.

Путь пучка от терминала *B* пересекает пространство над крышей промежуточного здания. При этом диаметр пучка $D_B + R_{INT} \cdot \varphi_B = 150$ мм. Предел мощности пучка в случае, если эта зона неограничена и при допущении однородности энергетической освещенности равен $(150/25\text{ мм})^2 \cdot 10\text{ мВт} = 360$ мВт. В случае, если зона над крышей

промежуточного здания ограничена и находится за НОЗ, допускается передача полной мощности от передающего устройства лазера класса 3В.

Следующая зона пути пучка от терминала *B* расположена за зданием, где установлен терминал *A*. Диаметр пучка в случае, если он достигает этой зоны, равен $D_B + R_L \cdot \varphi_B = 310$ мм. Предел мощности пучка в случае, если эта зона не ограничена, равен $(310 \text{ мм}/25 \text{ мм})^2 \cdot 10 \text{ мВт} = 1{,}53$ Вт. До тех пор, пока не превышен максимум мощности передающего устройства класса 3В, лимит мощности не ограничен.

Часть пучка от терминала *B* проходит через окно по фронту к терминалу *A*, принимается и частично отражается окном обратно в неограниченную зону на расстояние $R_R$. Диаметр пучка в случае, если он достигает этой зоны, равен $D_B + (R_L + R_R) \cdot \varphi_B = 385$ мм. Предел мощности пучка в этой зоне с учетом отражения от окна равен $(385 \text{ мм}/25 \text{ мм})^2 \cdot 10 \text{ мВт}/(1 - T_w) = 3{,}38$ Вт. Это значение превышает максимальную мощность передающего устройства класса 3В.

Приведенный выше анализ показывает, что максимальное значение передаваемой мощности от терминала *B* над крышей промежуточного здания равно 500 мВт, если это ограниченная зона. В случае, если эта зона не ограничена, максимальное значение передаваемой мощности понижают до 360 мВт. Независимо от расположения терминала *A* и расстояния, пройденного пучком, отраженным от окна до фронтальной части терминала *A*, необходимо, чтобы в зонах с применением оптических средств значение энергетической освещенности пучка было ниже значения МДЭ.

**Приложение В**
**(справочное)**

## Методы анализа опасности/безопасности

Применяют следующие методы анализа опасности/безопасности:

a) предварительный анализ безопасности, включая анализ цепей. Данный метод допускается использовать отдельно, но желательно использовать другие методы анализа опасности/безопасности;

b) анализ последствий отказа (см. IEC 61508);

c) анализ характера и последствий отказов;

d) анализ характера, последствий отказов и критический анализ (см. IEC 60812);

e) анализ древовидной схемы неисправностей;

f) анализ древовидной схемы событий;

g) учение об опасных факторах и работоспособности.

При необходимости испытания дополняют анализом. Метод анализа и любые сделанные допущения в процессе анализа заявляет производитель/оператор.

Примеры методов анализа отказов — в соответствии с IEC 60825-2, приложение D.

**Приложение С**
**(справочное)**

## Руководство по организации установки, обслуживания и эксплуатации

### С.1 Общая рабочая практика для СОССП

Общей рабочей практикой для СОССП являются правила техники безопасности, которые необходимо соблюдать при обслуживании и установке любой СОССП (см. С.1.1, а также дополнительные требования в соответствии с С.1.2).

**С.1.1 Правила техники безопасности**

При работе с любой СОССП применяют следующие правила техники безопасности:

- регулировка — регулировку, установку и испытание системы проводят, оперируя наименьшей возможной выходной мощностью и не превышая класс 1М или 2М;
- техническое обслуживание/эксплуатация — следуют только инструкциям поставщика/производителя по эксплуатации и периодическому техническому обслуживанию системы;
- сервисное обслуживание/установка — следуют только инструкциям поставщика/производителя по эксплуатации, сервисному обслуживанию и ремонту системы. Если возможно, выключают потенциально опасные устройства. Обеспечивают восстановление потенциально опасных устройств раньше вхождения системы в нормальный режим;
- очистка — для очистки оптических компонентов лазерной системы всегда используют только метод поставщика/производителя. При этом оборудование должно быть нормально отключено или остановлена эмиссия лазера;
- модификации — не проводят неавторизованных модификаций в любой системе или с оборудованием;
- повреждение маркировок — сообщают о повреждении или отсутствии маркировок безопасности персоналу, назначенному для регламентного обслуживания оборудования;
- контроль по ключу — для оборудования с контролем по ключу набор ключей передают заранее назначенному руководством персоналу, который должен обеспечить их безопасное хранение и контроль за ними. Запасные ключи должны находиться под строгим контролем уполномоченного лица. На установку или организацию обслуживания дают соответствующее разрешение;
- проверка оборудования — используют только поверенное оборудование (например, измеритель оптической мощности), разрешенное к применению эксплуатирующей организацией;
- знаки — установка дополнительных предупреждающих знаков в помещении допускается, например, временные предупреждающие знаки на время проведения сервисного обслуживания;
- оптоволокно — оборудование с оптическим волокном или соединителями, соответствующее требованиям IEC 60825-2 и приложенного к нему практического руководства.

**С.1.2 Дополнительные требования к режиму работы систем классов/уровней доступа 1М; 2М; 3R; 3В и 4.**

Если возможно излучение в системах классов/уровней доступа 1М; 2М; 3R; 3В и 4, то дополнительные требования должны быть следующими:

- общие требования — по С.1.1;
- к открытому пучку, за исключением класса/уровня доступа 1М или 2М, может иметь доступ только обученный персонал;
- запрещается наблюдать пучок лазера невооруженным глазом или с применением оптических средств или направлять лазерный пучок на людей (либо это должно быть санкционировано ответственным лицом за лазерную безопасность из организации, отвечающей за установку или эксплуатацию);
- любые используемые средства наблюдения или регулировки должны иметь действующую отметку о поверке и маркировки безопасности; обязателен инженерный контроль, например, за фильтрами для предотвращения облучения свыше МДЭ в соответствующем волновом диапазоне;
- если возможно, при проведении регулировки и испытаний используют класс/уровень доступа 1 или 2;
- не допускается возможность экспозиции, превышающей уровни доступа 1М; 2М и 3R;

Эксплуатирующая организация или ответственное лицо должны гарантировать, что применяемая защита глаз и кожи является достаточной для безопасности персонала.

### С.2 Обучение и тренировка

Установка, эксплуатация, техническое и сервисное обслуживание, при которых возможно нахождение людей вблизи СОССП, требует оповещения об опасности маркировками, знаками, а также тренировки персонала. Персоналу, работающему с СОССП классов 3В и 4, должна быть сообщена:

a) общая информация о СОССП;

b) информация о безопасности, касающаяся классификации лазерных систем и уровней доступа;

c) информация о биологических эффектах и потенциальных опасностях для глаз и кожи;

d) информация о процедурах, которым необходимо следовать при установке и техническом обслуживании этих систем;

e) разъяснение возможных последствий при нарушении правил безопасности.

**Приложение ДА**
**(справочное)**

## Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам (международным документам)

Таблица Д.А.1

| Обозначение и наименование международного стандарта | Степень соответствия | Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта |
|---|---|---|
| IEC 60825-1:1993 Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 1. Классификация оборудования, требования и руководство пользователя | — | * |
| IEC 60825-2 Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 2. Безопасность волоконно-оптических систем связи | — | * |

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

## Библиография


[1] IEC 60050-845: 1987 International Electrotechnical Vocabulary (IEV); Chapter 845: Lighting (Международный электротехнический словарь — Глава 845: Освещение)

[2] IEC 60812:2006 Analysis techniques for system reliability — Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)(Техника анализа и надежности систем. Метод анализа вида и последствий отказа)

[3] IEC 61508 (все части) Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety — related systems (Системы электрические/электронные/программируемые электронные, связанные с функциональной безопасностью)

[4] EN 1050:1997 Safety of machinery — Principles for risk assessment (Безопасность машин. Принципы оценки риска)

УДК 826:001.4:681.848.2:658.382.3:621.375:535.872:006.354 МКС 31260 Т35; Э07

Ключевые слова: лазер, лазерное излучение, лазерная аппаратура, передача информации, мощность, энергия, максимально возможная экспозиция, допустимый предел излучения, классификация требований, длительность экспозиции, энергетическая освещенность, расходимость пучка, коллимированный пучок, номинальная опасная для глаз зона, типы помещений, уровень доступа

Редактор *Т.С. Никифорова*
Технический редактор *А.И. Белов*
Корректор *Е.М. Бородулина*
Компьютерная верстка *А.С. Шаповаловой*

Сдано в набор 12.02.2014. Подписано в печать 19.02.2014. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 2,98. Тираж 58 экз. Зак. 1547.

Набрано в Издательском доме «Вебстер»
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru