|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ЕВРАЗИЙСКИЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ**  **(ЕАСС)**  **EURO-ASIAN COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION**  **(ЕАSC)** | | |
|  | **МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ**  **СТАНДАРТ** | **ГОСТ**  **IEC TR 60825-3–**  **202\_**  *Проект, RU,*  *первая редакция* |

**БЕЗОПАСНОСТЬ ЛАЗЕРНОЙ АППАРАТУРЫ**

**Часть 3**

**Руководящие указания по применению лазеров для зрелищных мероприятий**

**(IEC 60825-3:2022, MOD)**

*Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его издания*

**Минск**

**Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации**

**202\_**

**Предисловие**

Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации (ЕАСС) представляет собой региональное объединение национальных органов по стандартизации государств, входящих в Содружество Независимых Государств. В дальнейшем возможно вступление в ЕАСС национальных органов по стандартизации других государств.

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

**Сведения о стандарте**

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью Научно-методический центр «Электромагнитная совместимость» (ООО «НМЦ ЭМС») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Евразийским советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 202\_ г. № )

За принятие проголосовали:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Краткое наименование страны по МК (ISO 3166) 004–97 | Код страны по МК (ISO 3166) 004–97 | Сокращенное наименование  национального органа по стандартизации |
| Азербайджан | AZ | Азстандарт |
| Армения | AM | ЗАО «Национальный орган по стандартизации и метрологии» Республики Армения |
| Беларусь | BY | Госстандарт Республики Беларусь |
| Грузия | GE | Грузстандарт |
| Казахстан | KZ | Госстандарт Республики Казахстан |
| Киргизия | KG | Кыргызстандарт |
| Молдова | MD | Институт стандартизации Молдовы |
| Россия | RU | Росстандарт |
| Таджикистан | TJ | Таджикстандарт |
| Туркмения | TM | Главгосслужба «Туркменстандартлары» |
| Узбекистан | UZ | Узстандарт |
| Украина | UA | Минэкономразвития Украины |

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному документу IEC TR 60825-3:2022 «Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 3. Руководящие указания по применению лазеров для зрелищных мероприятий» («Safety of laser products – Part 3: Guidance for laser displays and shows», MOD) путем внесения технических отклонений, объяснение которых приведено во введении к настоящему стандарту.

Международный стандарт разработан Техническим комитетом TC 76 «Оптическая радиационная безопасность и лазерное оборудование» Международной электротехнической комиссии (IEC).

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

5 РАЗРАБОТАН ВПЕРВЫЕ

*Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.*

*В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»*

Исключительное право официального опубликования настоящего стандарта на территории указанных выше государств принадлежит национальным органам по стандартизации этих государств

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ (МГС)**  **INTERSTATE COUNCIL FOR standardization, metrology and certification**  **(ISC)** | | | |
| **МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ**  **СТАНДАРТ** | ГОСТ  IEC TR 60825-3–  202\_ |

**БЕЗОПАСНОСТЬ ЛАЗЕРНОЙ АППАРАТУРЫ**

**Часть 3**

**Руководящие указания по применению лазеров для зрелищных мероприятий**

**(IEC TR 60825-3:2022, MOD)**

*Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его издания*

**Москва**

**Российский институт стандартизации**

**202\_**

**Предисловие**

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

**Сведения о стандарте**

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью «Научно-методический центр «Электромагнитная совместимость» (ООО «НМЦ ЭМС») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 202\_г. № )

За принятие проголосовали:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004–97 | Код страны по МК (ИСО 3166) 004–97 | Сокращенное наименование национального органа по стандартизации |
| Азербайджан | AZ | Азстандарт |
| Армения | AM | ЗАО «Национальный орган по стандартизации и метрологии» Республики Армения |
| Беларусь | BY | Госстандарт Республики Беларусь |
| Грузия | GE | Грузстандарт |
| Казахстан | KZ | Госстандарт Республики Казахстан |
| Киргизия | KG | Кыргызстандарт |
| Молдова | MD | Институт стандартизации Молдовы |
| Россия | RU | Росстандарт |
| Таджикистан | TJ | Таджикстандарт |
| Туркмения | TM | Главгосслужба «Туркменстандартлары» |
| Узбекистан | UZ | Узстандарт |
| Украина | UA | Минэкономразвития Украины |

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 202\_ г. № межгосударственный стандарт   
ГОСТ IEC TR 60825-3–202\_ введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с

5  Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному документу IEC TR 60825-3:2022 «Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 3. Руководящие указания по применению лазеров для зрелищных мероприятий» («Safety of laser products – Part 3: Guidance for laser displays and shows», MOD) путем внесения технических отклонений, объяснение которых приведено во введении к настоящему стандарту.

Международный документ разработан Техническим комитетом TC 76 «Оптическая радиационная безопасность и лазерное оборудование» Международной электротехнической комиссии (IEC).

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

6 ВЗАМЕН ГОСТ Р 54839-2011

7 Некоторые элементы настоящего стандарта могут быть объектами патентных прав. Международная электротехническая комиссия (IEC) не несет ответственности за установление подлинности каких-либо или всех таких патентных прав

*Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.*

*В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»*

© IEC, 2022

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 202\_

В Российской Федерации 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 ...........................................................................................................

2 Нормативные ссылки........................................................................................................

3 Термины и определения...............................................................................................

4 Опасность облучения и биологическое воздействие................................................

4.1 Классификация лазерных проекторов и риски................................................................

4.2 Биологическое воздействие на глаз.................................................

4.3 Биологическое воздействие на кожу..........................................................................

5 Границы зон и предельно допустимые воздействия (ПДВ) для лазерного воздействия.

5.1 Соблюдение предельно допустимого воздействия (ПДВ)...............................................

5.2 ПДВ зрительской зоны.....................................................................................................

5.3 Зона исполнителя (контролируемое место) СИЗ.......................................................

5.4 Вспомогательный персонал группы риска ПДВ .......................................................

6 Критерии безопасности оборудования и установок.....................................................

7 Обязанности проектировщиков, монтажников, операторов и исполнителей.............

7.1 Обучение..................................................................................................................

7.2 Планирование проектировщиками, монтажниками и операторами.......................

7.3 Настройка и центровка.........................................................................................

7.4 Работа.........................................................................................................................

7.5 Запись о безопасности дисплея (DSR)........................................................

7.6 Планирование на случай непредвиденных обстоятельств ..........................

7.7 Сообщение о происшествиях и расследование несчастных случаев .......

8 Управление рисками лазерного показа ......................................................

8.1 Риск воздействия лазерного эффекта……................................................

8.2 Факторы риска и средства управления лазерным показом................................

9 Оценка воздействия......................................................................................................

9.1 Рекомендация.....................................................................................................

9.2 Руководство ..........................................................................................................

9.3 Трудности .........................................................................................................

9.4 Процедуры оценки.................................................................................

9.5 Процедуры измерений...................................................................

9.6 Защита от ошибок сканирования ............................................................

10 Специальные требования......................................................................................

Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам

Библиография..........................................................................................

**Введение**

Лазерную аппаратуру применяют для создания визуальных эффектов освещения в целях развлечений. IEC 60825-1 устанавливает классификацию опасностей и технические требования к лазерной аппаратуре, а IEC TR 60825-14 устанавливает общие руководящие указания для пользователя по безопасному применению лазерной аппаратуры

Лазерное излучение, необходимое для проведения эффектных театральных или артистических зрелищных мероприятий на больших площадках, таких как театры, арены или архитектурные ансамбли, является достаточно мощным, поэтому необходимо предусмотреть вероятность несчастных случаев, даже если облучение конкретного человека может быть очень кратковременным. Поэтому в IEC TR 60825-14 (пункт 4.1.5) определено, что для зрелищных мероприятий или для целей проведения развлечений на неконтролируемых площадях, следует применять только лазерную аппаратуру, относящуюся к классам 1, 2, или классу 3R с видимым излучением. Использование лазерной аппаратуры других классов возможно только при тщательном соблюдении всех условий и под контролем обученного опытного персонала.

Настоящий стандарт дополняет принципы, установленные IEC TR 60825-14, и содержит конкретные технические указания по безопасному применению лазерной аппаратуры, используемой для визуальных развлечений.

|  |
| --- |
| **МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ** |
| **БЕЗОПАСНОСТЬ ЛАЗЕРНОЙ АППАРАТУРЫ**  **Часть 3**  Руководящие указания по применению лазеров для зрелищных мероприятий  Safety of laser products. Part 3. Guidance for laser displays and shows |
| **Дата введения –** |

**1 Область применения**

Настоящий стандарт устанавливает требования к планированию и проектированию, настройке и управлению лазерной аппаратурой высокой мощности, излучающие выходной сигнал в диапазоне длин волн от 380 до 780 нм.

Требования настоящего стандарта не распространяются на лазерные показы или демонстрационные показы научной, медицинской или промышленной лазерной аппаратуры, которые могут использоваться, например, в качестве экспонатов на выставках. Однако некоторые из принципов, изложенных в настоящем стандарте, могут быть применимыми. Настоящий стандарт содержит рекомендации по безопасности лазерных дисплеев или лазерного оборудования для зрелищных мероприятий, например для шоу, художественных экспозиций, рекламы, создания световой скульптуры или музейных экспонатов, используемые для демонстрации оптических принципов (эффектов) и т. п..

Лазерная аппаратура доступная для применения в бытовых условиях или для применения людьми, которые, не прошли специальное обучение, обычно ограничена классами 1, 2 или 3R видимого излучения. Поэтому аппаратура, предназначенная для бытового применения, в настоящем стандарте не рассматривается.

Проекторы изображений, которым присвоена группа опасности в соответствии с IEC 62471-5 [1][[1]](#footnote-1), или светильники с лазерными диодами, использующие лампы, соответствующие критериям IEC 60825-1:2014 (подраздел 4.4), в настоящем стандарте не рассматривают.

Настоящий стандарт устанавливает критерии безопасности для защиты публики или лиц, находящихся вблизи лазерных дисплеев в процессе их применения.

Требования настоящего стандарта применяют:  
- при проектировании, сборке, изготовлении, установке или управлении лазерными изделиями классов 4 и 3В, или 3R с невидимым излучением для зрелищных мероприятий с применением лазеров;  
- при эксплуатации лазерной аппаратуры на аренах, в театрах, планетариях, дискотеках или других местах, где их можно установить или управлять ими, или

- персоналом, ответственным за безопасность указанного выше лазерного оборудования, установку или проведение зрелищных мероприятий с применением лазеров.

Настоящий стандарт является нормой практики при проектировании, сборке, изготовлении, установке или оценке проведения лазерных световых зрелищных мероприятий и дисплеев, а также оборудования, используемого при его производстве. Настоящий стандарт также предназначен для людей, которые занимаются модификацией лазерных дисплейных установок или оборудования.

Примечание – В некоторых странах могут быть установлены специальные требования к проведению таких зрелищных мероприятий, например, разрешение или уведомление правительства об их проведении или запрет на сканирование посетителей лазерными пучками без соответствующих защитных мер. Требования настоящего стандарта не противоречат таким требованиям, а дополняют их.

## **2 Нормативные ссылки**

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

lEC 60825-1, Safety of laser products – Part 3. Equipment classification and requirements (Безопасность лазерной продукции. Часть 1. Классификация оборудования и требования.)

## **3 Термины и определения**

Для целей настоящего документа применяются термины и определения, приведенные в IEC 60825-1 и ниже.

ИСО и МЭК ведут терминологические базы данных для использования в стандартизации по следующим адресам:

Веб-платформа ISO Online: доступна по адресу <https://www.iso.org/obp>

IEC Electropedia: доступна по адресу <http://www.electropedia.org/>

3.1 **реакция неприятия** (aversion response): Действие по предотвращению рефлекса неприятия моргание и отворачивание), при внезапном воздействии на человека яркого света.

Примечание – Благодаря этому действию продолжительность случайного воздействия видимого луча обычно считается равной 0,25 с. Однако алкоголь или наркотические вещества могут оказывать вредное влияние на реакцию отвращения, и даже без таких воздействий зрители могут быть склонны переопределить эту реакцию для продолжения просмотра спектакля.

3.2 **офтальмологический инструмент** (amsler grid): Инструмент, используемый для обнаружения проблем со зрением в результате повреждения макулы, части глаза, используемой для обнаружения центральной детали зрения.

3.3 **вспомогательный персонал** (ancillary personnel): Рабочие за кулисами, билетеры, охранники, технический персонал, поставщики продуктов и напитков и т.д., которые могут работать на месте проведения зрелищных мероприятий с применением лазеров при настройке или представлении, но непосредственно не связанные со зрелищным мероприятием.

Примечание – Вспомогательный персонал может иметь доступ к местам, куда вход посетителям запрещен.

3.4 **апертура** (aperture): Отверстие в защитном корпусе лазерной аппаратуры, через которое испускается лазерное излучение, тем самым обеспечивая доступ такого излучения к человеку

Примечание – Апертура имеет ограниченный размер, так что лазерный проектор может излучать только предполагаемый лазерный эффект.

**3.5 освещение аудитории** (audience illumination): Эффект освещения лазером, который является намеренно доступным, позволяя непосредственно освещать площадь, занятую зрителями

Примечание 1– Общие методы, используемые для создания эффекта такого типа, включают:

- прямое сканирование лазерного луча с использованием электромеханических устройств, таких как гальванометры, для отклонения положения луча, как правило, динамическим образом;

- (3.12) с использованием дифракционных оптических элементов;

- эффекты сканирования с высокой инерцией, такие как отклонение многоугольного зеркала и зеркального шарикового луча;

- методы отклонения твердотельного луча с использованием таких устройств, как акустооптические модуляторы и микроэлектромеханические системы (МЭМС).

Примечание 2 – Различные характеристики, связанные с каждым различным типом эффекта, влияют на степень существующей опасности и на то, как ею можно управлять. Факторы включают в себя различную максимальную пиковую освещенность, потенциал продолжительности воздействия, время, доступное для эффективного обнаружения сбоя сканирования и смягчения последствий.

3.6 **барьер** (barrier): Барьерное устройство для отделения зрителей от зон, где существует потенциально опасное лазерное излучение

Примечание 1 – Важно, чтобы барьеры были прочными и не могли быть легко перемещены или пройдены зрителями.

Примечание 2 – Барьером может быть стена, ограждение, фасад сцены и т.д.

Примечание 3 – Менее существенные барьеры, такие как стойки или веревки, могут рассматриваться как адекватные барьеры, если вся защищенная зона видна и контролируется оператором лазера или другим персоналом службы безопасности во время лазерного дисплея.

3.7 **проекционное зеркало** (bounce mirror): Зеркальный элемент, расположенный удаленно от лазерного проектора, используемый для наведения статического луча

Примечание – Зеркала с отклонением часто используются во множествах для создания внешнего вида нескольких сетей лучей.

3.8 **пульт управления** (control signal): Средство управления, с помощью которого лазерный проектор управляется оператором лазера или предварительно запрограммированной системой управления

Примечание – Устойчивость управляющего сигнала к помехам от других источников в окружающей среде имеет важное значение. По этой причине использование беспроводных управляющих сигналов не рекомендуется.

3.9 **контролируемое размещение** (controlled location): Недоступная зона контролируемого местоположения, за исключением уполномоченных, обученных лиц, которые прошли достаточную подготовку или инструктаж по лазерной безопасности

Примечание – Контролируемые местоположения обычно включают зону исполнителя, но также могут охватывать ограниченные области, где доступны лазерные лучи. Они также включают зоны ограниченного доступа, в которых может находиться вспомогательный персонал или к которым имеет доступ вспомогательный персонал.

3.10 **дизайнер** (designer): Человек, определяющий визуальные эффекты, которые должны быть произведены, планирование проекций и расположение используемого оборудования

Примечание – Конструктор может, кроме того, выступать в качестве монтажника или оператора и считаться изготовителем (3.27) или поставщиком.

3.11 **протокол о безопасности мероприятия** (ПБМ) (display safety record (DSR)): Письменный протокол о безопасности, относящийся к конкретному зрелищному мероприятию с применением лазера

3.12 **дифракционный эффект** (diffraction effect): Световой эффект, создаваемый взаимодействием лазерного луча с дифракционным оптическим элементом (DOE) или дифракционной решеткой

Примечание 1 – Взаимодействие лазерного луча приводит к разделению исходного луча и формированию геометрического узора, такого как сетка или линия лучей. Внешний вид возникающей картины преимущественно определяется характеристиками DOE. Подложка, содержащая DOE, обычно вращается во время использования, чтобы создать видимость движения.

Примечание 2 – Дифракционные эффекты могут быть получены либо с использованием отражающей подложки, которая ведет себя как зеркало, с рисунком, формируемым как отражение, либо с использованием пропускающей подложки, где луч проходит через DOE и рисунок формируется на выходе луча. Отражающие дифракционные эффекты часто используются аналогичным образом для отскока зеркал. Трансмиссионные лазерные эффекты обычно создаются внутри самого лазерного проектора, при этом DOE перемещается на путь стационарного лазерного луча или сканирующего выходного сигнала.

Примечание 3 – Дифракционные эффекты обычно содержат луч нулевого порядка (3.46).

3.13 **эффективная длительность импульса** (effective pulse duration): Длительность импульса, необходимая для прохождения движущимся лучом апертуры (зрачка) глаза диаметром 7 мм

Примечание 1 – Часто используется для оценки воздействия, создаваемого шаблоном сканирования или движущимся эффектом, где в большинстве случаев воздействие, испытываемое человеком, не зависит от характеристик выхода лазерного источника, часто CW.

Примечание 2 – Эта продолжительность может быть оценена с учетом переднего и заднего краев профиля сканирующего луча, проходящего над зрачком.

3.14 **управление аварийной остановкой** (emergency stop control, e-stop): Надежный способ прекращения выхода излучения из системы лазерного проектора

Примечание – Важно, чтобы управление аварийным остановом выполнялось независимо от управляющего сигнала лазерной системы, который может стать нестабильным в случае возникновения неисправности. Это особенно важно, поскольку обычные протоколы управления освещением и лазерным эффектом обычно не имеют или имеют небольшую отказоустойчивость.

3.15 **инженерные меры безопасности** (engineering control): Меры инженерного контроля механической или электрической безопасности, предназначенные для постоянной защиты людей от воздействия опасности, обычно отличающиеся тем, что они помимо системы не полагаются на конкретные действия человека, чтобы быть эффективными

Примечание – Типичные примеры включают управление ключами, предупреждающие индикаторы и физическую маскировку.

3.16 **ошибочный лазерный луч** (errant laser effect): Луч с ошибочным лазерным эффектом, который отклоняется от заданного или предполагаемого пути луча

Примечание – Такие лучи включают нежелательные отражения в проекционной области или перемещение лазерного проектора или удаленной оптической цели, заставляя лазерные лучи появляться вне предполагаемой проекционной области.

3.17 **недоступное размещение** (inaccessible location): Размещение, доступ к которому возможен только с использованием специализированного оборудования, дополнительного оборудования или того и другого.

Примечание – Оборудование доступа обычно включает мобильные подъемники, лестницы, канаты, строительные леса и т.д.

3.18 **преднамеренное лазерное облучение** (intentionally accessible effect): Допустимый лазерный эффект, позволяющий лазерному излучению быть легко доступными для людей

Примечание – Примером этой категории эффекта является освещение аудитории, но может в равной степени относиться и к другим, таким как исполнители и подсвечивание вспомогательного персонала. В каждом случае важно, чтобы любое воздействие не превышало применимый ПДУ.

3.19 **установщик оборудования** (installer): Монтажник, который размещает оборудование в определенных местах и участвует в регулировке и выравнивании для получения желаемых эффектов

Примечание – Установщик может также быть изготовителем (3.27) или поставщиком, если действия по установке приводят к изменению эффектов лазерного дисплея.

3.20 **класс лазерной опасности** (laser classification): Указывает на потенциальный риск повреждения лазерным излучением, чем выше номер класса, тем большую опасность вызывает воздействие лазерного излучения

Примечание 1– IEC 60825-1 определяет восемь различных классов опасности лазера, которые определяют общий риск, создаваемый лазерным изделием, и предписывает требуемые меры безопасности, которые должно иметь лазерное изделие.

Примечание 2 – Большинство лазерных проекторов, используемых для создания лазерных эффектов, это лазерные изделия класса 3B и класса 4, которые излучают луч (лучи), представляющий риск для глаз и кожи, и могут выступать в качестве источника возгорания.

3.21 **лазерный** **показ или** **шоу**/зрелищное мероприятие(laser display or show): Действие, при котором по крайней мере один лазерный луч проецируется на поверхность или становится видимым в воздухе в целях развлечения или создания художественных образов, и обычно предназначенное для просмотра неспециализированной аудиторией.

Примечание – Это определение включает демонстрации, например, в музеях или учебных заведениях, и лазерные шоу, например, в планетариях, ночных клубах, на концертных и развлекательных площадках, художественных инсталляциях и рекламных проекциях.

3.22 **лазерный эффект,** воздействие лазера(laser effect): все электромагнитное излучение, испускаемое лазерной аппаратурой в диапазоне длин волн от 380 до 780 нм, которое возникает в результате контролируемого вынужденного излучения

Примечание – Лазерный эффект может восприниматься как неподвижный или движущийся с использованием оптических компонентов для управления характеристиками лазерного луча.

3.23 **категория лазерного эффекта** (laser effect category): Идентификация лазерного эффекта на основе предполагаемой доступности лазерного луча (ей)

Примечание – Считается, что лазерные эффекты относятся к одной из трех категорий в зависимости от возможности прямого воздействия, что помогает определить конкретные типы средств контроля, необходимых для безопасного использования лазерного эффекта.

3.24 **лазерный проектор** (laser projector): Лазер, используемый отдельно или с компонентами, управляющими лучом, для создания лазерных показов или шоу- эффектов

Примечание – Лазерные проекторы считают лазерной аппаратурой, подпадающей под действие применимых требований IEC 60825-1 в рамках настоящего стандарта.

3.25 **консультант по лазерной безопасности** (laser protection adviser, LPA):Лицо, которое обычно не зависит от установки (монтажа) лазера и ее повседневной эксплуатации, но имеет соответствующую квалификацию в понимании стратегий предотвращения лазерной опасности, способное понимать и оценивать вопросы безопасности в связи с постановкой лазерного показа, оценивать и определять количественно уровни воздействия и ознакомленное с соответствующими юридическими обязанностями и требованиями

3.26 **специалист по лазерной безопасной** (laser safety officer, LSO): Лицо, обладающее знаниями в области оценки и управления лазерными опасностями и отвечающее за надзор за управлением опасностями, связанными с лазерным излучением.

Примечание 1 – Роль специалиста по лазерной безопасности может варьироваться в широких пределах в зависимости от потребностей организации, в которой он работает. Специалисту по лазерной безопасности часто не требуется проводить количественный анализ опасности.

Примечание 2 – Организации, использующие лазерное оборудование класса 3B и класса 4, как правило, назначают внутреннего специалиста по лазерной безопасности, который несет административную ответственность от имени работодателя за надзор за безопасностью лазера.

Примечание 3 – Обязанности специалиста по лазерной безопасности обычно документируют и являются обязательными для обеспечения постоянного безопасного использования лазеров в соответствующей организации. Они, по всей вероятности, будут включать в себя, как минимум:

а) информирование и, при необходимости, ведение учета всей потенциально опасной лазерной аппаратуры (включая классификацию, требования и цели применения лазерной аппаратуры; размещение лазерной аппаратуры; и любые особые требования или ограничения, относящиеся к их применению);

b) ответственность за контроль за соблюдением процедур организации по обеспечению безопасного применения лазера, ведение соответствующей письменной документации, а также за принятие незамедлительных и надлежащих мер в отношении любого несоблюдения или явной неадекватности таких процедур.

3.27 **изготовитель** (manufacturer): Персона (персонал), конструирующие, собирающие или производящие лазерное проекционное оборудование или проводящие зрелищные мероприятия с применением лазерного проекционного оборудования (установка оборудования) Лицо (или лица), которые конструируют, собирают или производят один или несколько лазерных проекторов или занимаются постановкой показа/шоу (физическая установка оборудования), в которых используются лазерные проекторы

Примечание 1 – Термин применяют независимо от получения или неполучения прибыли.

Примечание 2 – Оборудование, используемое для постановки лазерных показов и шоу с применением лазеров, определяют, как лазерную аппаратуру.

3.28 **маска** (mask, baffle, physical mask): Физическая перегородка способная остановить лазерные лучи от перемещения в нежелательных направлениях

Примечание 1 – Маска обычно представляет собой лист или панель, изготовленную из прочного материала, способного выдерживать, без проникновения, максимальный ожидаемый уровень лазерного излучения. Важно, чтобы маска не проскальзывала и не двигалась относительно падающего лазерного луча.

Примечание 2 – Лучи, управляемые электроникой или компьютерами, часто используют «программные маски», так что луч не может излучать или работать на максимальной выходной мощности в определенных областях в области потенциальной проекции. Если используются программные маски, то важно в полной мере учитывать режимы отказа сканирующей системы и последствия отказа. В некоторых ситуациях потребуются более официальные оценки, такие как описанные в серии IEC 61508 [2].

Примечание 3 – Важно, чтобы характеристики масок, как физических, так и программных, оценивались в разумно предсказуемых условиях единичного отказа.

3.29 **модификатор** (modifier): Человек, который изменяет рабочие характеристики, располо­жение или эффекты при проведении лазерных показов или шоу или изменяет компоненты системы, влияющие на характеристики безопасности. Модификатор несет такую же ответ­ственность за безопасность, как производитель, поставщик или проектировщик лазерного проекцион­ного оборудования.

Примечание – Модификатор также считается имеющим те же обязанности, что и изготовитель (3.27), поставщик или проектировщик (3.10).

3.30 **недоступный эффект** (non-accessible effect): Категория лазерного эффекта, спроектированного и реализованного так, что лучи становятся недоступными для любого человека

Примечание 1 – Лазерный проектор и траектория луча расположены в недоступном месте, что обычно поддерживается посредством применения технических средств управления для предотвращения ошибочных лазерных эффектов.

3.31 **оператор** (operator): Лицо, которое непосредственно управляет лазерной или проекционной системой (системами)

Примечание – Важно, чтобы операторы были знакомлены с опасностями, связанными с используемыми лазерами, и должны соответствовать инструкциям по безопасности, предоставленным изготовителем (3.27). Оператор также может быть назначен специалистом по безопасности лазера для лазерного показа или шоу.

3.32 **исполнитель** (performer): Лицо, которое развлекает публику во время шоу

Примечание 1 – Исполнителями могут быть танцоры, певцы или музыканты и т.д.

Примечание 2 – Ожидается, что исполнители были проинструктированы об опасностях, связанных с используемыми лазерами, и часто можно разумно ожидать соблюдения предоставленных инструкций по безопасности.

3.33 **зона исполнителя** (performer zone): Зона, в которой могут присутствовать только исполнители и в пределах которой лазерное излучение может превышать зрительский MPE

Примечание – Зона исполнителя обычно является контролируемым местом, расположенным на сцене.

3.34 **потенциально доступное излучение** (potentially accessible effect): Лазерный эффект, реализация которого не приводит к преднамеренному доступу, но в пределах указанного контролируемого местоположения может быть получен к лучам, превышающим значение ПДУ, если отсутствуют достаточные средства управления или лица, присутствующие в контролируемом месте игнорируют средства управления.

3.35 **площадь проекции** (projection area): Область пространства в которой лазерный луч или эффект предназначен для присутствия во время нормальной предполагаемой работы лазерного проектора

Примечание – Область проекции включает пространство, через которое проходит балка или балки, и поверхности, на которых они заканчиваются.

3.36 **ответственное лицо** (responsible person): Лицо, работающее во время проведения лазерного шоу, которое берет на себя руководство лазерной установкой, действием лазерных эффектов или и то, и другое, и при этом несет ответственность за проведение работ так, чтобы обеспечивался минимальный риск воздействия, и не параметры воздействия не отклонялись от параметров, согласованных с специалистом по лазерной безопасности и консультантом по лазерной безопасности или с обоими.

Примечание 1 – Важно, чтобы ответственные лица прошли базовое обучение и инструктаж по безопасному выполнению своих задач, могли выявлять и избегать возникновения опасных ситуаций, а также иметь возможность прекращать лазерный выход, когда это необходимо для предотвращения вредного воздействия.

Примечание 2 – В некоторых ситуациях одно и то же ответственное лицо может выполнять функции проектирования, установки и эксплуатации лазерного эффекта для обеспечения показа<. Однако существуют обстоятельства, когда различные лица должны взять на себя роль ответственного лица. Например, когда лазерная установка установлена в месте проведения, а работа передана техникам места проведения, различные люди берут на себя эту роль. На установке может быть иерархия ответственных лиц, где, например, менеджер по безопасности места проведения работ принимает на себя руководящую роль, обеспечивая, чтобы его технические специалисты и операторы знали и выполняли свои обязательства во время работы с лазерными эффектами.

3.37 **ограниченная зона** (restricted location): Зона, которая недоступна для зрителей и широкой публики, но может быть доступна для других наблюдателей или неподготовленного персонала

Примечание – Сотрудники места проведения и вспомогательный персонал, вероятно, будут считаться неподготовленным персоналом.

3.38 **эффект развертки** (scan-pattern): Эффект, создаваемый при сканировании лазерного луча, часто с использованием пары зеркал, установленных на гальванометрах

3.39 **функция защиты от сбоя сканирования** (scan-fail safeguard): Функция лазерного проектора, предназначенная для предотвращения доступа к лазерным воздействиям сверх соответствующего ПДУ

Примечание 1 – Эта функция часто включается в сканирующий элемент лазерного проектора для предотвращения излучения стационарного луча или лучей, которые двигаются слишком медленно. Все средства защиты от ошибок сканирования имеют конечное время отклика.

Примечание 2 – Защита при сбое сканирования зависит от сложности. Рудиментарные системы могут предотвращать выход стационарного луча, контролируя производную сигналов обратной связи скорости гальванометра по осям *x* и *y* в системе сканирования с замкнутым контуром. Более сложные системы контролируют дополнительные характеристики, включая перемещение и повторение развертки, и производят выборку выходного луча для активного ограничения луча, излучаемого лазерным проектором, где это необходимо.

Примечание 3 – Наличие защиты от сбоя сканирования не делает применение лазерного проектора для освещения аудитории по своей сути безопасным. Важно, чтобы пользователь полностью понимал параметры и режимы отказа, на которые может реагировать защита при отказе сканирования, а также последствия этих характеристик. Безопасность результирующей экспозиции дополнительно зависит от других факторов, таких как характеристики лазерного луча - например, мощность излучения, расхождение луча - и близость к зрителям, просматривающим дисплей.

Примечание 4 – Критически важно, чтобы надежность защиты от сбоя сканирования учитывала все возможные режимы отказа защиты от сбоя сканирования, и правильная работа проверялась через регулярные интервалы.

Примечание 5 – В некоторых ситуациях потребуются более официальные оценки, как описано в серии IEC 61508 [2].

3.40 **время реакции защиты при сбое сканирования** (scan-fail safeguard response time): Общее время, необходимое для защиты при сбое сканирования для обнаружения неисправности, запуска корректирующего действия и вступления корректирующего действия в силу

Примечание – Время защитного отклика при сбое сканирования для исправления опасного излучения неизбежно больше, чем только время обнаружения неисправности. Важно проявлять осторожность при рассмотрении длительностей, указанных изготовителем лазерных проекторов (3.27), которые обычно указывают только время обнаружения неисправности.

3.41 **зритель** (spectator): Человек, присутствующий на лазерном дисплее или шоу, который по расположению или близости потенциально может быть подвержен воздействию опасных прямых или отраженных лазерных лучей (при отсутствии каких-либо признаков безопасности или в наихудшей ситуации) и который является целевой аудиторией для обработанных лазером эффектов

Примечание 1– Это не включает оператора лазерного дисплея и их сотрудников или исполнителей, но может включать в себя прохожих и других лиц, которые не являются частью производительности и не обучены.

Примечание 2– Нельзя ожидать, что зрители были проинформированы о процедурах безопасности, касающихся используемых лазеров, и не должны соблюдать инструкции по безопасности.

3.42 **зрительский ПДВ** (spectator MPE): Максимальный уровень излучения лазера, который может существовать в зрительской зоне

3.43 **зрительская зона** (spectator zone): Зона, в которой могут присутствовать зрители и в пределах которой лазерное излучение ограничено зрительским MPE

Примечание – Такие зоны считаются неограниченным местом (3.44).

3.44 **неограниченная зона** (unrestricted location): Зона, где размещение и деятельность пассажиров не подлежит контролю или надзору за защитой от опасности, связанной с лазером

Примечание – Такие зоны обычно включают зрительскую зону.

<

3.45 **двухкоординатное регулирование** (x–y gain control, effect size): Регулирование эффекта усиления для установки максимальной протяженности сканирования каждой оси в системе лазерного проектора на основе x-y

Примечание – Это часто реализуется как управление на лазерном проекторе, которое уменьшает управляющий сигнал на усилители драйвера сканера, или числовое значение, установленное как ограничение в программном обеспечении.

3.46 **нулевой порядок**, 0-порядок (zero order, 0–order): Дифракционный порядок, занимающий положение оси падающего луча для пропускающего дифракционного элемента, или отражение от падающего луча для отражающего дифракционного элемента

Примечание 1 – Аварийные лучи из дифракционного эффекта образуют несколько «порядков» в шаблоне.

Примечание 2 – Пучок нулевого порядка обычно содержит наибольшую энергию возникающих порядков из дифракционного эффекта.

Примечание 3 – Возникающие лучи более высокого порядка вращаются вокруг пучка нулевого порядка, который остается неподвижным при вращении дифракционного оптического элемента.

Примечание 4 – Важно, чтобы сама излучение нулевого порядка не направлялась в доступные области, поскольку направление остается неподвижным, даже с эффектом вращения. Кроме того, если дифрагирующая среда деградирует или выпадает из траектории луча, она делает доступным сплошной пучок, что представляет риск для людей в области, где пучок заканчивается.

**4 Опасность облучения и биологическое воздействие**

**4.1 Классификация лазерных проекторов и риски**

Большинство лазерных показов используют лазерные продукты класса 3B или класса 4 в открытых пространствах для создания лазерных эффектов, которые могут видеть зрители. Лучи, испускаемые лазерами класса 3В, способны вызвать повреждение глаза, если даже на короткое время допускается прямое воздействие на пучок. Лучи, испускаемые лазерами класса 4, представляют риск повреждения глаз как при прямом воздействии луча, так и в некоторых случаях при просмотре диффузных отражений. Лазеры класса 4 могут также сжигать кожу и выступать в качестве источника возгорания. Лучи от лазеров не должны быть направлены на людей, если только не будет проявлена крайняя осторожность для обеспечения безопасного воздействия. Видеопроекторы и камеры могут быть повреждены в результате прямой экспозиции.

Примечание – Определения для лазерных классификаций и MPE приведены в IEC 60825-1 и IEC TR 60825-14.

**4.2 Биологическое воздействие на глаза**

Воздействие видимого луча при субтравме (ниже МПЭ) может привести к временным эффектам, таким как слепота вспышки, которая может помешать способности человека выполнить задание. Воздействие лазерного луча, превышающего МПЭ, может привести к одному или комбинации трех различных типов травм, которые могут воздействовать на определенные части глаза. Части человеческого глаза указаны на рисунке 1.

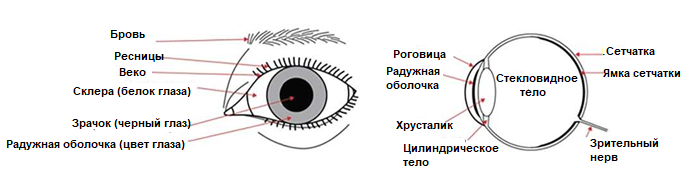


Рисунок 1– Человеческий глаз

Термической травмой, является травмой вызванной чрезмерным нагреванием поглощающей ткани в глазу, которой для воздействия видимого света и ближнего инфракрасного излучения является сетчатка. При таком воздействии человек не испытывает боли.

Фотохимическим повреждением, является воздействие ультрафиолетового излучения и видимого света от 400 до 600 нм. Повреждение происходит в результате фотохимической реакции, протекающей в сетчатке, хрусталике или роговице, в зависимости от длины волны. В видимой части спектра воздействие синего света (длины волн менее 500 нм) на уровнях ниже, чем те, которые могут вызвать термическое повреждение, становится более доминирующей опасностью для сетчатки в результате хронического и кумулятивного воздействия.

Термомеханическая травма возникает, когда ткань нагревается очень быстро, вызывая быстрое тепловое расширение, приводящее к механическим ударам.

Воздействие видимых или ближних инфракрасных лазерных лучей, превышающих МПЭ, приводит в первую очередь к риску термического повреждения сетчатки, которое может происходить даже в очень коротких дозах облучения, таких как дозы от эффекта сканирующего лазера. Кроме того, риск фотохимического повреждения становится распространенным в течение более продолжительной продолжительности и кумулятивного субтермического предельного воздействия MPE на длины волн ниже 500 нм. Термомеханическое повреждение может происходить в результате воздействия импульсных лазеров с q-переключением высокой пиковой мощности, иногда используемых для световых шоу.

Во время воздействия видимых или ближних инфракрасных лучей сетчатка глаза имеет гораздо более низкий порог повреждения, чем кожа. Даже очень короткое облучение лазерным лучом, испускаемым лазерным проектором класса 3B или класса 4, допускает риск повреждения, возникающего в реакции естественного отвращения человека. Выходные характеристики большинства лазерных проекторов, используемых для лазерных дисплеев, часто остаются опасными для непосредственного просмотра на расстоянии до нескольких сотен метров от источника.

**4.3 Биологическое воздействие на кожу**

Существует риск получения травмы кожи, хотя пороговые значения для повреждения, возникающего в результате воздействия видимых и ближних инфракрасных лучей, намного выше, пороговых значений, приводящих к риску причинения вреда сетчатке глаза. Избыточное воздействие видимого света и инфракрасного излучения может привести к ощущению боли, легкому покраснению или вздутию кожи, в то время как воздействие ультрафиолетового излучения приводит к риску ожога похожему на воздействие, связанное с избыточным воздействием солнечного света.

**5 Границы зон и предельно допустимые воздействия (ПДВ) для лазерного воздействия**

**5.1 Соответствие предельно допустимому воздействию (ПДВ)**

Ни при каких обстоятельствах ни один человек не должен подвергаться воздействию лазерных лучей, превышающих применимый СИЗ глаза или кожи. Максимально допустимый уровень лазерных лучей, которым может подвергаться конкретная группа лиц, зависит от максимального времени воздействия, предполагаемого для этой группы. Локальные ограничения разрешенных СИЗ существуют в нескольких регионах.

**5.2 ПДВ зрительской зоны**

Уровень воздействия лазерных лучей, которые могут присутствовать в зрительской зоне, не должен превышать ПДВ для преднамеренного прямого воздействия на глаза. Применимый ПДВ, который должен быть рассмотрен, определяется с использованием данных и методов, описанных в lEC 60825-1, для всех возможных длительностей экспозиции, t, включая максимальную продолжительность лазерного дисплея или показа, в зависимости от обстоятельств (см. ниже, если вероятно использование бинокля). Если уровень воздействия лазерных лучей поддерживается в результате сканирования лазерного луча, то ПДВ для прямого воздействия на глаза также не должен быть превышен в течение времени защиты от сбоя сканирования (см. 6.11 IEC 60825-1: 2014) или в отношении уровня CW лазерного луча (если нет защиты от сбоя сканирования).

Следует учитывать любые области в пределах зоны, где опасность лазерного луча может быть выше, например, если лучи сфокусированы или статичны (например, в конце развертки).

Использование средств просмотра, таких как бинокль, потенциально может увеличить опасность для зрителей. На некоторых площадках, таких как ночные клубы, планетарии и корпоративные мероприятия, бинокулярное использование не проблема. Однако, если вероятно использование бинокулярных устройств (например, на большой арене) и безопасность уже используется для запрещения использования бинокулярных камер, записывающих устройств и т.д., рекомендуется дополнительно запретить использование бинокулярных устройств. Если это невозможно (например, мероприятие под открытым небом на открытом воздухе), зрительская зона ПДВ должна быть умножена на коэффициент 0,02 для учета повышенной опасности.

**5.3 Зона исполнителя (контролируемое место) СИЗ**

ПДВ для исполнителей, операторов или вспомогательного персонала, которые могут присутствовать в контролируемых местах, таких как зона исполнителя, должен быть ПДВ для прямого глазного воздействия или ПДВ для кожи (см. lEC 60825-1), в зависимости от обстоятельств. Исполнители должны ожидать, что их действия будут управляемы, будут обеспечены защитными очками и костюмами, если это необходимо, и должны быть проинструктированы в процедурах, чтобы избежать воздействия лазерных лучей сверх соответствующего ПДВ. Следует учитывать максимальную продолжительность любого прогнозируемого или ожидаемого воздействия. В некоторых случаях исполнители могут непосредственно управлять характеристиками безопасности лазера. Например, исполнитель нажимает на переключатель, чтобы указать, что он или она находится в безопасном месте, прежде чем лучи могут быть выпущены в рабочую область. Любые такие меры управления должны быть тщательно разработаны как для нормальных условий, так и для случаев, когда исполнитель находится вне своего поля зрения или сталкивается с неправильным образом (например, по направлению к лазеру) во время сигнала.

**5.4 Вспомогательный персонал, подверженный риску**

Планирование и реализация установки и эксплуатации лазерного дисплея должны обеспечивать, чтобы риск воздействия лазерного луча на любого человека вне контролируемых мест, таких как зона исполнителя, не превышал ПДВ зрителя. В обстоятельствах, когда существует возможность возникновения более высокого потенциала воздействия (например, во время позиционирования и выравнивания лазерного эффекта), рекомендуется временно расширить контролируемое местоположение и связанные с ним меры предосторожности, чтобы включить в него место, где может присутствовать риск воздействия. В тех случаях, когда расширение контролируемой зоны нецелесообразно, вспомогательный персонал, которому может угрожать воздействие, должен быть идентифицирован и проинформирован об опасности воздействия. Затем следует принять меры по ограничению воздействия от любых доступных пучков на ПДВ для прямого воздействия на глаза (см. IEC 60825-1). Этот ПДВ предполагает, что вспомогательный персонал, вероятно, будет находиться в местах, отличных от зрительских зон, что его передвижение вряд ли будет контролироваться и что ему вряд ли будут предоставлены защитные очки. Однако их следует проинструктировать, чтобы они не заглядывали непосредственно в какие-либо падающие лучи, сканеры или зеркала. По этой причине для случайного воздействия видимых лазерных лучей следует учитывать продолжительность воздействия до 0,25 с. В тех случаях, когда возможно облучение невидимым лазерным лучом, продолжительность случайного облучения должна оцениваться в соответствии с IEC 60825-1.

Таблица 1 - Критерии выбора СИЗ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Местоположение или персонал | Доступные выбросы при нормальной эксплуатации | Доступные выбросы ионов нормальной эксплуатации при разумно прогнозируемых условиях неисправности |
| Зрительская зона | ПДВ для прямого воздействия на глаза | ПДВ для времени срабатывания защитной системы с отказом сканирования или другого ограничения прекращения выбросов |
| Зона исполнителя | ПДВ для прямого воздействия на глаза при случайном воздействии (0,25 с для видимых эффектов), предполагая обучение предотвращению воздействия на глаза. Если предотвращается воздействие на глаза, можно использовать ПДВ кожи. | ПДВ для прямого воздействия на глаза при случайном воздействии (0,25 с для видимых эффектов) при условии обучения предотвращению воздействия на глаза |
| Вспомогательный персонал, подверженный риску | ПДВ для прямого воздействия на глаза при случайном воздействии (0,25 с для видимых эффектов) при условии обучения предотвращению воздействия на глаза | |
| Примечание – Если возможно облучение невидимым лазерным лучом, рассмотрим оценку продолжительности случайного облучения в соответствии с IEC 60825-1. | | |

**6 Критерии безопасности для оборудования и установок**

6.1 Требования lEC 60825-1 применимы к лазерному проекционному оборудованию.

6.2 Лазерные апертуры должны быть замаскированы с использованием материала, достаточно прочного для того, чтобы выдерживать прямое воздействие лазерных лучей в течение длительных периодов времени. Маска должна быть расположена так, чтобы ограничивать выступы заданными направлениями и предотвращать ошибочный лазерный эффект. Программные маски, то есть программируемые компьютером средства для предотвращения лучей в непреднамеренных направлениях, могут использоваться, когда физические маски не являются практически осуществимыми, но следует учитывать режимы отказов, а при использовании для ограничения экспозиции в зрительной зоне следует использовать критическое программное обеспечение безопасности. Стандартные средства управления усилением x-y лазерного проектора, реализованные в программном обеспечении или в аналоговом, или цифровом потенциометре на проекторе, не являются эффективными масками. Эффективность любой маски должна быть проверена таким образом, чтобы она не допускала выхода за пределы заданной проекционной области.

6.3 Цели и отражающие зеркала должны быть соответствующим образом замаскированы для предотвращения неправильного направления лазерного луча в случае, если лазер не выровнен с целью.

6.4 Лазерные проекторы, подпрыгивающие зеркала и мишени должны быть жестко смонтированы для предотвращения перемещения из-за вибрации, джоринга или ветра. Следует уделить должное внимание продолжительности установки, деятельности персонала или трафика, а также типу места проведения.

6.5 Сканирующие устройства и их системы управления должны быть спроектированы таким образом, чтобы предотвратить (при нормальной эксплуатации и при любых разумно прогнозируемых условиях неисправности) воздействия, превышающие допустимые в соответствующих зонах, указанных в таблице 1.

6.6 Лазерный проектор или его опорная конструкция, предназначенная для физического перемещения (например, лазер с движущейся головкой или подвижная ферма), должна использовать надежное средство ограничения перемещения зонами, которое приведет к превышению соответствующих СИЗ. Если такой системы нет, любая оценка воздействия должна использовать кратчайшее расстояние разделения до источника, чтобы ограничить воздействие, даже если это не предполагаемое расстояние разделения лазерного дисплея.

Примечание 1 – Использование однонаправленных управляющих сигналов или протоколов связи для установки параметров положения не считается надежным средством настройки направления выхода лазерного проектора для применения, имеющего решающее значение для безопасности.

Примечание 2 – Ограничение перемещения лазерного проектора может быть достигнуто с помощью регулируемых механических упоров для ограничения перемещения. Электронная система регистрации и контроля местоположения может быть использована, если она обеспечивает достаточную надежность. В некоторых ситуациях потребуются более официальные оценки, такие как описанные в серии IEC 61508 [2].

6.7 Связь управляющего сигнала между положением управления и лазерным проектором должна быть надежной и обеспечивать высокую устойчивость к помехам, которую можно разумно ожидать в среде, в которой происходит лазерный дисплей. Разрыв или ошибка в линии управления должны автоматически заканчивать выход лазерного проектора.

6.8 Каждая лазерная установка должна быть оснащена одним или несколькими четко идентифицируемыми и легко управляемыми средствами аварийного останова, которые немедленно прекращают лазерные лучи, когда это необходимо. Управление аварийной остановкой должно иметь отказоустойчивую конструкцию.

Примечание – Использование клавиатуры, такой как «esc», которая обычно является назначенной командой для состояния обесточивания в системе с управляемыми компьютером лазерными эффектами, или использование канала «black out» в системе управления освещением DMX, не считается надежным управлением аварийной остановкой.

6.9 Управляющие сигнальные, силовые и аварийные отсечные кабели должны находиться в исправном физическом состоянии и использовать разъемы, имеющие блокирующее действие.

6.10 Если лазерный дисплей или дисплей находится под постоянным контролем оператора, который может немедленно прекратить лазерные лучи в случае проблемы, минимальное расстояние разделения 3 м в высоту и 2,5 м в боковом направлении должно поддерживаться между балками, которые превышают зрительский ПДВ, и любой поверхностью, на которой можно разумно ожидать, что зрители будут стоять. Это условие показано на рисунках 2 и 3.

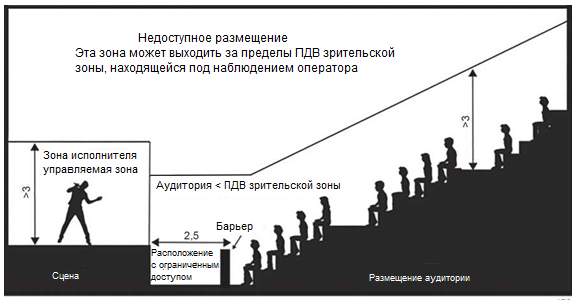
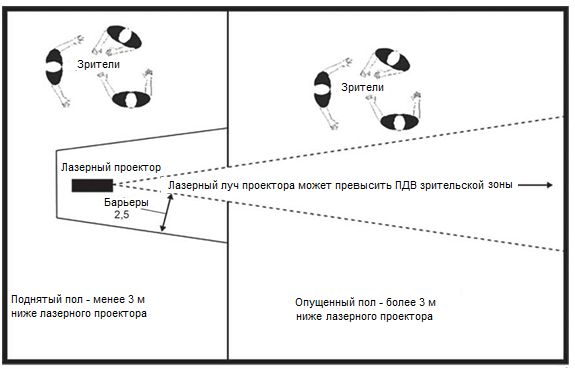
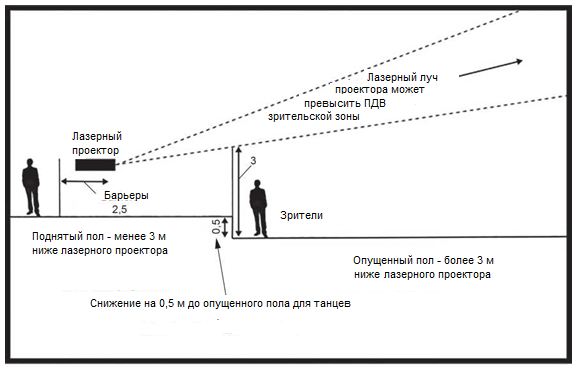
Примечание – Если размеры помещения недостаточны для обеспечения этих минимальных расстояний разделения, важно провести детальную оценку риска воздействия.

Рисунок 2 – Сценарий зрительного зала с отделением аудитории/зрителей, управляемым оператором



а) Зона просмотра



b) Боковой подъем

Рисунок 3 –- Сценарий отделения аудитории/зрителей в ночном клубе, управляемого оператором

6.11 Если проекционная зона заканчивается на балконе или возле окна, где зрители могут видеть лазерный эффект, и уровень экспозиции в точке окончания, вероятно, будет превышать ПДВ зрителя, лучи должны заканчиваться не выше уровня пола балкона, если он имеет непрозрачный сплошной барьер. Это условие показано на рисунке 4.

Примечание 1 – Когда лазерный эффект направлен на завершение в такой непосредственной близости от зрителей, важно, чтобы оценка риска учитывала уровень экспозиции в точке окончания и вероятность любого небольшого перемещения лазерного проектора, а также последствия, которые он может иметь при непреднамеренном перемещении проекционной области от намеченной области окончания. Лазерные проекторы, не прикрепленные к твёрдым конструкциям, более подвержены перемещению, через качание, и дополнительно могут подвергаться влиянию механического перемещения других осветительных приборов, совместно использующих ту же самую осветительную ферму.

Примечание 2 – Эффективность маски, используемой для предотвращения любого ошибочного воздействия лазера, которое может привести к отказу сканирующей системы или содержимого дисплея, должна быть проверена и рассмотрена.

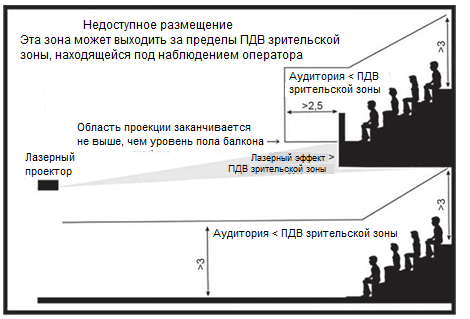


Рисунок 4 – Отделение аудитории/зрителей возле балкона, управляемое оператором

6.12 Если лазерный показ или шоу не находится под постоянным управлением оператора, который может немедленно прекратить лазерные лучи в случае проблемы, минимальное расстояние разделения 3 м в высоту и 2,5 м в боковом направлении должно поддерживаться между балками, которые превышают зрительский ПДВ, превышенный более чем в 5 раз в пространстве между 3 м и 6 м над любой поверхностью, на которой можно разумно ожидать, что зрители будут стоять. Это условие показано на рисунке 5.

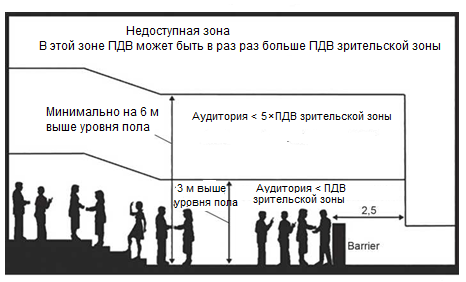


Рисунок 5 – Отделение аудитории/зрителей от неуправляемых лучей

×

**7 Обязанности проектировщиков, монтажников, операторов и исполнителей**

**7.1 Обучение**

7.1.1 Проектировщики, монтажники, модификаторы и операторы должны были пройти достаточную подготовку по лазерной безопасности, чтобы быть в состоянии точно гарантировать, что ПДВ не превышен в зонах, занятых зрителями, и что необходимые разделения между зрителями и проекциями, которые превышают ПДВ, сохраняются. Проектировщики также должны быть обучены знанию требований IEC 60825-1 и IEC TR 60825-14 относительно безопасности мест, в которых уровни воздействия лазерного луча превышают ПДВ, и давать указания монтажникам относительно размещения или размещения необходимых предупреждающих знаков.

7.1.2 Монтажники, исполнители и вспомогательный персонал должны быть проинструктированы в соответствующих процедурах во избежание опасного воздействия в зонах, где уровни воздействия лазерного луча превышают ПИЗ, и при надлежащем использовании оборудования безопасности.

Примечание – Важно, чтобы уровень подготовки был достаточным для того, чтобы позволить ему выполнять свои задачи в связи с установкой лазерного дисплея или вблизи нее, распознавая возможные опасные действия или условия и принимая необходимые меры.

**7.2 Планирование проектировщиками, установщиками и операторами**

7.2.1 Лазерные дисплеи и шоу всегда должны быть заранее спланированы и не импровизированы в день мероприятия. Цель планирования состоит в том, чтобы дать возможность провести оценку безопасности любого предлагаемого дисплея в течение достаточного времени для принятия необходимых мер безопасности. Дизайн лазерных дисплеев и показов должен быть выполнен как можно раньше.

7.2.2 Должны быть подготовлены плановые и высотные чертежи или эскизы с указанием мест расположения проекторов, лазерных лучей, зеркал и целей, аудитории, исполнителей и соответствующих архитектурных особенностей. Чертежи должны быть проверены на соответствие требуемым расстояниям разделения, а также на предмет того, что экспозиция зрителей не будет превышать применимых СИЗ. Следует подготовить планы действий в чрезвычайных ситуациях для обеспечения того, чтобы оборудование или проекции не создавали препятствий или помех для путей аварийного выхода во время возможных чрезвычайных ситуаций, например пожара. В планах также должны быть рассмотрены экологические последствия дождя, ветра и т.д. для целей, зеркал и т.д.

7.2.3 При планировании расположения лазерных проекторов следует учитывать минимизацию вероятности случайного воздействия на исполнителей и вспомогательный персонал во время выполнения работ. Например, предпочтительно размещать лазерный проектор над высотой головы на сцене, устраняя необходимость в административном контроле более высокого риска, инструктируя людей держаться подальше от области, если лазер установлен на высоте грудной клетки или ступени, и необходимость принудительно контролировать и контролировать область, управляемую лазером.

7.2.4 Организационные механизмы должны рассматриваться и документироваться для подтверждения подробной информации о персонале, цепочках подотчетности и контактной информации. В любое время, когда лазерные лучи излучаются, должно быть определено ответственное лицо, контролирующее лазерные эффекты, которое способно распознавать и предотвращать возникновение опасных ситуаций и прекращать лазерные эффекты по мере необходимости.

7.2.5 Планирование реализации и управления каждым этапом проекта должно осуществляться на ранней стадии. Следует учитывать риски, которые могут присутствовать на каждом этапе, с учетом того, что характер рисков, вероятно, будет различаться в течение жизненного цикла проекта. Должна быть проведена оценка риска, которая учитывает, на кого может повлиять установка и использование лазерного эффекта, вместе с любыми специфичными для объекта факторами. Основные выводы и принятые меры контроля (меры предосторожности) должны быть задокументированы. При планировании фаз внедрения дисплея планирование обычно включает установку, выравнивание, программирование и испытание лазерных эффектов, производительность и демонтаж. По завершении проекта в рамках процесса управления безопасностью полезно регистрировать ключевые действия, которые сработали хорошо, и выявлять любые вопросы, которые могут выиграть от улучшения, чтобы их можно было рассмотреть для будущих проектов.

7.2.6 Для любых эффектов лазера, которые не предназначены для доступа, при планировании следует рассмотреть вопрос о том, как предотвратить любое ошибочное воздействие и сохранить отделение от эффекта лазера.

7.2.7 Любые лазерные эффекты, которые не предназначены для того, чтобы вызвать воздействие, но потенциально доступны, должны быть четко определены, и планирование должно включать в себя способы предотвращения случайного воздействия.

7.2.8 Воздействие, вызванное лазерными эффектами, предназначенными для создания либо освещения аудитории, либо воздействия исполнителей, должно оцениваться и контролироваться для обеспечения того, чтобы не превышалось применимое максимально допустимое воздействие (ПДВ). Планирование должно включать предоставление и время для тестирования уровней воздействия и учитывать эффективность любого технического контроля, предназначенного для ограничения воздействия.

7.2.9 Аварийные процедуры должны быть четко продуманы, задокументированы и доведены до сведения соответствующих лиц, определенных на этапе планирования проекта. Это должно включать четкие инструкции о том, что представляет собой чрезвычайная ситуация и какие меры следует принять после инцидента. В случае любой аварийной ситуации воздействие лазера должно быть прекращено. В случае предполагаемого повреждения глаза в результате воздействия лазерных лучей, если повреждение не является очевидным, и в этом случае пострадавший должен быть доставлен в ближайшую больницу аварии и неотложной помощи, обычно проводят тест на чтение и тест на остроту зрения сетки Амслера, чтобы проверить функцию макулы. Если есть опасения, что возможно повреждение, в течение 24 часов после воздействия пострадавший должен быть доставлен в глазную больницу с полными подробностями типа лазера, используемого во время воздействия.

7.2.10 Планирование должно включать назначение одного или нескольких лиц сотрудником по лазерной безопасности (LSO). LSO должен обладать достаточными навыками для распознавания и управления рисками, связанными с лазерным дисплеем. Роль LSO дополняет роль ответственного лица, отвечающего за установку или эксплуатацию лазерных эффектов. Возможно, что некоторые установки потребуют дополнительных навыков советника по лазерной защите (LPA).

7.2.11 Следует предусмотреть, чтобы во время работы лазера имелось достаточное количество людей для контроля безопасной работы лазера. Следует проявлять особую осторожность в отношении лазерных установок с большим количеством устройств или сложных конфигураций проекций, чтобы обеспечить достаточное количество операторов лазерного эффекта и лазерных пятен, присутствующих на этапах установки и эксплуатации. В ситуациях, когда люди обязаны выступать в качестве наблюдателей (spotters) для обеспечения безопасной работы эффекта (например, при использовании лазеров на открытом воздухе и проецировании в судоходное воздушное пространство), должны быть использованы достаточные назначенные прожекторы для того, чтобы иметь четкое представление о области отображения, с единственной задачей контроля операции лазерного эффекта и предотвращения любых опасных явлений.

7.2.12 Может потребоваться уведомление национальных или местных органов здравоохранения и безопасности о лазерном дисплее или показе, и, если это необходимо, оно должно быть сделано как можно раньше на этапе планирования. Некоторые органы могут также иметь лицензионные требования или требовать уведомления не позднее, чем за определенное количество дней до показа. Уведомление может потребоваться для включения такой информации, как местоположение, даты, время установки, имена и телефонные номера ответственных лиц как для показа, так и для места проведения, количество и эксплуатационные характеристики используемых лазеров, а также типы и последовательность визуальных эффектов, которые должны использоваться.

При необходимости следует также направлять уведомления

- авиационные органы для проекций в судоходное воздушное пространство,

- морские органы для проекций в судоходные водные пути или гавани и

- другие соответствующие органы для проекций над реками, озерами, береговыми или прибрежными районами.

Уведомление местных органов управления авиацией о планируемых проекциях в судоходное воздушное пространство может также потребовать включения географических координат местоположения и азимутов и высот планируемых проекций. Конкретные международные рекомендации публикуются Международной организацией гражданской авиации [3].

**7.3 Настройка и центровка**

7.3.1 Для настройки и центровки должно быть предусмотрено достаточное время. Количество времени, необходимое, помимо прочего, должно учитывать количество используемых лазерных проекторов, их размещение и сложность создаваемых ими эффектов. Требуемое время должно учитываться на этапе сборки установки; в частности, задачи выравнивания и проверка любых уровней воздействия.

7.3.2 Зона должна быть очищена от ненужного персонала. Поставщик лазера должен связаться с администрацией места проведения перед установкой и установить процесс связи, который будет принят до включения лазерных проекторов. Поставщик лазера обычно информирует место непосредственно перед излучением лазерных лучей.

7.3.3 Места, в которых уровни воздействия лазерных лучей могут превышать МПЭ, должны быть размещены с соответствующими предупреждающими знаками и барьерами, установленными для ограничения проникновения, перед испусканием каких-либо лазерных лучей.

7.3.4 Центровки должны производиться при минимально возможных уровнях выбросов. Вместе с тем следует признать, что уровень окружающего света будет оказывать решающее влияние на самые низкие возможные уровни выбросов для работы по выравниванию, если эта работа проводится на глазок. По завершении центровки также должна быть проведена проверка на полную рабочую мощность для идентификации любых ложных лучей, чтобы можно было предпринять корректирующие действия.

7.3.5 Во время центровки всегда должен поддерживаться доступ к системе управления и ее управлению аварийной остановкой, так что выход лазера может быть быстро выключен, если произойдет что-то неожиданное. Часто для того, чтобы это было так, требуется два человека: один делает регулировки на лазерном проекторе, а другой - на системе управления.

7.3.6 Во время установки и центровки, когда лазерные лучи могут проецироваться в иных направлениях, чем их конечные намеченные направления, должны быть установлены временные и постоянные зоны лазерного контроля и размещены предупреждающие уведомления в соответствии с IEC TR 60825-14.

7.3.7 Необходимо проверить органы управления, включая правильное размещение и эффективность средств управления маскированием проема и аварийной остановкой. Следует также проверить наличие соответствующих предупреждающих знаков и барьеров. Необходимо проверить надежность установки и фиксации всех компонентов. При использовании средств защиты от сбоя сканирования необходимо проверить правильность работы таких систем.

7.3.8 Необходимо документировать и вести протокол проверок.

7.3.9 Оборудование должно быть защищено и защищено от рассогласования или неправильной регулировки между завершением центровки и выполнением работ. Может потребоваться установка оборудования в защищенную проекционную будку или использование сотрудников службы безопасности.

7.3.10 Для лазерных установок, в которых в течение определенного периода времени имеет место несколько рабочих характеристик, следует проводить регулярные проверки между рабочими характеристиками для обеспечения того, чтобы совмещение проекционных зон оставалось неизменным, а средства обеспечения безопасности действовали и функционировали. Учет этих проверок должен вестись и проверяться.

7.3.11 Должна быть налажена координация с персоналом охраны и безопасности и разработано соглашение о мерах, которые должны быть приняты для уведомления оператора в случае возникновения чрезвычайной ситуации. Зрители не должны считаться сотрудничающими с процедурами лазерной безопасности или осведомленными о надлежащих процедурах для защиты себя от воздействия или для предотвращения воздействия опасности на других. Зрителям не следует разрешать приносить на место показа такие предметы, как отражающие воздушные шары, флаги или телефоны на «селфи-палках», если необходимо использовать проекции верхнего луча.

7.3.12 Если установка для лазерного показа делает любую часть места проведения мероприятия доступной для лазерных эффектов сверх соответствующих СИЗ для людей, которые, как ожидается, будут присутствовать в этой зоне, установщик должен сообщить, где находятся эти области и каков риск воздействия, обеспечение того, чтобы соответствующее руководство было осведомлено о возможности применения достаточных средств контроля для предотвращения воздействия на персонал лазерных лучей сверх СИЗ. Следует вести учет выявленных рисков, согласованных механизмов контроля и между ними.

7.3.13 Оператор должен иметь в своем распоряжении копии любых официальных разрешений, записей о согласовании и эксплуатационных или предшаговых проверках, а также инструкций по эксплуатации на месте проведения выставки.

**7.4 Эксплуатация**

7.4.1 Если показ или шоу оцениваются местной юрисдикцией или органом управления авиацией, оператор должен решить любые проблемы до начала лазерного показа или шоу. Органы управления авиацией часто могут требовать от операторов наружных лазерных показов или показов использования наблюдателей, способных непосредственно прекратить излучение с помощью механизма переопределения, или предупреждать оператора проектора о приближении самолета. Люди, обозначенные как наблюдатели (споттеры), должны иметь возможность выполнять эту задачу без других отвлекающих факторов, когда лазерный эффект используется.

7.4.2 Перед началом работы на высокой мощности оператор должен, если это вообще возможно, провести окончательную проверку выравнивания на низкой мощности, чтобы убедиться, что компоненты не перемещались после завершения установки. Необходимо вести проверяемую запись этой проверки.

7.4.3 Оператор должен убедиться в наличии визуального контроля всех проекций во время лазерного показа или проведения шоу. Допускается использование наблюдателей, которые находятся в непосредственной связи с оператором, если оператор не может поддерживать личный визуальный контроль.

7.4.4 Оператор должен быть готов немедленно прекратить любые проекции, создающие опасность в результате любой чрезвычайной ситуации, такой как неуправляемое поведение зрителей. Чрезвычайной ситуацией считается любая ситуация, которая может привести к возможному воздействию на зрителей, исполнителей, операторов или других лиц уровней воздействия лазерного луча, превышающих пределы, указанные в 5.2, 5.3 или 5.4.

7.4.5 В случае аварийного отключения лазер не следует использовать повторно до тех пор, пока не будет выяснено, что пошло не так, и органы управления не будут пересмотрены и обновлены для уменьшения вероятности повторения. Если подозревается случай чрезмерного воздействия, следует осуществить соответствующий план на случай непредвиденных обстоятельств, в котором следует обратиться за медицинской помощью. Сначала можно проверить зрение с помощью теста сетки Амслера.

7.4.6 Оператор и место проведения мероприятия должны регистрировать ход его проведения, отмечая успешную работу, а также наличие каких-либо трудностей или инцидентов во время проведения мероприятия. Полезно создать запись во время мероприятия, которая дополнительно может быть использована для обзора и улучшения управления безопасностью будущих проектов лазерного показа.

**7.5 Отображение записи безопасности (DSR)**

Сотрудник по безопасности лазера (LSO) должен вести на площадке показа запись безопасности показа (DSR), содержащую полную и подробную информацию о том, как управляется безопасность лазера. DSR для каждого лазерного показа или демонстрации должен быть обновлен на всех этапах реализации (т.е. первоначальное проектирование, планирование, монтаж, центровка, эксплуатация, техническое обслуживание, обслуживание, модификация и демонтаж).

Национальные требования могут быть более конкретными, но DSR должен включать в себя:

а) подробная информация о лазерном показе или шоу, включая оборудование, местоположение, схему места проведения, тип лазерных эффектов и траектории луча по отношению к зрителям, вспомогательному персоналу и исполнителям;

b) характеристики лазерных лучей, включая максимальную мощность луча, длину волны, дивергенцию, максимальную и минимальную скорости сканирования, а также условия и время срабатывания защиты от отказа сканирования;

c) вся соответствующая информация по безопасности, относящаяся ко всем этапам реализации лазерного показа или шоу;

d) выводы из оценок риска для всех этапов внедрения лазерного показа или шоу;

e) действующие меры контроля и их обоснование;

f) имена и контактные данные конструкторов, монтажников, модификаторов, операторов, ЛСО и владельцев оборудования лазерного показа;

g) планы на случай непредвиденных обстоятельств;

h) любые разрешения и ограничения на эксплуатацию и показ, выданные регулирующими органами (как местными, так и национальными);

i) соответствующие детали из руководств по лазерному оборудованию, соответствующих IEC 608251:2014 (подразделы 6.1.и 6.2);

j) для лазерных показов, предназначенных для освещения публики, запись выбранного MPE зрителя, измерения уровня экспозиции, детали измерительного прибора и конфигурации;

k) для эффектов лазерного показа, зависящих от защиты от сбоя сканирования для достижения экспозиции в рамках MPE, критериев производительности и проведенных эксплуатационных испытаний.

**7.6 Планирование на случай непредвиденных обстоятельств**

7.6.1 Общие сведения

При использовании лазеров класса 3B или класса 4 или при наличии потенциала случайного воздействия лазерного излучения, превышающего МПЭ, следует подготовить планы на случай непредвиденных обстоятельств. В планах на случай непредвиденных обстоятельств следует рассмотреть три сценария:

а) фактическое повреждение глаза;

b) фактическое повреждение кожи (только для лазеров класса 4); и

с) воздействие сверх МПЭ, которое могло вызвать повреждение глаза.

В случае фактического или предполагаемого опасного воздействия лазерного излучения или другой лазерной опасности (авария) или возможного отказа защитной меры, которая могла бы привести к аварии (инциденту), воздействие лазерного излучения должно быть немедленно прекращено.

7.6.2 Решение проблемы фактического повреждения глаза

Должен быть разработан план управления человеком, получившим травму глаза после воздействия лазерного излучения. Необходимо учитывать следующие факторы.

а) следует незамедлительно принять меры по оказанию первой помощи, которые могут включать обращение за медицинской помощью. Если не указано иное, пострадавшему следует принять сидячее положение;

b) обычно, целесообразно вызвать неотложную медицинскую помощь, и следует принять незамедлительные меры, чтобы доставить пострадавшего в соответствующее медицинское учреждение - обычно при несчастном случае и больница неотложной помощи из-за риска шока;

c) при направлении в больницу следует сообщить основную информацию о лазерном луче. Такая информация должна содержать информацию о той части глаза, которая наиболее вероятно подверглась риску из-за длин волн лазерных лучей, используемых во время показа;

d) сведения должны быть подготовлены для применения в письменном виде, легко доступны и отрепетированы персоналом в соответствующее время. Может быть целесообразным разработать пакет информации, которую можно легко оформить и забрать вместе с травмированным человеком.

7.6.3 Решение проблемы фактического повреждения кожи

Помимо хронического воздействия ультрафиолетового излучения, которое может привести к развитию поражений с течением времени, наиболее вероятным повреждением кожи от лазерного луча будет термический ожог. Такой ожог следует рассматривать, как ожог, вызванный пламенем или воздействием горячей поверхности или вещества. Следует обратиться за медицинской консультацией по вопросу о том, требуется ли посещение больницы с учетом глубины и площади ожога.

7.6.4 Решение проблемы с подозрением на повреждение глаза

Если нет очевидной травмы глаза или оценка риска показала, что воздействие на глаза лазерного излучения сверх МПЭ было маловероятным, то любой подозрительный инцидент вряд ли будет экстренным. Если лазерный луч имел потенциальную опасность для сетчатки (от 400 нм до 1 400 нм), то может быть целесообразным провести быструю проверку зрительной функции, либо используя сетку Амслера, либо попросив человека прочитать небольшой текст.

**7.7 Отчетность об инцидентах и расследование несчастных случаев**

О любом происшествии должно быть сообщено руководству организации, предоставляющей лазерные эффекты, и объекту, где произошло происшествие.

В некоторых странах законодательство требует сообщать о несчастных случаях на производстве и несчастных случаях соответствующему регулирующему органу.

Во всех случаях, когда существует подозрение на опасное воздействие, должно быть проведено полное расследование для выяснения обстоятельств, связанных с этим событием, и вероятной величины воздействия, и выводы этого расследования должны быть задокументированы. В случае инцидента следует определить причину возможного отказа, а также внести любые необходимые изменения в систему защитных органов управления перед повторным использованием лазера.

**8 Управление рисками лазерного показа**

**8.1 Риск воздействия лазерного эффекта**

Внутреннее разнообразие типов лазерного эффекта, используемых в лазерных показах, и диапазон местоположений, в которых может быть выполнен показ, приводят к широкому диапазону факторов риска, которые могут влиять на общий риск воздействия при выполнении конкретного лазерного показа. Оценка рисков должна использоваться для выявления конкретных опасностей и принятия решений о надлежащих мерах контроля для снижения риска. Сложность установки лазерного показа будет иметь некоторое влияние на риск, с показами, которые включают большое количество лазерных проекторов или которые полагаются на движущиеся наборы, что приводит к большему количеству факторов для управления, чем показать приложения с одним устройством в стабильном месте с лучами, недоступными.

В общих чертах потенциал воздействия и, следовательно, риск любого лазерного эффекта во время работы можно рассматривать как подпадающий под одну из трех широких категорий, как суммировано в таблице 2. Оценивая любой лазерный эффект или проявляя его под этими категориями, можно быстро оценить сложность использования конкретного лазерного эффекта и указать, где следует сосредоточить большинство усилий для предотвращения воздействия.

Таблица 2 – Категории эффекта лазерного воздействия

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Недоступный эффект | Потенциально доступный эффект | Преднамеренно доступный эффект |
| Нет доступных балок | Пучки, превышающие соответствующие доступные СИЗ, но не предназначенные для воздействия | Преднамеренное разоблачение исполнителей, зрителей или обоих |
| Расположение лазерного проектора, его стабильность и разделительные расстояния, а также средства их достижения гарантируют, что лазерные лучи обычно не доступны зрителям, исполнителям или вспомогательному персоналу. Инженерные средства управления должны включать барьеры, где это необходимо, и физическую маскировку, чтобы предотвратить неисправность, направляющую лазерные лучи за пределы предполагаемой проекционной области. | Расположение лазерного проектора делает траектории луча доступными для исполнителей или вспомогательного персонала. Обычно требуется создание зоны с лазерным управлением. Для предотвращения случайного воздействия требуются средства управления. Инженерные средства управления, такие как бесконтактные датчики для контроля выбросов, как правило, предпочтительнее процедурных средств управления, таких как инструкции и предупреждения для работников, которые могут быть проигнорированы или забыты. Дополнительная забота необходима для управления доступными лазерными эффектами во время установки. | Эффекты типа освещения аудитории. Может также использоваться для освещения исполнителя. Требует оценки по соответствующему MPE. Должна быть проведена проверка уровней воздействия, используемых для создания лазерного эффекта. Если воздействие зависит от защиты от сбоя сканирования для обеспечения соответствия MPE, установка требует оценки эффективности и надежности защиты от сбоя сканирования. Может потребоваться создание зоны с лазерным управлением. |

**8.2 Факторы риска и средства управления лазерным показом**

8.2.1 При реализации проекта лазерного показа существуют различные этапы: проектирование, установка и построение, выравнивание проекционной зоны, эксплуатация (репетиция и производительность). На каждом этапе, где излучаются лазерные лучи, результат оценки должен определять вероятность присутствия людей в доступных лучах или вблизи них, которые превышают соответствующие ПДВ. Если риск воздействия существует, то следует принять меры предосторожности, чтобы держать людей подальше от траекторий луча. Если невозможно использовать лазеры, когда область полностью свободна от людей, область должна быть обозначена как область, управляемая лазером. Следует ожидать, что области, которые должны быть обозначены управляемыми лазером областями, могут изменяться в течение всего жизненного цикла реализации лазерного дисплея. Аналогичным образом, области, занятые людьми, могут меняться от установки, времени репетиции и производительности, поэтому также следует учитывать.

8.2.2 Зоны, контролируемые лазером, должны быть обозначены, идентифицированы и введены в действие перед выравниванием луча или лазерного эффекта.

8.2.3 Центровка должна происходить, когда в непосредственной близости работает меньше всего людей. Примерами того, как это может быть достигнуто, являются планирование с персоналом управления местом проведения, который может предпринять шаги по временному сокращению числа людей, работающих в той или иной области, временное ограничение доступа, или планирование строительства с управлением производством, чтобы дать возможность провести выравнивание, когда производственная бригада берет перерыв, например.

8.2.4 Предупреждающие таблички о применении лазера следует размещать рядом с лазерными проекторами или доступными эффектами, на видном месте, где они будут видны персоналом. Табличка должна включать стандартный символ лазерной опасности (ISO 7010-W004: 2011-05) с предупреждением. Даже если лазерные эффекты обычно не будут доступны, полезно проинформировать о наличии лазерных устройств, в случае людей, работающих на высоте, или катастрофическом сбое, таком как перемещение проектора, где лучи могут стать доступными. Пример показан на рисунке 6а. Когда требуется зона с лазерным управлением, эта зона должна быть четко идентифицирована с помощью табличек (рисунок 6b), предупреждающих о том, что зона существует. Могут также потребоваться дополнительные обязательные или запрещающие знаки, например, для указания по ограничению доступа. Знаки безопасности должны соответствовать требованиям ISO 3864-1 [4] с точки зрения цветов, компоновки и размеров и ISO 7010 [5] с точки зрения символов. Во многих регионах существуют национальные требования, относящиеся к требованиям и использования табличек с маркировкой. Информационная табличка должна содержать имя и контактные данные ответственного лица. Указанные таблички не должны использоваться сами по себе в качестве подходящего средства контроля. Значение, важность и последствия знаков должны быть разъяснены персоналу, к которому относятся указания табличек. Указания могут быть доведены до сведения персонала при проведении вводного инструктажа.

. 

Рисунок 6 –Таблички с предупреждением о лазерной опасности

8.2.5 Операторы площадки могут уведомлять публику в зрительской зоне об использовании лазерных эффектов так же, как при использовании стробного освещения, пиротехники, эффектов дыма или тумана, либо посредством объявления, либо уведомления на входе.

8.2.6 Зоны с лазерным управлением полезны для выявления опасных зон, но существуют проблемы в производственной среде, где большинство персонала и членов коллектива будут иметь аккредитационные права, дающие им полный доступ к обычно ограниченным частям в месте проведения. Обеспечение того, чтобы люди относились с вниманием к контролируемой лазером области, помогает убедиться, что все работники знают о назначении контролируемой лазером области и о существующем риске при попадании в нее. Любой персонал, который должен выполнять работы в зоне, контролируемой лазером или рядом с ней, должен быть проинформирован о потенциальном риске воздействия лазера. Желательно вести письменный учет такого информирования.

8.2.7 Контрольные списки могут быть полезны как для установщика (монтажника), так и для оператора места установки для проверки и регистрации наличия и выполнения общих задач и мер безопасности. Тем не менее, существует риск того, что чрезмерная зависимость от контрольных перечней может привести к тому, что менее регулярно возникающие проблемы будут игнорироваться.

8.2.8 Операторам площадки целесообразно подготовить набор ожиданий поставщиков лазерных дисплеев до прибытия поставщика на площадку. Это может выделить проблемы установки, специфичные для сайта, что помогает поставщику лазера планировать и учитывать их. Поставщик может дополнительно узнать, что от них требуется, когда они проводят работу на месте, и какой протокол существует для информирования места перед включением лазера и излучением луча (лучей).

**9 Оценка воздействия**

**9.1 Рекомендация**

Оценка воздействия должна проводиться каждый раз, когда лазерные эффекты используются для освещения людей. Оценка необходима для того, чтобы любое воздействие соответствовало соответствующим МПЭ для трех различных групп людей, как описано в 5.2, 5.3 и 5.4. Во многих странах существуют юридические обязательства по обеспечению того, чтобы МПЭ не превышался.

**9.2 Руководство**

Ниже приводится не полное руководство по оценке воздействия лазерного излучения, а обзор процесса, отражающий общие проблемы и подходы к проведению успешной оценки воздействия. Те, кто оценивает и количественно определяет воздействие лазера, должны обладать хорошими знаниями об оптическом излучении и принципах лазерного измерения, а также понимать соответствующие положения, описанные в IEC TR 60825-13 [6] и IEC TR 60825-14 [7].

**9.3 Проблемы**

9.3.1 Лазерные эффекты получают главным образом за счет перемещения и модуляции луча или лучей источника. Перемещение и модуляцию проводят намеренно для того, чтобы создать разнообразный диапазон эффектов. Способ изменения луча посредством сканирования и модуляции может быть не сразу очевидным. Однако важно, чтобы на раннем этапе процесса оценки было достигнуто хорошее понимание этих характеристик. Если характер измеряемого луча неизвестен или неправильно понят, ошибки в процессе измерения, скорее всего, приводят к недооценке существующей опасности.

9.3.2 Лазерные эффекты часто модулируют или сканируют луч, что означает, что фактическое воздействие принимается в виде короткого импульса или последовательности импульсов энергии, когда луч проходит через глаз, или, в случае оценки, измерительный детектор. Такое воздействие определяют как эффективную длительность импульса (рисунок 7). Большинство коммерчески доступных стандартных лазерных измерителей мощности не подходят для непосредственного измерения сканирующих или модулирующих лазерных эффектов, поскольку они не способны воспринять то, что обычно может быть импульсом энергии, продолжительность которого составляет несколько десятков микросекунд. Поэтому важно, чтобы любой прибор, используемый для измерения, имел соответствующую ширину полосы пропускания для восприятия импульса, создаваемого сканирующим лазерным лучом.

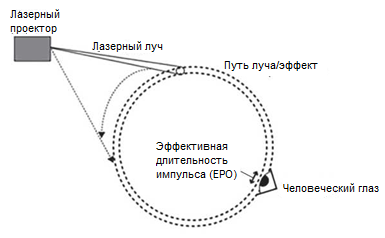


Рисунок 7 – Эффективная длительность импульса

9.3.3 Характер сканируемых лазерных эффектов приводит к тому, что детектор лазерных измерений принимает короткие импульсы оптической энергии (рисунок 7). В зависимости от типа детектора и электроники измерительной системы измерительный прибор может или не может воспринять пиковую мощность, создаваемую максимальной амплитудой импульсов энергии. Для любого эффекта сканирующего лазера пиковая мощность будет выше средней мощности, которая является функцией пиковой мощности во времени (рисунок 8). Большинство стандартных измерителей мощности лазеров способны измерять и регистрировать только среднюю мощность. Для оценки опасности воздействия сканируемых лазерных эффектов стандартные измерители мощности лазера не являются подходящим инструментом для проведения измерений прямого сканирования, поскольку для правильной оценки уровня воздействия необходимо знать «пиковую» мощность.

Примечание – Облучение может быть определено по показанию мощности, заданной площади детектора.

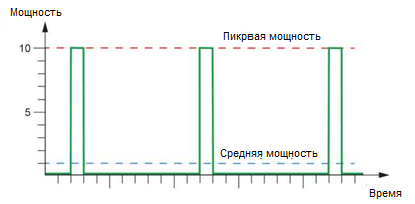


Рисунок 8 – Видимая последовательность импульсов на измерительном устройстве, подчеркивающая различия между результатами измерения средней мощности, измеренной стандартным измерителем мощности, и пиковой мощностью, измеренной специализированным измерителем

9.3.4 Некоторые лазерные проекторы, включая те, которые не создают сканированных эффектов, изменяют интенсивность луча, изменяя рабочий цикл выходного лазерного луча, а не уменьшая непрерывный ток возбуждения лазера. Изменение скважности, с использованием широтно-импульсной модуляции (ШИМ), создает видимость изменения яркости лазерного эффекта. Поскольку лазерный эффект выглядит менее ярким, происходит снижение средней освещенности, но сохраняется более высокий пик освещенности, который все еще может представлять опасность. Использование стандартного измерителя мощности лазера для измерения эффекта лазера, который таким образом уменьшил свою яркость, приводит к тем же трудностям (9.3.3), что и измерение эффектов сканирующего лазера.

9.3.5 Измерение воздействия луча, создаваемого лазерными эффектами, часто является сложной задачей даже при проведении в контролируемых лабораторных условиях. Проведение аналогичных измерений на местах может привести к появлению дополнительных источников ошибок и неопределенности, включая факторы, влияющие на условия окружающей среды, центровку детекторов и временные ограничения, которые не позволяют проводить большое количество повторных измерений для уменьшения неопределенности. Эти факторы следует учитывать при составлении бюджета неопределенности для измерения.

9.3.6 Любое лицо, присутствующее при проведении измерений, включая лицо или лиц, проводящих измерения, должно принять достаточные меры предосторожности для защиты себя и других лиц от прямого или отраженного воздействия от возможных вредных уровней воздействия лазерных лучей. Измерительная аппаратура сама по себе может создавать дополнительные отражения при попадании на нее лазерного луча.

9.3.7 Уровни воздействия, присутствующие в конкретном районе, первоначально неизвестны и могут превышать ПДВ. Кроме того, для того чтобы получить некоторые измерения, возможно, потребуется проецировать пучки, которые преднамеренно превышают ПДВ на доступные участки. Поэтому временные контролируемые лазером участки должны быть идентифицированы, созданы и управляемы.

**9.4 Процедуры оценки**

9.4.1 Оценка воздействия лазерного воздействия представляет собой сложную задачу, которую должны выполнять только лица, хорошо разбирающиеся в лазерной оценке ПДВ и опыт проведения лазерных измерений с соответствующими приборами.

9.4.2 МПО должны относиться к группе людей, для которой воздействие доступно, как описано в 5.2, 5.3 и 5.4. Преднамеренная экспозиция зрителей должна предполагать минимальную продолжительность экспозиции 10 с. Воздействие лазерного эффекта часто создает сложные последовательности импульсов, где следует учитывать средние и множественные МПЭ импульсов. Подробная оценка ОПМ выходит за рамки настоящего документа. Менее ограничительные значения ПДВ (те, которые допускают большее пиковое излучение или радиационное воздействие) следует использовать только с крайней осторожностью и учитывать последствия многократного и кумулятивного воздействия.

9.4.3 Если защита от сбоя сканирования используется для ограничения доступного воздействия соответствующих СИЗ, эффективность защиты от сбоя сканирования должна учитываться, как указано в разделе 9.6. Кроме того, время реакции защиты при сбое сканирования может быть недостаточно быстрым, чтобы гарантировать, что соответствующий MPE не будет превышен.

9.4.4 Стабильность выходной мощности лазерного источника (источников) в лазерном проекторе должна быть установлена и рассмотрена с целью определения вероятности превышения ПИЗ.

**9.5 Процедуры измерений**

9.5.1 В идеале следует использовать детектор с ограничительной апертурой диаметром 7 мм, чтобы обеспечить правильное усреднение измеренного луча по площади сбора.

9.5.2 Детектор должен использоваться для определения местонахождения любых локализованных областей с более высоким уровнем излучения, которые могут присутствовать в пучке. В частности, лазерные эффекты, которые были созданы с дифракционным оптическим элементом или имели луч, модифицированный расходящейся линзой, более восприимчивы к проявлению переменных характеристик излучения.

9.5.3 Обычно для измерения используется кремниевый фотодиодный детектор, поскольку он имеет более быстрое время отклика, чем термопильный детектор. Нелинейный отклик на длину волны, присущую фотодиодным детекторам, следует рассматривать, имея соответствующие калибровочные коэффициенты для отдельных длин волн или используя корректирующий фильтр.

9.5.4 Временные характеристики, создаваемые лазерным эффектом, поражающим детектор, должны быть известны для обеспечения того, чтобы измерительный прибор имел достаточную ширину полосы пропускания для разрешения эффективной длительности импульса (9.3.2). Это может быть достигнуто путем установки выходного сигнала лазерного проектора в известное состояние, например, путем проецирования тестовой последовательности с известными характеристиками. Однако рекомендуется получить визуальную индикацию характеристик эффективной длительности импульса, чтобы подтвердить достоверность сообщенного пикового излучения. Такой гарантии может обеспечить фотодиод и осциллограф.

9.5.5 Характеристики угла срабатывания детектора по отношению к падающему лучу должны быть известны и приняты во внимание как источник погрешности измерения. Неопределенность в измерении может быть уменьшена за счет обеспечения того, что ограничивающая апертура детектора всегда касательна к лучу во время измерения.

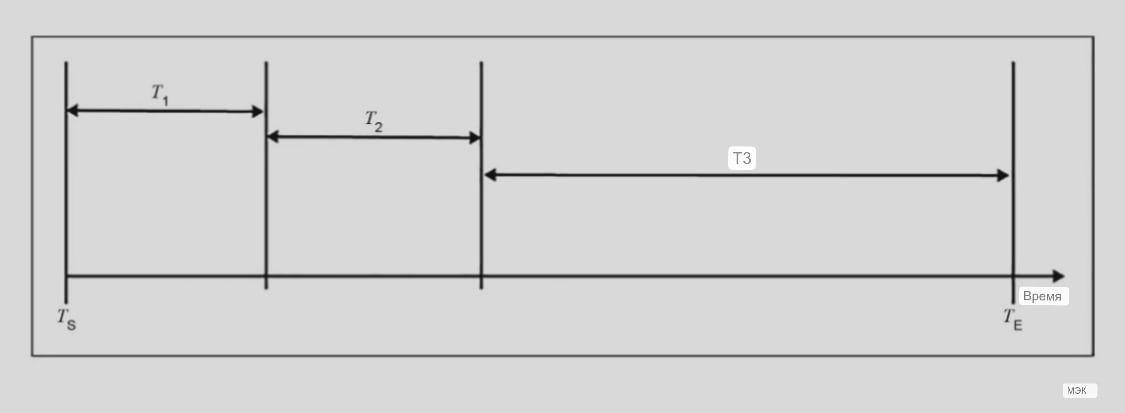
9.5.6 Следует учитывать повторяемость измерений, в которых должны регистрироваться такие факторы, как позиционирование детектора, настройки захвата и центровка, а также параметры характеристик лазерного эффекта. На повторяемость могут влиять условия окружающей среды, потенциально влияющие как на характеристики оптического выхода лазерного проектора, так и на характеристики измерительного прибора. Другие источники света и оптического излучения, присутствующие при проведении оценки, могут мешать измерительным показаниям. При установлении значения неопределенности для измерения следует выявлять и учитывать все источники погрешности измерений.

9.5.7 Для туристических установок часто существуют временные ограничения, которые, в свою очередь, могут увеличить давление на проведение оценки быстро и по-прежнему получать эффективные и надежные данные. Нельзя допускать, чтобы временные ограничения снижали качество и эффективность оценки.

9.5.8 Измерительный прибор следует регулярно калибровать по отслеживаемым стандартам.

**9.6 Защита от ошибок сканирования**

9.6.1 Защита от сбоя сканирования представляет собой инженерный контроль, который отслеживает компоненты отклонения или перемещения лазерного проектора, используемого для создания лазерного эффекта. Он может дополнительно контролировать выходную мощность луча или лучей. Важно понимать время реакции защиты при сбое сканирования, которое является моментом, начиная с момента возникновения неисправности и заканчивая исправлением, как показано на рисунке 9.



*TS* – время начала отказа. *TE* – время прекращения воздействия.

*TE TS* = *T*1 + *T*2 + *T*3,

где T1– время реакции на неисправность;

*T*2 – время запуска средства защиты (контрольной меры); и

*T*3 - время до момента эффективного режима средства защиты (контрольной меры) после его запуска.

Рисунок 9 – Время, в течение которого защита от сбоя сканирования будет эффективной после запуска

9.6.2 Существует распространенное заблуждение о том, что наличие защиты от сбоя сканирования позволяет безопасно использовать лазерные лучи высокой мощности с высоким потенциалом пикового излучения для эффектов освещения зрителей. Но при рассмотрении эффективных длительностей импульсов во временной области, типичных для лазерных эффектов освещения аудитории, допустимое увеличение пиковой освещенности не следует за изменениями порядков величины для результирующего уменьшения длительности экспозиции. Для демонстрации этого, в таблице 3 рассматривают диапазон длительностей воздействия и применяют малые значения одноимпульсного MPE источника, описанные в IEC 60825-1, выраженные в виде лучевой экспозиции, которые преобразуются в эквивалентную пиковую величину облучения путем деления лучевой экспозиции на длительность импульса. Впоследствии отмечается эквивалентная мощность лазера через апертуру диаметром 7 мм, что полезно для концептуального определения того, как можно использовать большую мощность лазера для сканирования с более высокой скоростью, и, что важно, увеличение разрешенной мощности, которое обеспечивает защита от отказа сканирования в течение своего времени отклика.

Таблица 3 – Окулярная MPE и эквивалентная мощность через апертуру диаметром 7 мм

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Продолжительность экспозиции или время отклика защиты при сбое | МРЕ как освещенность  Вт∙м2 | МРЕ как освещенность  мВт∙см2 | Эквивалентная мощность через круглую апертуру диаметром 7 мм, мВт | Примечание |
| 10 с | 10,1 | 1,0 | 0,4 | – |
| 5 с | 12,0 | 1,2 | 0,5 |
| 0,25 с | 25,4 | 2,5 | 1,0 |
| 100 мс | 32,0 | 3,2 | 1,2 | Практичное типичное время отклика защиты от сбоя сканирования |
| 50 мс | 38,1 | 3,8 | 1,5 |
| 25 мс | 45,3 | 4,5 | 1,7 |
| 10 мс | 56,9 | 5,6 | 2,2 |
| 5 мс | 67,7 | 6,7 | 2,6 |
| 1 мс | 101 | 10,1 | 1,9 |
| 500 мкс | 120 | 12,0 | 4,6 | – |
| 100 мкс | 180 | 18,0 | 6,9 |
| 10 мкс | 320 | 32,0 | 12,3 |

Примечание – Таблица 3 предполагает, что воздействие ограничено одноимпульсным MPE для небольшого источника видимого луча.

9.6.3 Оценка должна учитывать объем ошибок сканирования, которые может обнаружить защитная защита при сбое сканирования, и обеспечивать, чтобы любые параметры, предлагаемые системой, были установлены для обеспечения защиты, соответствующей применению, для которого используется лазерный проектор. При обнаружении стационарного луча основные средства защиты от ошибок сканирования прекращают действие. Для уровней облучения с пиковой мощностью излучения более 10 Вт∙м2 такие элементарные меры защиты от провала сканирования недостаточны для защиты от потенциальной дозы облучения, создаваемой сложными схемами сканирования, используемыми для многих лазерных эффектов. Таких систем также недостаточно для рассмотрения последствий кумулятивного воздействия. Более комплексные системы защиты от сбоев сканирования должны учитывать и ограничивать воздействие среднего и многократного импульсного воздействия. В случае воздействия на небольшой источник видимого излучения (как это используется в большинстве применений, показывающих свет), если необходимо оправдать использование пикового уровня излучения значением более, чем 10 Вт∙м2, следует провести детальную оценку излучения сканирования по применимым МПЭ и эффективности защиты от отказа сканирования.

9.6.4 Следует учитывать режимы отказа фактической защиты от сбоя сканирования, если для эффективных систем резервирование обычно встроено в конструкцию.

9.6.5 Функции защиты от сбоя сканирования следует оценивать и испытывать в полевых условиях для каждой новой установки, чтобы убедиться, что параметры установлены правильно. Для стационарных установок, использующих защиту от сбоя сканирования следует проводить проверку ее функционирования через регулярные промежутки времени через регулярные промежутки времени Следует вести записи о проведенных проверках.

**10 Специальные требования**

**10.1 Голографические показы**

Особое внимание следует уделить лазерным показам или шоу, которые представляют собой реконструкции голографических изображений. Лазерные лучи, используемые для реконструкции, не должны подвергать зрителей или других лиц воздействию уровней, превышающих пределы, указанные в 5.2, 5.3 или 5.4.

**10.2 Лазерные лучи ультрафиолетового и синего света**

Для возбуждения флуоресценции с экранов или специально подготовленных мишеней иногда используют ультрафиолетовые (длины волн ниже 400 нм) и сине-световые (приблизительно до 500 нм) лучи. В таких ситуациях необходимо проявлять особую осторожность, поскольку невидимый свет не предупреждает о своем присутствии. Ультрафиолетовые лазерные лучи не должны направляться на зрителей для возбуждения флуоресценции в одежде и косметике. Поскольку риск, возникающий в результате прямого или косвенного воздействия ультрафиолетовых лазерных лучей, связан с совокупным временем воздействия во время лазерного дисплея или показа, фотохимический MPE не должен превышаться в течение обозримой совокупной продолжительности воздействия.

Ультрафиолетовые лучи (с длиной волны менее 400 нм) и лучи синего света (примерно до 500 нм) иногда используют для возбуждения флуоресценции экранов или специально подготовленных мишеней. В таких случаях необходимо соблюдать особую осторожность, поскольку невидимый свет не дает никаких видимых предупреждающих эффектов о своем наличии. Ультрафиолетовые лазерные лучи не должны быть направлены на зрителей для возбуждения флуоресценции одежды и косметики. Поскольку риск, возникающий в результате прямого или косвенного воздействия ультрафиолетовых лазерных лучей, связан с кумулятивным временем воздействия во время лазерного показа или шоу, фотохимический ПДК не должен превышаться в течение прогнозируемого кумулятивного времени воздействия.

**Приложение ДА**

**(справочное)**

**Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам**

Таблица ДА.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Обозначение ссылочного международного стандарта | Степень  соответствия | Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта |
|  |  |  |
| IEC 60825-3 | IDT | ГОСТ IEC 60825-1–2023 «Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 1. Классификация и требования» |
| . Примечание – В настоящей таблице использовано следующие условное обозначение степени соответствия стандартов:  - IDT – идентичный стандарт | | |

**Библиография**

[1] IEC 62471-5: 2015, *Photobiological safety of lamps and lamp systems - Part 5: Image*

*projectors* (Фотобиологическая безопасность ламп и ламповых систем. Часть 5. Проекторы изображений)

[2] IEC 61508 (все части), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems* (Функциональная безопасность электрических/электронных/программируемых электронных связанных с безопасностью систем)

[3] ICAO Doc 9815-AN/447, *Manual on Laser Emitters and Flight Safety, International Civil Aviation Organization* (Руководство по лазерным излучателям и безопасности полетов, Международная организация гражданской авиации)

[4] ISO 3864-1, *Graphical symbols - Safety colours and safety signs – Part 1: Design principles for safety signs and safety markings* (Графические обозначения. Цвета и знаки безопасности. Часть 1: Принципы проектирования знаков безопасности и знаков безопасности)

[5] ISO 7010, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Registered safety signs*, available at<https://www.iso.org/obp> (Графические обозначения. Цвета и знаки безопасности. Зарегистрированные знаки безопасности, доступные по адресу https://www.iso.org/obp)

[6] IEC TR 60825-13, *Safety of laser products – Part 13: Measurements for classification of laser products* (Безопасность лазерной аппаратуры.. Часть 13: Измерения для классификации лазерной продукции)

[7] IEC TR 60825-14, *Safety of laser products – Part 14: A user's guide* (Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 14: Руководство пользователя)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| УДК 681.3:331.4:006.354 |  | МКС 31.260 |  | MOD |
| Ключевые слова: лазерная аппаратура, апертура, диафрагма, пучок, расходимость, классы аппаратуры | | | | |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Сведения о разработчике: | | | | |
|  | | | | |
| Общество с ограниченной ответственностью Научно-Методический центр «Электромагнитная совместимость» (ООО «НМЦ ЭМС») | | | | |
|  | | | | |
|  | | | | |
|  | | | | |
|  | | | | |
|  | | | | |
| Генеральный директор |  |  |  | Н.И. Файзрахманов |
| *должность* |  | *подпись* |  | *инициалы фамилия* |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| Исполнитель |  |  |  | И.В. Хлопонина |
| *должность* |  | *подпись* |  | *инициалы фамилия* |

1. Номер в квадратных скобках является ссылочным в Библиографии [↑](#footnote-ref-1)