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

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ IEC TR 60825-3— 2024

БЕЗОПАСНОСТЬ ЛАЗЕРНОЙ АППАРАТУРЫ

Часть 3

Руководящие указания по применению лазеров для зрелищных мероприятий

(IEC TR 60825-3:2022, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

gost.e-ecolog.ru

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 документа, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 30 сентября 2024 г. № 177-П)

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
Армения	AM	ЗАО «Национальный орган по стандартизации и метрологии» Республики Армения
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Узбекистан	UZ	Узбекское агентство по техническому регулированию

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 8 октября 2024 г. № 1403-ст межгосударственный стандарт ГОСТ IEC TR 60825-3—2024 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2025 г.

5 Настоящий стандарт идентичен 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», IDT).

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

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

6 ВВЕДЕН 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»

© IEC, 2022
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024



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 1
2 Нормативные ссылки 2
3 Термины и определения 2
4 Опасность воздействия и биологическое воздействие 8
4.1 Классификация лазерных проекторов и риски 8
4.2 Биологическое воздействие на глаза 8
4.3 Биологическое воздействие на кожу 9
5 Границы зоны максимально допустимого воздействия лазерного излучения 9
5.1 Соответствие МДВ 9
5.2 МДВ для зрительской зоны 10
5.3 МДВ для зоны выступлений (контролируемое место) 10
5.4 МДВ для вспомогательного персонала, подверженного риску 10
6 Критерии безопасности оборудования и его установки 11
7 Обязанности проектировщиков, монтажников, операторов и исполнителей 15
7.1 Обучение 15
7.2 Планирование, выполняемое проектировщиками, установщиками оборудования и операторами 15
7.3 Настройка и юстировка 17
7.4 Эксплуатация 18
7.5 Протокол о безопасности мероприятия (ПБМ) 19
7.6 Планирование на случай непредвиденных обстоятельств 19
7.7 Отчетность об инцидентах и расследование несчастных случаев 20
8 Управление рисками лазерного воздействия 20
8.1 Риск воздействия лазерного излучения 20
8.2 Факторы риска и средства контроля зрелищных мероприятий с применением лазеров 21
9 Оценка воздействия 23
9.1 Рекомендация 23
9.2 Руководство 23
9.3 Трудности 23
9.4 Указания по оценке воздействия лазерного излучения 25
9.5 Указания по измерениям 25
9.6 Защита от отказа при сканировании 26
10 Отдельно рассматриваемые факторы 27
10.1 Голографические изображения 27
10.2 Ультрафиолетовое и синее лазерное излучение 27
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам 28
Библиография 29

Введение

Лазерная аппаратура используется для создания визуальных световых эффектов в развлекательных целях. IEC 60825-1 содержит классификацию лазерной опасности и технические требования к лазерной аппаратуре, при этом IEC TR 60825-14 содержит общие рекомендации по ее безопасному использованию.

Лазерное излучение, необходимое для проведения эффектных театральных или иных зрелищных мероприятий на больших площадках, таких как театры, арены или архитектурные ансамбли, является достаточно мощным, поэтому необходимо предусмотреть меры по предотвращению несчастных случаев, в том числе кратковременного облучения конкретного человека. Поэтому в 4.1.5 IEC TR 60825-14 определено, что при проведении зрелищных мероприятий или для развлечения на неконтролируемых площадках следует использовать только лазерные изделия, относящиеся к классам 1, 2, или лазерные изделия класса 3R с видимым излучением. Лазерные изделия других классов допускается использовать только при разработке компетентными специалистами соответствующих мер безопасности и под контролем обученного опытного персонала.

Настоящий стандарт дополняет требования, установленные в IEC TR 60825-14, и содержит конкретные технические указания по безопасному использованию лазерных изделий, используемых для визуальных развлечений.

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

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 — 2025—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт, входящий в серию стандартов IEC 60825, который является техническим отчетом, устанавливает требования по планированию, проектированию, настройке и проведению зрелищных мероприятий с применением лазеров высокой мощности с длиной волны от 380 до 780 нм.

Настоящий стандарт не относится к научной, медицинской или промышленной лазерной аппаратуре, представленной в качестве экспонатов в ходе выставочной деятельности. Однако требования настоящего стандарта могут быть актуальными для них. Настоящий стандарт содержит рекомендации по безопасному применению лазерных изделий при проведении зрелищных мероприятий, художественных экспозиций, рекламы, световых трехмерных изображений фигур или музейных экспонатов, используемых для демонстраций оптических принципов, и т. д.

Лазерные изделия, доступные для бытового использования или для использования людьми, не прошедшими соответствующую подготовку, как правило, ограничиваются классом 1, 2 или 3R видимого излучения. Поэтому оборудование для бытового использования в настоящем стандарте не рассматривается.

Проекторы изображений, которым присвоена группа опасности в соответствии с IEC 62471-5 [1], или светильники с лазерными диодами, использующие лампы, удовлетворяющие критериям 4.4 IEC 60825-1:2014, в настоящем стандарте не рассматриваются.

Настоящий стандарт устанавливает критерии безопасности для защиты групп людей и отдельных лиц, находящихся вблизи лазерных изделий в процессе их использования.

Требования настоящего стандарта применяют:

- при проектировании, сборке, изготовлении, установке или управлении лазерными изделиями классов 4 и 3B, или класса 3R с невидимым излучением для зрелищных мероприятий с применением лазеров;
- при эксплуатации лазерных изделий на аренах, в театрах, планетариях, на дискотеках или в других местах, где их можно установить или управлять ими, или
- при разработке мер безопасности зрелищных мероприятий персоналом, ответственным за безопасность лазерных изделий, их установку или проведение зрелищных мероприятий с применением лазеров.

Настоящий стандарт представляет собой практическое руководство по проектированию, установке, эксплуатации и оценке безопасности проведения лазерных световых шоу и других зрелищных мероприятий с применением лазеров, а также оборудования, используемого при их создании. Настоящий стандарт также предназначен для людей, занимающихся модификацией лазерных установок или оборудования, предназначенного для проведения зрелищных мероприятий.

Настоящий стандарт устанавливает критерии безопасности для защиты зрителей или персонала в соответствии с их занятостью при проведении зрелищных мероприятий с применением лазеров.

Издание официальное

В некоторых странах могут быть 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 использована нормативная ссылка на следующий стандарт [для датированной ссылки применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированной — последнее издание (включая все изменения)]:

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

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по IEC 60947-1, а также следующие термины с соответствующими определениями.

ISO и IEC ведут терминологические базы данных для использования в стандартизации по следующим адресам:

- платформа онлайн-просмотра ISO доступна по адресу: gost.e-ecolog.ru
- Электропедия IEC доступна по адресу: gost.e-ecolog.ru

3.1 **защитный рефлекс** (aversion response): Рефлекторное действие по предотвращению воздействия (моргание и отворачивание), при внезапном воздействии на человека яркого света.

Примечание — Благодаря этому рефлексу продолжительность случайного воздействия видимого света, как правило, должна составлять 0,25 с. Однако алкоголь или наркотические вещества могут оказывать вредное влияние на защитный рефлекс, и без таких воздействий зрители могут быть склонны предотвращать защитную реакцию для продолжения просмотра.

3.2 **офтальмологический инструмент** (amsler grid): Инструмент, используемый для обнаружения проблем со зрением в результате повреждения желтого пятна (макулы) – части глаза, используемой для обнаружения деталей центрального 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 с лазерным зрелищным мероприятием.

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

3.4 **выходная апертура** (aperture): Выходное отверстие в защитном корпусе лазерного изделия, через которое испускается лазерное излучение, в результате излучение становится доступным для человека.

Примечание — Апертура имеет характерный угол между крайними лучами выходящего пучка и может быть определяющей при расчете лазерного эффекта.

3.5 **облучение зрительской аудитории** (audience illumination): Лазерный эффект, допустимый для прямого действия в зонах, занятых зрителями.

Примечание 1 — Общие методы, используемые для создания этого типа эффекта, включают:

- прямое сканирование лазерного пучка с использованием специальных электромеханических устройств — сканеров (или гальванометров), контролируемых компьютером зеркал для получения горизонтальной и вертикальной развертки лазерного пучка на экране, как правило, динамическим образом;
- дифракционный эффект (3.12) с использованием дифракционных оптических элементов;
- эффекты сканирования с высокой инерцией, такие как отражение от вращающихся полигональных зеркал и зеркальных шаров;
- методы отклонения лазерного излучения с использованием таких устройств, как акустооптические модуляторы и микроэлектромеханические системы (МЭМС).

Примечание 2 — Различные характеристики, связанные с каждым 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 отказа при сканировании и смягчения последствий.

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

Примечание 1 — Ограждения должны быть прочными и не должны легко перемещаться или преодолеваться зрителями.

Примечание 2 — Ограждением может быть стена, забор, фасад сцены и т. д.

Примечание 3 — Допускается использовать менее существенные ограждения, такие как стойки или веревки, если вся защищенная зона видна и контролируется оператором лазера или другим персоналом службы безопасности во время лазерного представления.

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

Примечание — Проекционное зеркало с отклонением часто используют для создания эффекта сетки лучей.

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

Примечание — Устойчивость управляющего сигнала к помехам от других источников в окружающей среде имеет важное значение. Поэтому использование беспроводных управляющих сигналов запрещено.

3.9 **контролируемая область пространства** (controlled location): Недоступная для проникновения зона контролируемого местоположения, за исключением уполномоченных, обученных лиц, которые имеют опыт работы или прошли инструктаж по лазерной безопасности.

Примечание — Контролируемые местоположения, как правило, включают зону исполнителя, но также могут охватывать ограниченные области, где доступны лазерные пучки. 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 — Дизайнер также может 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 документ о безопасности, относящийся к конкретному зрелищному мероприятию с применением лазера.

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

Примечание 1 — Взаимодействие лазерного пучка приводит к разделению исходного пучка и формированию геометрического узора, такого как сетка или линия пучков. Внешний вид возникающей картины преимущественно определяется характеристиками ДОЭ. Подложка, содержащая ДОЭ, как правило, 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 пучок проходит через ДОЭ и рисунок формируется на выходе пучка. Отражающие дифракционные эффекты часто используются аналогичным образом для трансмиссионных лазерных эффектов. Трансмиссионные лазерные эффекты, как правило, создаются внутри самого лазерного проектора, при этом ДОЭ перемещается на путь стационарного лазерного пучка или сканирующего выходного сигнала.

Примечание 3 — Дифракционные эффекты, как правило, содержат луч нулевого порядка (3.46).

3.13 **эффективная длительность импульса** (effective pulse duration): Время, необходимое движущемуся лучу для прохождения предельной апертуры глаза диаметром 7 мм.

Примечание 1 — Часто используется для оценки воздействия, создаваемого шаблоном сканирования или эффектом движения, где в большинстве случаев воздействие, испытываемое человеком, не зависит от выходных характеристик лазерного источника, часто непрерывного излучения.

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

3.14 **аварийная блокировка** (emergency stop control e-stop): Надежный способ отключения излучения лазерного проектора.

Примечание — Управление аварийной блокировкой должно выполняться независимо от управляющего сигнала лазерной системы, который может стать нестабильным при возникновении неисправности. Это особенно важно, поскольку обычные протоколы управления освещением и лазерным эффектом, как правило, не имеют или имеют небольшую отказоустойчивость.

3.15 **автоматические меры безопасности** (engineering control): Меры инженерного контроля механической или электрической безопасности, предназначенные для постоянной защиты людей от воздействия опасности, отличающиеся тем, что они дополняют систему защиты и выполняют функцию независимо от действий человека.

Примечание — Типичные примеры включают контрольные ключи, предупреждающие индикаторы и физические ограждения.

3.16 **отклоненное лазерное излучение** (errant laser radiation): Лазерное излучение, которое отклоняется от заданного или ориентировочного пути луча.

Примечание — Такие лучи могут образоваться в результате нежелательного отражения в проекционной области, смещения лазерного проектора или отдаленной оптической цели, достаточного для выхода лазерного излучения за пределы предполагаемой проекционной области.

3.17 **недоступная зона** (inaccessible location): Место, доступ к которому возможен только с использованием специализированного оборудования доступа и/или дополнительного оборудования.

Примечание — Оборудование доступа, как правило, 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 легкодоступным для людей.

Примечание — Примером этой категории эффекта является облучение зрительской аудитории, но может в равной степени относиться и к другим, таким как исполнители и подсвечивание вспомогательного персонала. Воздействие не должно превышать применимое максимально допустимое воздействие (МДВ) лазерного излучения.

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 проектора.

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

Примечание 1 — В IEC 60825-1 приведены восемь различных классов опасности лазера, которые определяют общий риск, создаваемый лазерным изделием, и устанавливают требуемые меры безопасности.

Примечание 2 — Большинство лазерных проекторов, используемых для создания лазерных эффектов, это лазерные изделия классов 3В и 4, которые излучают пучок (пучки), представляющий(ие) риск для глаз и кожи, и могут выступать в качестве источника возгорания.

3.21 **зрелищные мероприятия с применением лазеров (проецирование изображений лазером)** (laser display or show): Мероприятие, при котором по крайней мере один лазерный луч проецируется на какую-либо поверхность или становится видимым в воздухе и, как правило, предназначается для просмотра зрителями, не являющимися специалистами в данной области.

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

3.22 **лазерный эффект** (laser effect): Все электромагнитное излучение, испускаемое лазерным проектором в диапазоне длин волн от 380 до 780 нм, которое образуется в результате вынужденного излучения.

Примечание — Лазерный эффект может быть неподвижным или подвижным с использованием оптических компонентов для изменения характеристик лазерного пучка.

3.23 **идентификация категории лазерного излучения** (laser effect category): Оценка применения лазерного изделия на основе предполагаемого доступа к лазерному излучению.

Примечание — Лазерные изделия относятся к одной из трех категорий на основе потенциала прямого воздействия, что помогает определить конкретные типы контроля, необходимые для безопасного управления использованием лазерного эффекта.

3.24 **лазерный проектор** (laser projector): Лазерное изделие, используемое отдельно или с компонентами, управляющими лучом, для создания лазерных проекций или демонстрации эффектов при проведении зрелищных мероприятий с применением лазеров.

Примечание — Лазерные проекторы относятся к лазерным изделиям, на которые распространяются требования IEC 60825-1 в рамках настоящего стандарта.

3.25 **инструктор по лазерной безопасности;** LPA (laser protection adviser, LPA): Сотрудник, который, как правило, не зависит от лазерной установки и ее повседневной эксплуатации, но имеет соответствующую квалификацию в понимании стратегий предотвращения лазерной опасности, способен понимать и оценивать вопросы безопасности в связи с проведением мероприятия с использованием лазеров, оценивать и количественно определять уровни воздействия и знаком с соответствующими юридическими обязанностями и требованиями.

3.26 **ответственный за лазерную безопасность;** LSO (laser safety officer, LSO): Лицо, компетентное в вопросах оценки и контроля опасности лазерного излучения и отвечающее за организацию контроля рисков поражения лазерным излучением.

Примечание 1 — Роль специалиста по безопасной эксплуатации лазерного изделия может варьироваться в широких пределах в зависимости от потребностей организации, в которой он работает. Специалист по безопасной эксплуатации лазерного изделия может не проводить количественный анализ опасности.

Примечание 2 — Организации, использующие лазерное оборудование классов 3B и 4, как правило, назначают штатного специалиста по безопасной эксплуатации лазерного изделия, который несет административную ответственность от имени работодателя за надзор за безопасностью использования лазера.

Примечание 3 — Обязанности специалиста по безопасной эксплуатации лазерного изделия, как правило, документируются и являются необходимыми для обеспечения постоянного безопасного использования лазеров в соответствующей организации. Они, как правило, включают в себя, как минимум, следующее:

a) информирование и, при необходимости, ведение учета всех потенциально опасных лазерных изделий (включая классификации, спецификации и цели лазерных изделий; местоположения лазерных изделий; и любые особые требования или ограничения, касающиеся их использования);

b) ответственность за контроль за соблюдением процедур организации по обеспечению безопасного использования 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): Человек или группа людей, конструирующие, собирающие или производящие лазерное проекционное оборудование или проводящие зрелищные мероприятия с применением лазерного проекционного оборудования (установка оборудования).

Примечание 1 — Данное положение применимо независимо от того, осуществляется ли производство с целью получения прибыли или нет.

Примечание 2 — Оборудование, используемое для проведения зрелищных мероприятий с применением лазеров, определяют как лазерное изделие.

3.28 **маска** (mask, baffle, physical mask): Физическая перегородка, способная предотвратить перемещение излучения в нежелательных направлениях.

Примечание 1 — Маска, как правило, представляет собой лист или кожух, изготовленный из прочного материала, способного выдерживать, без проникновения, максимальный ожидаемый уровень лазерного излучения. Маска должна оставаться неподвижной относительно падающего лазерного пучка.

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

Примечание 3 — Характеристики масок, как физических, так и программных, следует оценивать в ожидаемых условиях единичного отказа.

3.29 **модификатор** (modifier): Человек, который изменяет рабочие характеристики, расположение или эффекты лазерного излучения, влияющие на характеристики безопасности при проведении зрелищных мероприятий с применением лазеров.

Примечание — Модификатор несет такую же ответственность за безопасность, как изготовитель (3.27), поставщик, проектировщик или дизайнер (3.10).

3.30 **недоступный эффект** (non-accessible effect): Категория лазерного эффекта, проект и реализация которого обеспечивает недоступность лазерного излучения для человека.

Примечание — Лазерный проектор и траектория пучка расположены в недоступном месте, что, как правило, поддерживается с помощью технических средств управления для предотвращения ошибочных лазерных эффектов.

3.31 **оператор** (operator): Человек, который непосредственно управляет лазерной проекционной системой (системами).

Примечание — Операторы должны быть обучены правилам безопасной эксплуатации лазерного оборудования, и должны соблюдать инструкцию по безопасности, предоставленную изготовителем (3.27). Оператор также может быть назначен специалистом по безопасной эксплуатации лазерного изделия (3.26) во время зрелищных мероприятий с применением лазеров.

3.32 **исполнитель** (performer): Человек, который развлекает публику во время мероприятия.

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

Примечание 2 — Исполнители должны быть ознакомлены с возможными опасностями, связанными с лазерным излучением, и соблюдать инструкцию по технике безопасности.

3.33 **зона выступления** (performer zone): Зона, в которой могут присутствовать только исполнители и в пределах которой лазерное излучение может превышать МДВ для зрителей.

Примечание — Зона выступления, как правило, является контролируемым местом, расположенным на сцене.

3.34 **потенциально доступное излучение** (potentially accessible effect): Лазерное излучение, по уровню превышающее МДВ, доступ к которому не предназначен, но может быть доступен, если нет достаточного контроля на месте, или контроль игнорируется лицами, присутствующими в контролируемом месте.

3.35 **область проекции** (projection area): Область, в которой проецируются лазерные лучи или эффект во время нормальной работы лазерного проектора.

Примечание — Область проекции включает в себя пространство, через которое проходят лазерные лучи, и поверхности, на которые они падают.

3.36 **ответственное лицо** (responsible person): Сотрудник, работающий во время проведения зрелищных мероприятий с применением лазеров, который берет на себя управление лазерной установкой и/или действием лазерных эффектов, и при этом несет ответственность за организацию данной работы с минимизацией рисков воздействия, при этом контролирует соблюдение параметров, согласованных с ответственным за лазерную безопасность и/или с инструктором по лазерной безопасности.

Примечание 1 — Ответственные лица должны пройти базовое обучение и инструктаж по безопасному выполнению своих задач, выявлять и избегать возникновения опасных ситуаций, а также иметь возможность блокировать выход лазерного излучения, когда это необходимо для предотвращения вредного воздействия.

Примечание 2 — В некоторых ситуациях одно и то же ответственное лицо может выполнять функции проектирования, монтажа и эксплуатации лазерного проектора. Однако существуют обстоятельства, когда необходимо применить принцип разделения ответственности. Например, когда лазерная установка требует устройства в

месте проведения местными техниками. В этом случае ответственное лицо принимает на себя руководящую роль, обеспечивая, чтобы его технические специалисты и операторы знали и выполняли свои обязанности 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 считаются неподготовленным персоналом.

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

3.39 **защита отказа при сканировании** (scan-fail safeguard): Функция лазерного проектора, служащая для предотвращения доступа к лазерным воздействиям при превышении соответствующего МДВ.

Примечание 1 — Эта функция часто включается в сканирующий элемент лазерного проектора для предотвращения излучения стационарного пучка или пучков, которые двигаются слишком медленно. Все средства защиты от ошибок сканирования имеют конечное время отклика, включающее время обнаружения неисправности и время, необходимое для ее устранения.

Примечание 2 — Защита при отказе при сканировании зависит от сложности неисправности. Наиболее простые системы могут предотвращать выход стационарного пучка, 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 пучка для активного ограничения пучка, излучаемого лазерным проектором, где это необходимо.

Примечание 3 — Наличие защиты от отказа при сканировании не делает применение лазерного проектора для освещения аудитории безопасным. Пользователь должен знать параметры и режимы отказа, на которые может реагировать защита при отказе сканирования, а также последствия таких отказов. Безопасность результирующего излучения дополнительно зависит от других факторов, таких как характеристики лазерного пучка — например, мощность излучения, расходимость пучка — и расстояние между экраном и зрителем.

Примечание 4 — Критически важно, чтобы при обеспечении надежности защиты от отказов при сканировании были учтены все возможные режимы отказа защиты от отказа при сканировании, и правильно установлен временной интервал тестирования ее работоспособности.

Примечание 5 — В некоторых случаях необходимо оформлять протокол проверки, как описано в серии стандартов IEC 61508 [2].

3.40 **время защитного отклика на отказ при сканировании** (scan-fail safeguard response time): Общее время, необходимое для защиты при отказе при сканировании для обнаружения неисправности, запуска корректирующего действия и вступления корректирующего действия в силу.

Примечание — Время защитного отклика при отказе при сканировании для исправления опасного излучения превышает время обнаружения неисправности. Это следует учитывать при оценке характеристик, указанных изготовителями лазерных проекторов (3.27), которые, как правило, указывают только время обнаружения неисправности.

3.41 **зритель** (spectator): Человек, присутствующий на зрелищном мероприятии с применением лазеров, который по расположению или близости к лазерному изображению потенциально может быть подвержен воздействию опасных прямых или отраженных лазерных лучей (при отсутствии каких-либо мер безопасности или в наихудшей ситуации) и который является целевой аудиторией для облучения при лазерном эффекте.

Примечание 1 — Этот термин не включает оператора лазерного проектора и штат сотрудников или исполнителей, но может включать в себя прохожих или других лиц, которые не являются частью персонала и не обучены.

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

3.42 **максимально допустимое воздействие на зрителей;** зрительское МДВ (spectator MPE): Максимальный уровень лазерного облучения, который допускается в зрительской зоне.

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

Примечание — Такие зоны считаются неограниченной зоной (3.44).

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

Примечание — Такие зоны, как правило, 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** (zero order, 0-order): Дифракционный порядок, занимающий положение оси падающего пучка для пропускающего дифракционного элемента, или отраженного пучка для отражающего дифракционного элемента.

Примечание 1 — Аварийные дифрагированные пучки образуют спектры нескольких порядков.

Примечание 2 — Спектр нулевого порядка, как правило, содержит наибольшую энергию возникающих порядков из дифракционного эффекта.

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

Примечание 4 — Спектр нулевого порядка не допускается направлять в доступные области, поскольку направление остается неподвижным, даже с эффектом вращения. Кроме того, если дифрагирующая среда деградирует или выпадает из траектории пучка, она делает доступным сплошной пучок, что представляет риск для людей в области, где пучок заканчивается.

4 Опасность воздействия и биологическое воздействие

4.1 Классификация лазерных проекторов и риски

Большинство зрелищных мероприятий с применением лазеров используют лазерные изделия класса 3B или 4 в открытых пространствах для создания лазерных визуальных эффектов. Лучи, испускаемые лазерами класса 3B, способны вызвать повреждение глаза, если даже на короткое время допускается прямой взгляд на пучок. Лучи, испускаемые лазерами класса 4, представляют риск повреждения глаз как при прямом воздействии лазерного излучения, так и в некоторых случаях при просмотре диффузных отражений. Лазеры класса 4 могут также вызывать ожог кожи и выступать в качестве источника возгорания. Лазерные лучи не должны быть направлены на людей, если только не будет проявлена крайняя осторожность для обеспечения безопасного воздействия. Видео- и фотокамеры могут быть повреждены в результате прямого облучения. Возможно повреждение зрения у людей, использующих данные оптические приборы.

Примечание — Определения для лазерных классификаций и МДВ приведены в IEC 60825-1 и IEC TR 60825-14.

4.2 Биологическое воздействие на глаза

Воздействие лазерного излучения видимого диапазона при субтравме (ниже МДВ) может привести к временным эффектам, таким как ослепление вспышкой, которое может помешать способности человека выполнить задание. Воздействие лазерного пучка, превышающего МДВ, может привести к одной или комбинации трех различных типов травм, которые могут быть получены при воздействии на определенные части глаза. Строение глаза человека приведено на рисунке 1.

Термическая травма — травма, полученная в результате чрезмерного нагревания поглощающей ткани в глазу, которой при воздействии видимого света и ближнего инфракрасного излучения является сетчатка. При этом отсутствует чувство боли.

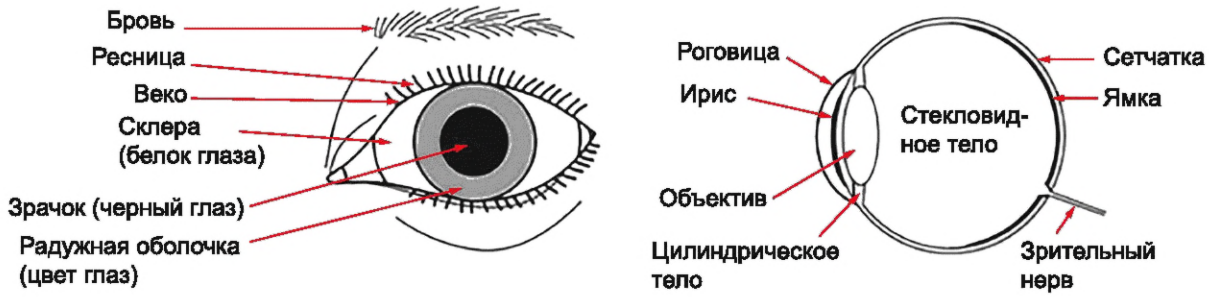


Рисунок 1 — Строение глаза человека

Фотохимическое повреждение — воздействие ультрафиолетового излучения и видимого света в диапазоне длин волн 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 виде хронического и кумулятивного воздействия.

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

Воздействие лазерного излучения, видимого или ближнего инфракрасного (ИК) диапазона, превышающего МДВ, приводит в первую очередь к риску термического повреждения сетчатки, которое может происходить даже при очень коротких дозах облучения, таких как дозы от эффекта сканирующего лазера. Кроме того, риск фотохимического повреждения становится распространенным в течение более продолжительного воздействия и кумулятивного субтермического предельного воздействия МДВ на длинах волн менее 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 пучком, испускаемым лазерным проектором класса 3B или 4, допускает риск повреждения, возникающего в реакции естественного отвращения человека. Выходные характеристики большинства лазерных проекторов, используемых для зрелищных мероприятий с применением лазеров, часто остаются опасными для непосредственного просмотра на расстоянии до нескольких сотен метров от источника.

4.3 Биологическое воздействие на кожу

Повреждения кожи возможны, даже если пороговые значения для повреждения, возникающего в результате воздействия видимых и ближних инфракрасных пучков, намного больше, чем те, которые в противном случае причиняли бы вред 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 рискует быть похожим на воздействие, связанное с избыточным воздействием солнечного света.

5 Границы зоны максимально допустимого воздействия лазерного излучения

5.1 Соответствие МДВ

Ни при каких обстоятельствах ни один человек не должен подвергаться воздействию лазерных пучков, превышающих МДВ для глаз или кожи. Максимально допустимый уровень лазерного излучения, воздействию которого может подвергаться конкретная группа лиц, зависит от максимального времени воздействия, предполагаемого для этой группы с учетом регионального законодательства, регламентирующего уровни МДВ.

5.2 МДВ для зрительской зоны

Уровень воздействия лазерных пучков, которые могут присутствовать в зрительской зоне, не должен превышать МДВ для преднамеренного прямого воздействия на глаза. Применимое МДВ, которое должно быть рассмотрено, определяется с использованием данных и методов, описанных в IEC 60825-1, для всех возможных длительностей облучения *t*, включая максимальную продолжительность лазерного зрелищного мероприятия, в зависимости от обстоятельств (о вероятном использовании бинокля см. ниже). Если уровень воздействия лазерных пучков поддерживается в результате сканирования лазерного пучка, то МДВ для прямого воздействия на глаза также не должно быть превышено в течение времени защиты при отказе при сканировании (см. 6.11 IEC 60825-1:2014) или в отношении уровня CW лазерного пучка (если отсутствует защита от отказа при сканировании).

Следует учитывать любые области в пределах зоны, где опасность лазерного излучения может быть выше, например если пучки 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, использование бинокля маловероятно. Однако, если предполагается использование биноклей (например, на большой арене) и при этом используются меры безопасности, запрещающие камеры, записывающие устройства и т. д., рекомендуется также запретить использование бинокля. Если это невозможно (например, мероприятие под открытым небом на открытом воздухе), МДВ зрительской зоны должен быть умножен на коэффициент 0,02 для учета повышенной опасности.

5.3 МДВ для зоны выступлений (контролируемое место)

МДВ для исполнителей, операторов или вспомогательного персонала, которые могут присутствовать в контролируемых местах, таких как зона выступлений, должен соответствовать МДВ для прямого воздействия на глаза или МДВ для кожи (см. IEC 60825-1), в зависимости от обстоятельств. Исполнители должны ожидать, что их действия будут срежиссированы, что при необходимости они будут обеспечены защитными очками и костюмами, если это необходимо, и что они должны быть проинструктированы таким образом, чтобы избежать воздействия лазерного излучения сверх соответствующего МДВ. 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 пучки могут быть выпущены в рабочую область. Любые подобные технические меры должны быть тщательно разработаны как для нормальных условий, так и для случаев, когда исполнитель может потерять ориентировку и смотреть не в ту сторону (например, в сторону лазерного луча) во время выступления.

5.4 МДВ для вспомогательного персонала, подверженного риску

Планирование и реализация установки и эксплуатации лазерного проектора должны обеспечивать условия, при которых риск воздействия лазерного излучения на любого человека вне контролируемых мест, таких как зона выступления, не превышал МДВ для зрителя. Если существует возможность возникновения более высокого уровня воздействия (например, во время позиционирования и выравнивания лазерного эффекта), рекомендуется временно расширить контролируемую зону и связанные с этим меры предосторожности, чтобы включить в него место, где может присутствовать риск воздействия. Если 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 более МДВ для прямого воздействия на глаза (см. IEC 60825-1). Это МДВ 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 пучки, сканеры или зеркала. Таким образом для случайного воздействия видимых лазерных пучков следует учитывать продолжительность воздействия до 0,25 с. Если возможно облучение невидимым лазерным пучком, продолжительность случайного облучения следует оценивать в соответствии с IEC 60825-1.

Таблица 1 — Критерии назначения МДВ

Местоположение или персонал	Доступное излучение при нормальной эксплуатации	Доступное излучение при ожидаемых условиях неисправности
Зрительская зона	МДВ для прямого воздействия на глаза	МДВ для времени срабатывания защитной системы с отказом сканирования или другого ограничения прекращения выхода излучения
Зона выступления	МДВ для прямого воздействия на глаза при случайном воздействии (0,25 с для видимых эффектов), с учетом инструктажа по предотвращению воздействия на глаза. При предотвращении воздействия на глаза допускается использовать МДВ для кожи	МДВ 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	МДВ для прямого воздействия на глаза при случайном воздействии (время воздействия более 0,25 с для видимых эффектов) с учетом инструктажа по предотвращению воздействия на глаза	
Примечание — Если возможно облучение невидимым лазерным пучком, следует оценить продолжительность случайного облучения в соответствии с IEC 60825-1.		

6 Критерии безопасности оборудования и его установки

6.1 Требования, приведенные в IEC 60825-1, применяют к лазерному проекционному оборудованию.

6.2 Выходные отверстия лазерных проекторов должны иметь маски из материала, достаточно прочного для того, чтобы выдерживать прямое воздействие лазерных пучков в течение длительных периодов времени. Маска должна быть расположена так, чтобы ограничивать выход излучения в заданных направлениях и предотвращать ошибочный лазерный эффект. Программные маски, то есть программируемые компьютером средства для предотвращения выхода лучей в непреднамеренных направлениях, могут использоваться, когда физические маски не являются практически осуществимыми, но следует учитывать режимы отказов, а при использовании для ограничения излучения в зрительской 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 излучения за пределы заданной проекционной области.

6.3 Лазерные мишени и зеркала должны быть соответствующим образом виньетированы для предотвращения неправильного направления лазерного пучка в случае, если лазер не выровнен с лазерной мишенью.

6.4 Лазерные проекторы, зеркала и отражательные мишени должны быть жестко смонтированы для предотвращения перемещения из-за вибрации, ударов или ветра. Следует уделить должное внимание продолжительности установки, активности или количеству проходящего персонала, 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 ожидаемых 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), должны использовать надежное средство ограничения перемещения в те зоны, перемещение в которые может привести к превышению соответствующих МДВ. Если такая система отсутствует, любая оценка воздействия должна проводиться для наименьшего возможного расстояния до лазерного источника с целью ограничить возможное облучение, даже если это расстояние менее того, на котором планируется проецирование лазерного изображения.

Примечание 1 — Использование однонаправленных управляющих сигналов или протоколов связи для установки положения не считается надежным средством контроля направления выхода лазерного излучения, 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 стандартов IEC 61508 [2].

6.7 Связь управляющего сигнала между положением управления и лазерным проектором должна быть надежной и обеспечивать высокую устойчивость к помехам, которую следует ожидать в среде, в которой проецируется лазерное изображение. Разрыв или ошибка в линии управления должны автоматически прекращать выход лазерного излучения.

6.8 Каждый лазерный проектор должен быть оснащен одним или несколькими четко идентифицируемыми и легкоуправляемыми средствами аварийного останова, которые немедленно прерывают лазерные пучки, когда это необходимо. Управление аварийной остановкой должно иметь отказоустойчивую конструкцию.

Примечание — Использование клавиши esc, которая, как правило, 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 кабели и кабели аварийного отключения должны находиться в исправном физическом состоянии и использовать разъемы, имеющие механические фиксаторы подключения.

6.10 Если лазерное графическое или лучевое представление находится под постоянным контролем оператора, который при необходимости может немедленно отключить лазерное излучение, то должно быть обеспечено минимальное расстояние 3 м в высоту и 2,5 м в длину между пучками, которые превышают МДВ для зрителей, а также от любой поверхности, на которой могут стоять зрители. Это условие показано на рисунках 2 и 3.

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

Размеры в метрах

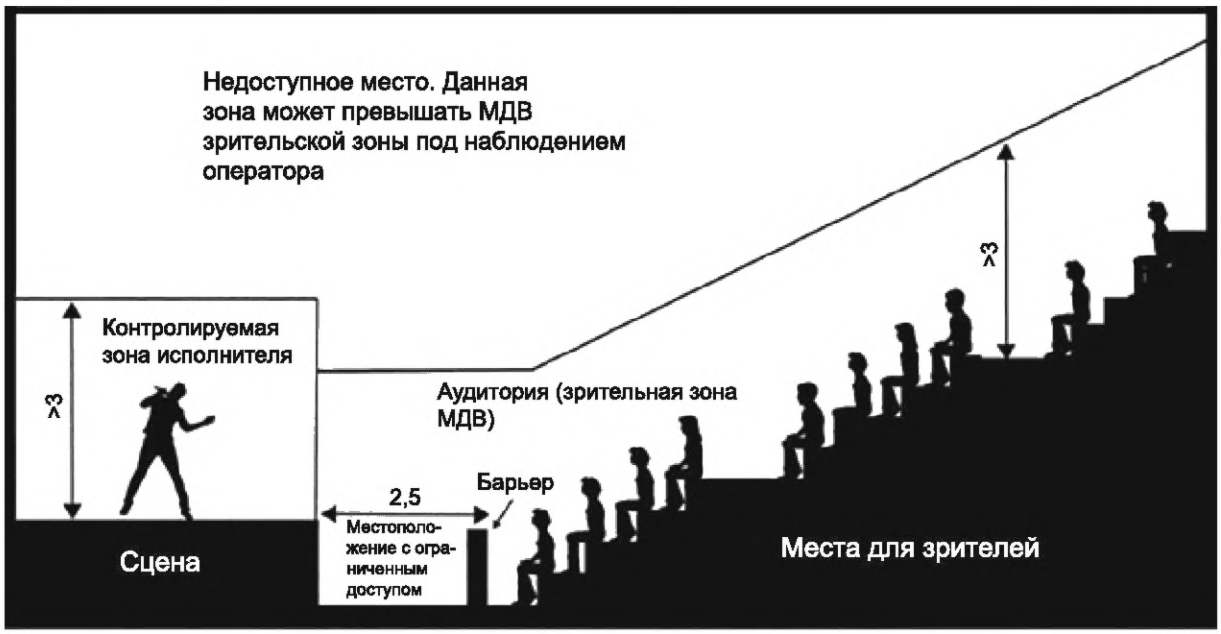
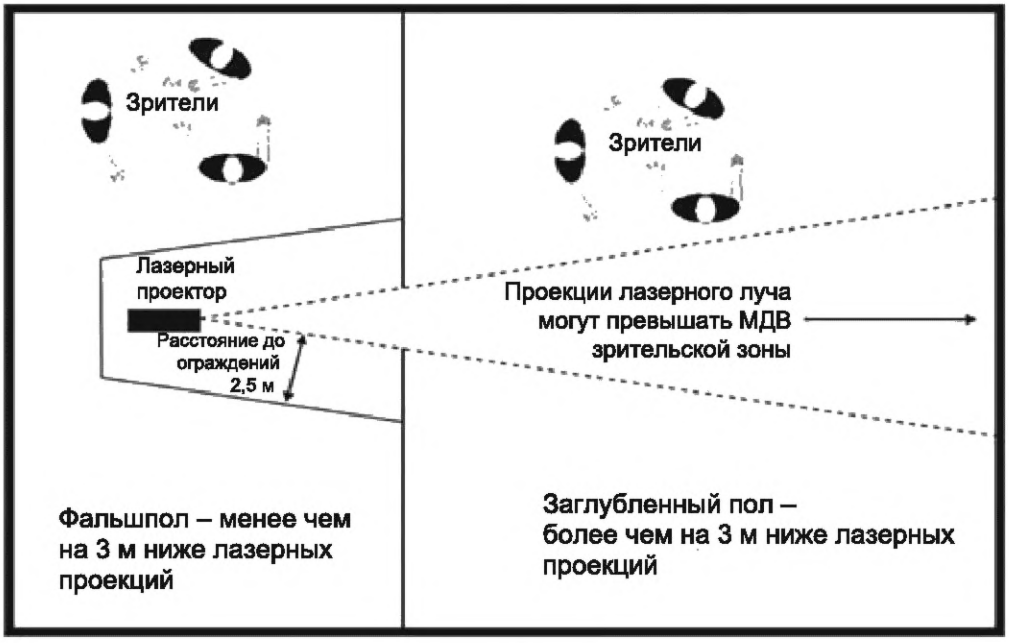
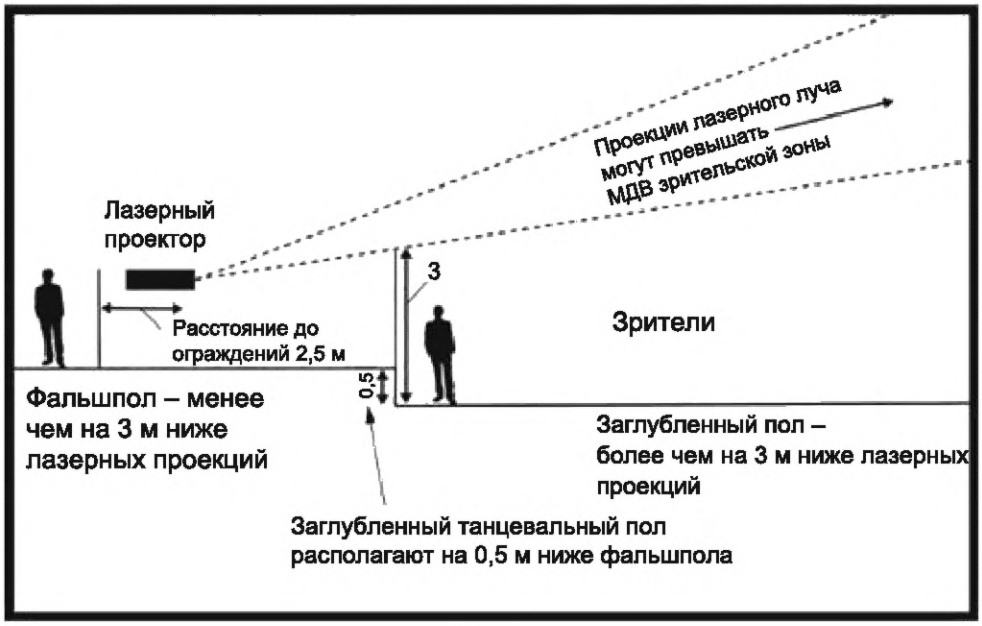


Рисунок 2 — Схема разделения аудитории и зрителей в зрительном зале, контролируемом оператором



a) Вид сверху

Размеры в метрах



b) Вид сбоку

Рисунок 3 — Схема разделения аудитории и зрителей в ночном клубе, контролируемом оператором

6.11 Если проекционная зона заканчивается на балконе или возле окна, где зрители могут наблюдать лазерный эффект, и уровень облучения в точке падения лучей, вероятно, будет превышать МДВ зрительской зоны, лучи должны заканчиваться не выше уровня пола балкона, если он имеет непрозрачное сплошное ограждение. Это условие показано на рисунке 4.

Примечание 1 — Если лазерное излучение направлено в область пространства в непосредственной близости от зрителей, необходимо чтобы оценка риска учитывала уровень экспозиции в этой области и вероятность отклонения лазерного пучка от заданного направления, а также последствия, которые могут иметь место при непреднамеренном перемещении проекционной области от намеченной. Лазерные проекторы, не прикрепленные

к твердым конструкциям, более подвержены перемещению через наклоны, и дополнительно могут подвергаться влиянию механического перемещения других осветительных приборов, совместно использующих ту же самую осветительную конструкцию.

Примечание 2 — Эффективность защитного экрана (маски), используемого для предотвращения любого ошибочного воздействия лазера, которое может привести к отказу сканирующей системы или содержимого проектора, должна быть проверена и рассмотрена.

Размеры в метрах

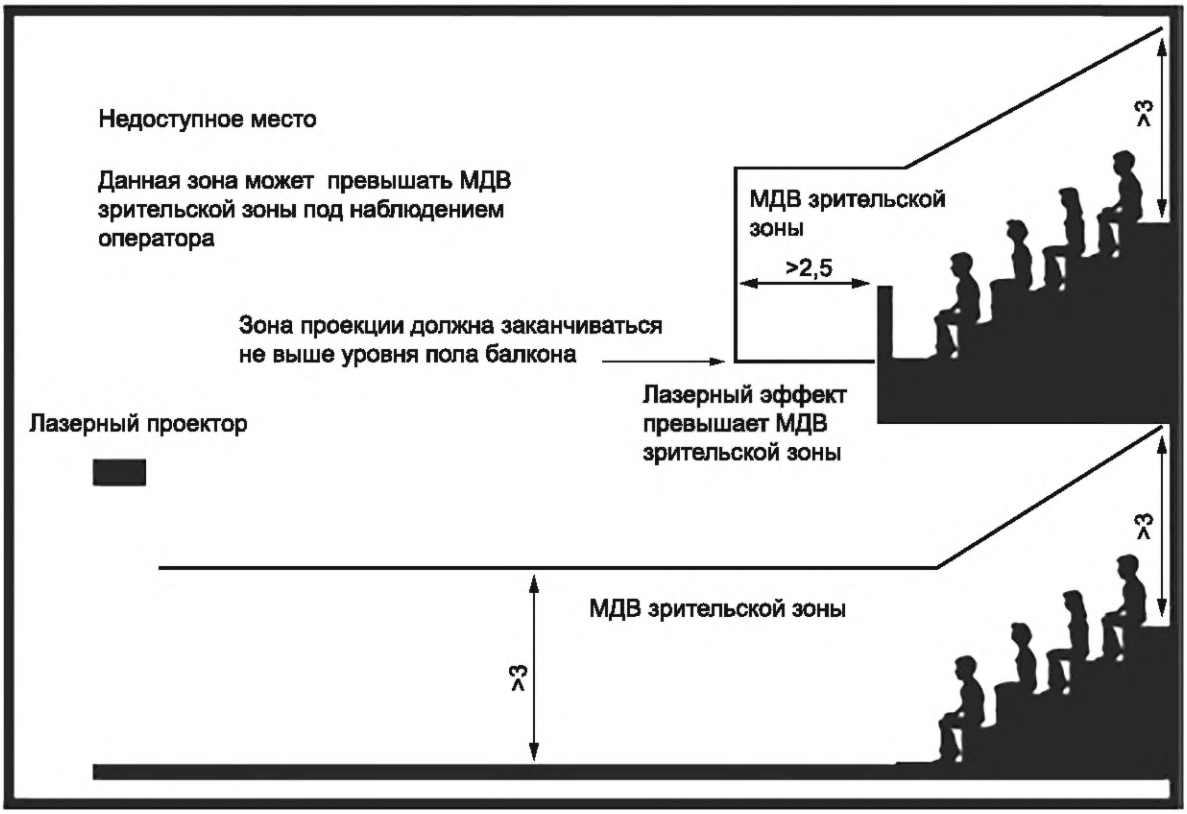


Рисунок 4 — Схема разделения аудитории и зрителей возле балкона в зале, контролируемом оператором

6.12 Если лазерный проектор и лазерное излучение не находятся под постоянным контролем оператора, который при необходимости может немедленно отключить лазерное излучение, то должно быть обеспечено минимальное расстояние 3 м в высоту и 2,5 м в боковом направлении между пучками, которые превышают МДВ зрительской зоны, превышенное более чем в пять раз в пространстве между 3 и 6 м над любой поверхностью, на которой могут находиться зрители. Это условие показано на рисунке 5.

Размеры в метрах



Рисунок 5 — Схема разделения аудитории и зрителей в зале при использовании лазерного оборудования без постоянного контроля оператора

7 Обязанности проектировщиков, монтажников, операторов и исполнителей

7.1 Обучение

7.1.1 Проектировщики, монтажники, модификаторы и операторы должны пройти обучение по лазерной безопасности, чтобы быть в состоянии точно гарантировать, что МДВ не превышен в зонах, занятых зрителями, и что необходимые разделения между зрителями и проекциями, которые превышают МДВ, обеспечены. Проектировщики также должны пройти курс обучения в соответствии с требованиями IEC 60825-1 и IEC TR 60825-14 относительно обеспечения безопасности в тех местах, где уровень воздействия лазерного излучения превышает МДВ, и указать установщикам места 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 излучения превышают МДВ, и при надлежащем использовании оборудования безопасны.

Примечание — Уровень подготовки должен быть достаточным для того, чтобы позволить персоналу выполнять свои задачи в связи с проведением зрелищных мероприятий с применением лазеров, распознавая возможные опасные действия или условия и принимая необходимые меры.

7.2 Планирование, выполняемое проектировщиками, установщиками оборудования и операторами

7.2.1 Зрелищные мероприятия с применением лазеров всегда планируются заранее и не предполагают изменений в день проведения. Целью планирования является оценка безопасности любой части зрелищного мероприятия, с тем чтобы могли быть выполнены за приемлемое время необходимые действия по обеспечению безопасности. Заранее должен быть разработан проект проведения зрелищного мероприятия с применением лазеров.

7.2.2 План, чертежи в вертикальных проекциях или эскизы должны быть подготовлены с указанием мест расположения лазерных проекторов, зеркал и мишеней, зрителей, исполнителей, направления лазерных пучков и имеющих отношение к мероприятию архитектурных особенностей помещения. На чертежах должны быть точно обозначены расстояния, отделяющие посетителей от лазерных пучков, на которых значение МДВ не будет превышено. Должен быть подготовлен план действий в непредви-

денных обстоятельствах, гарантирующий, что оборудование или проекторы не будут создавать помех или препятствий на пути эвакуации во время возможных чрезвычайных ситуаций, например пожара. В плане должно быть учтено влияние внешних условий (например, дождя, ветра и т. д.) на мишени, зеркала 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 выше уровня головы людей, находящихся на сцене, устраняя необходимость в административном контроле с повышенным риском и в проведении инструктажа людей держаться дальше от области, в которой лазер установлен на высоте грудной клетки или сцены, и необходимости обеспечения соблюдения и мониторинга лазерно-опасной зоны.

7.2.4 Организационные механизмы должны рассматриваться и документироваться для подтверждения подробной информации о персонале, цепочках подотчетности и контактной информации. В любое время, в которое происходит генерация лазерного излучения, 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. Планирование проведения лазерного представления, как правило, включает установку, выравнивание, программирование и тестирование лазерных эффектов, проведение мероприятия и демонтаж установки. По завершении проекта в рамках процесса управления безопасностью целесообразно регистрировать ключевые действия, которые четко сработали, и выявлять любые вопросы, которые могут выиграть от улучшения, чтобы их можно было рассмотреть для будущих проектов.

7.2.6 Для лазерных эффектов, которые не предназначены для доступа, планирование должно учитывать, как предотвратить любое ошибочное воздействие и поддерживать защиту от лазерного излучения.

7.2.7 Лазерные эффекты, которые не предназначены для того, чтобы вызвать воздействие на людей, 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 освещения аудитории либо исполнителей, должно оцениваться и контролироваться для обеспечения того, чтобы не превышалось применимое МДВ. Планирование должно включать условия 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. Они должны включать четкие инструкции о том, что представляет собой чрезвычайная ситуация и какие меры следует принять после инцидента. При аварийной ситуации воздействие лазера должно быть прекращено. При предполагаемом повреждении глаза в результате воздействия лазерных пучков, даже если повреждение не является очевидным, пострадавший должен быть доставлен в ближайшую больницу скорой помощи или специализированный травматологический пункт, где, как правило, проводят тест на чтение и тест на остроту зрения, чтобы проверить функцию макулы. Если есть опасения, что возможно, что травма произошла 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, ответственных за лазерную безопасность (ОЛБ). ОЛБ должен обладать достаточными навыками для распознавания и управления рисками, связанными с лазерными проекциями. Роль ОЛБ дополняет роль ответственного лица, отвечающего за установку или эксплуатацию лазерных эффектов. Возможно, что некоторые установки потребуют дополнительных навыков советника по лазерной защите (СЛЗ).

7.2.11 Следует предусмотреть, чтобы во время работы лазерного проектора 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 показа и персонала для контроля лазеро-опасных зон, присутствующих на этапах монтажа и эксплуатации. В ситуациях, когда люди обязаны выступать в качестве наблюдателей, чтобы обеспечить безопасность проведения мероприятия (например, при использовании лазеров на открытом воздухе и проецировании в судоходное или воздушное пространство), необходимо обеспечить достаточное их количество для визуального контроля опасных зон с целью контроля и предотвращения любых опасных ситуаций.

7.2.12 О проведении зрелищного мероприятия с применением лазеров в ряде случаев требуется уведомить национальные или местные органы здравоохранения. Это необходимо сделать 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, дата, время проведения зрелищного мероприятия, имена и телефонные номера ответственных лиц за мероприятие и за место проведения, количество и эксплуатационные характеристики используемых лазеров, а также типы и последовательность визуальных эффектов.

При необходимости следует также направлять уведомления:

- в государственные организации воздушного сообщения при проецировании лазерных пучков в открытое для полетов пространство;
- государственные организации морского сообщения при проецировании лазерных пучков в местах стоянки или прохода судов; и
- другие соответствующие государственные организации при проецировании лазерных пучков над реками, озерами, их берегами или окрестностями береговой линии.

В уведомление местных организаций по контролю воздушного сообщения о планируемом проведении зрелищных мероприятий с применением лазеров в зоне воздушной навигации может также потребоваться включение географических координат местоположения, высот и азимутов запланированных зрелищных мероприятий (см. специальное международное руководство, изданное Международной организацией гражданской авиации [3]).

7.3 Настройка и юстировка

7.3.1 Для настройки и юстировки должно быть предусмотрено достаточно времени. Необходимо учитывать количество используемых лазерных проекторов, их размещение и сложность создаваемых ими эффектов. Требуемое время должно учитываться на этапе монтажа установки; в частности, для задачи согласования и проверки любых уровней воздействия.

7.3.2 Зона должна быть очищена от персонала, не принимающего непосредственного участия в монтаже и настройке оборудования. Поставщик лазера должен связаться с местной администрацией до проведения монтажа оборудования и установить процесс связи, который будет принят до включения лазерных проекторов. Поставщик лазерного оборудования, как правило, информирует местный персонал непосредственно перед включением лазерного излучения.

7.3.3 Места, где уровни излучения могут превысить значение МДВ, должны быть снабжены соответствующими предупредительными знаками и ограждениями, ограничивающими вход.

7.3.4 Юстировку следует проводить при минимально возможных уровнях излучения. Вместе с тем следует учитывать, что уровень внешней засветки будет критично влиять на процесс юстировки при минимальном уровне излучения, если юстировка проводится визуально. По завершении юстировки должна быть проведена проверка на полной эксплуатационной мощности лазера, чтобы идентифицировать любые паразитные пучки, и чтобы было возможно провести соответствующую корректировку.

7.3.5 Во время юстировки следует поддерживать доступ как к системе управления лазерным изображением, так и к системе управления аварийной остановкой, чтобы в любой момент было возможно выключить лазерное излучение при возникновении нештатной ситуации. Как правило, для этого требуется два человека: один делает регулировки на лазерном проекторе, а другой — на системе безопасного отключения.

7.3.6 Во время установки и юстировки, когда лазерные лучи могут проецироваться в направлениях, отличных от заданных, необходимо определить области, в которых лазерные лучи могут присутствовать, и установить в них предупредительные надписи в соответствии с IEC TR 60825-14.

7.3.7 Необходимо проверить органы управления, включая правильное размещение и эффективность средств управления аварийным отключением. Следует также проверить наличие соответствующих предупреждающих знаков и ограждений. Необходимо проверить надежность установки и фикса-

ции всех компонентов. При использовании средств защиты от ошибок при сканировании необходимо проверить правильность работы таких систем.

7.3.8 Необходимо документировать и вести протокол проверок.

7.3.9 Оборудование должно быть закреплено и защищено от изменения ориентации или регулировки в период между завершением юстировки и началом его работы. При установке в защитной проекционной будке может потребоваться привлечение персонала службы безопасности.

7.3.10 Для лазерных установок, в которых в течение определенного периода времени могут изменяться рабочие характеристики, следует проводить их регулярные проверки для обеспечения неизменного совмещения проекционных зон, а также работоспособности средств обеспечения безопасности. Необходимо вести учет этих проверок.

7.3.11 Необходимо установить координацию действий между службами охраны и безопасности и разработать план оповещения оператора при чрезвычайных ситуациях. Посетителям нет необходимости знать о мерах лазерной безопасности. Зрителям не следует разрешать приносить на место показа такие предметы, как отражающие воздушные шары, флаги или телефоны на «селфи-палках», если необходимо использовать проекции пучка над головами публики.

7.3.12 Если существует вероятность доступности лазерного излучения сверх МДВ в какой-либо части пространства в месте проведения мероприятия для людей, которые могут присутствовать в этой зоне, организатор представления должен сообщить администрации места проведения, где находятся эти области и каков риск воздействия для того, чтобы руководство знало, какие средства контроля используются для защиты персонала от воздействия лазерного излучения, превышающего МДВ. Следует вести учет выявленных рисков и согласованных механизмов контроля.

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

7.4 Эксплуатация

7.4.1 Если для проведения зрелищных мероприятий с применением лазеров требуется согласие местной власти или контрольного органа воздушного сообщения, оператор должен получить необходимые разрешения до начала представления. Контрольные органы воздушного сообщения могут потребовать обеспечить присутствие наблюдателей способных самостоятельно прекратить излучение с помощью механизма аварийного отключения или сообщить оператору о приближении самолета. Они должны иметь возможность выполнять эту задачу без отвлекающих факторов во время проведения мероприятия.

7.4.2 Перед началом работы лазера с высоким уровнем излучения оператор должен (если это возможно) выполнить окончательную юстировку оборудования при низком уровне излучения, чтобы убедиться в том, что не произошло перемещения компонентов оборудования с момента окончания его установки. Должен быть составлен и подписан отчет о проведении внутренней проверки.

7.4.3 Оператор должен убедиться в наличии визуального контроля всех проекций во время лазерного представления. 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 пучка, превышающих пределы, указанные в 5.2, 5.3 или 5.4.

7.4.5 При аварийном отключении лазерный проектор не следует использовать повторно до тех пор, пока не будет выяснено, что пошло не так, и органы управления не будут проверены и обновлены для уменьшения вероятности повторения опасной ситуации. Если подозревается случай чрезмерного воздействия, следует осуществить соответствующий план действий в чрезвычайных обстоятельствах, в котором определены случаи, когда необходимо обратиться за медицинской помощью.

7.4.6 Оператор и местная администрация должны регистрировать ход проведения мероприятия, отмечая успешную работу, а также наличие каких-либо трудностей или инцидентов во время проведения мероприятия. Рекомендуется вести запись во время мероприятия, которая дополнительно может быть использована для обзора и улучшения управления безопасностью будущих проектов лазерных зрелищных мероприятий.

7.5 Протокол о безопасности мероприятия (ПБМ)

Лицо, ответственное за лазерную безопасность (ОЛБ), должно утвердить протокол, содержащий полную и подробную информацию о лазерной безопасности зрелищного мероприятия. ПБМ для каждого зрелищного мероприятия с применением лазера должен содержать данные о всех возможных работах (визуальные эффекты, разработанный план, установку, юстировку, эксплуатацию, изменения и демонтаж).

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

a) детали зрелищного мероприятия с применением лазера, включая оборудование, местоположение, трассировку на месте совершения действия, типы лазерных эффектов и траектории пучков относительно местоположения зрителей, вспомогательного персонала и исполнителей;

b) характеристики лазерных пучков, включая максимальную мощность пучка, длину волны, расходимость, максимальную и минимальную частоты сканирования; а также условия и время срабатывания защиты при отказе при сканировании;

c) всю информацию по безопасности, касающуюся всех стадий выполнения зрелищного мероприятия с применением лазера, включая отчеты о юстировке и проверке оборудования перед началом зрелищного мероприятия;

d) заключение об оценке рисков для всех стадий зрелищного мероприятия с применением лазера;

e) методы контроля на местах и пояснения к ним;

f) имена и контактные данные (номера телефонов, адреса и т. п.) дизайнеров, установщиков оборудования, модификаторов, операторов, лиц, ответственных за лазерную безопасность, и собственника лазерного оборудования;

g) план работ в аварийной ситуации;

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

i) существенную информацию о лазерном оборудовании в соответствии с 6.1 и 6.2 IEC 608251-1:2014;

j) для лазерных мероприятий, для которых предусмотрено освещение аудитории, запись зрительского МДВ, результаты измерения экспозиции, характеристики средства измерения и его конфигурацию;

k) для лазерных эффектов, зависящих от защиты при отказе при сканировании для достижения воздействия в рамках МДВ, критериев эффективности и результаты проведенных эксплуатационных испытаний.

7.6 Планирование на случай непредвиденных обстоятельств

7.6.1 Общие положения

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

a) фактическое повреждение глаз;

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

c) воздействие сверх МДВ, которое могло вызвать повреждение глаз.

При фактическом или предполагаемом опасном воздействии лазерного излучения или другой лазерной опасности (авария) или возможного отказа защитной системы, которая могла бы привести к аварии (инциденту), лазерное излучение должно быть немедленно прекращено.

7.6.2 Решение проблемы фактического повреждения глаз

Должен быть разработан план оказания помощи человеку, получившему травму глаза после воздействия лазерного излучения. Необходимо учитывать следующие факторы:

a) следует незамедлительно принять меры по оказанию первой помощи, которые могут включать обращение за медицинской помощью. Если не указано иное, пострадавший должен сидеть;

b) как правило, целесообразно рассматривать инцидент как требующий оказания неотложной медицинской помощи, в связи с чем следует принять незамедлительные меры по транспортировке пострадавшего в соответствующее медицинское учреждение — как правило, это травматологический пункт или больница скорой помощи — из-за риска шока;

c) основная информация о лазерном излучении должна быть передана медицинскому работнику, сопровождающему пострадавшего в больницу. Такая информация необходима для определения той части глаза, которая наиболее вероятно была подвергнута риску повреждения излучением определенной длины волны;

d) план должен быть записан, легкодоступен и отрепетирован в соответствующие периоды. Целесообразно разработать пакет информации, которую можно легко отправить вместе с травмированным человеком в медицинское учреждение.

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 излучения будет термический ожог. Это должно рассматриваться так же, как ожог, вызванный пламенем или воздействием горячей поверхности или вещества. Следует обратиться за медицинской консультацией по вопросу о том, требуется ли обращение в медицинское учреждение с учетом глубины и площади ожога.

7.6.4 Решение проблемы с подозрением на повреждение глаз

Если видимая травма глаза отсутствует или оценка риска показала, что воздействие на глаза лазерного излучения сверх МДВ было маловероятным, то любой подозрительный инцидент вряд ли потребует экстренного обращения в медицинское учреждение. Если лазерное излучение имело потенциальную опасность для сетчатки (длина волны излучения от 400 до 1400 нм), то может быть целесообразным провести быструю проверку зрительной функции попросив человека прочитать небольшой текст.

7.7 Отчетность об инцидентах и расследование несчастных случаев

О любом происшествии должно быть сообщено руководству организации, организовавшей лазерное зрительное мероприятие, и местной администрации объекта, на котором произошло происшествие.

Примечание — В некоторых странах законодательство требует сообщать о несчастных случаях на производстве и вне его 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. Выводы этого расследования должны быть задокументированы. При инциденте следует определить причину возможного отказа системы защиты, а также внести любые необходимые изменения в систему защитных органов управления перед повторным использованием лазера.

8 Управление рисками лазерного воздействия

8.1 Риск воздействия лазерного излучения

Внутреннее разнообразие типов лазерного излучения, используемого в лазерных проекторах, и диапазон местоположений, в которых может быть расположен проектор, приводят к широкому диапазону факторов риска, влияющих на общий риск воздействия на человека при выполнении конкретного лазерного зрелищного мероприятия. Оценку рисков следует использовать для выявления конкретных опасностей и принятия решений о надлежащих мерах контроля для снижения риска. Сложность установки лазерного проектора будет иметь некоторое влияние на риск, связанный с показами, при которых используется большое количество лазерных проекторов или во время которых используются движущиеся лазерные пучки, что приводит к управлению намного большим количествам параметров, чем в случае с одним устройством со стабильными пучками и недоступными для излучения областями.

В общих чертах потенциал воздействия и, следовательно, риск любого лазерного воздействия 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 — Категория лазерного эффекта

Недоступный эффект	Потенциально доступный эффект	Преднамеренно доступный эффект
Нет доступных зон	Пучки, превышающие соответствующие доступные МДВ, но не предназначенные для воздействия	Преднамеренное облучение исполнителей, зрителей или и тех и других
Расположение лазерного проектора, его стабильность и разделительные расстояния, а также средства их достижения гарантируют, что лазерные пучки не доступны зрителям, исполнителям или вспомогательному персоналу. Инженерные средства управления должны включать ограждения, где это необходимо, и физическую маску, чтобы предотвратить неисправность, направляющую лазерные пучки за пределы предполагаемой проекционной области	Расположение лазерного проектора делает траектории пучка доступными для исполнителей или вспомогательного персонала. Как правило, требуется создание зоны управлением лазером. Для предотвращения случайного воздействия требуются средства управления. Инженерные средства управления, такие как бесконтактные датчики для контроля излучения, как правило, предпочтительнее процедурных средств управления, таких как инструкции и предупреждения для работников, которые могут быть проигнорированы или забыты. Требуется дополнительное внимание при управлении доступными лазерными эффектами во время представления	Эффекты типа освещения аудитории. Может также использоваться для освещения исполнителя. Требует оценки по соответствующему МДВ. Должна быть проведена проверка уровней воздействия, используемых для создания лазерного эффекта. Если воздействие зависит от защиты от отказа при сканировании для обеспечения соответствия МДВ, то установка требует оценки эффективности и надежности защиты от отказа при сканировании. Может потребоваться создание зоны контролируемого лазерного излучения

8.2 Факторы риска и средства контроля зрелищных мероприятий с применением лазеров

8.2.1 При проведении лазерного зрелищного мероприятия существуют различные этапы его реализации: проектирование, установка и построение, выравнивание проекционной зоны, эксплуатация (репетиция и представление). На каждом этапе, в ходе которого используют лазерное излучение, результат оценки должен определять вероятность присутствия людей в доступных для излучения зонах или вблизи них, которые превышают соответствующие МДВ. Если риск воздействия существует, то следует принять меры предосторожности, чтобы держать людей подальше от траекторий пучка. Если невозможно использовать лазеры, в области полностью свободной от людей, она должна быть обозначена как зона с контролируемым лазерным излучением. Следует ожидать, что зоны, которые должны быть обозначены как зоны присутствия управляемого лазерного излучения, могут изменяться в течение всего жизненного цикла реализации зрелищного мероприятия. Аналогичным образом, области, занятые людьми, могут меняться в зависимости от положения установки, времени репетиции и представления, что также следует учитывать.

8.2.2 Лазерно-опасные зоны должны быть обозначены, идентифицированы и введены в действие до процедуры выравнивания пучка или проведения лазерного представления.

8.2.3 Юстировка должна проходить, когда в непосредственной близости от лазерно-опасной зоны работает меньше всего людей. Примерами того, как это может быть реализовано, являются согласование времени проведения с местной администрацией, которая может предпринять шаги по временному сокращению числа людей, работающих в той или иной зоне, временного ограничения доступа, или согласование с администрацией, руководящей построением декораций, времени работ по проведению выравнивания во время перерыва в работе производственной бригады.

8.2.4 Предупреждающие знаки об использовании лазера необходимо размещать рядом с лазерными проекторами или доступными зонами лазерных эффектов, на месте, где они будут видны работникам. Знак должен состоять из стандартного символа лазерного предупреждения (ISO 7010-W004:2011-05). Несмотря на то, что лазерные эффекты не доступны во время подготовки и проведения представления, необходимо информировать о наличии лазерных устройств при работающем на высоте персонале или при возможности незапланированного перемещения лазерного проектора, при котором лазерное излучение может начать воздействовать на людей. Пример показан на рисунке 6a). Когда требуется обозначить зону с управляемым лазерным излучением, она должна быть четко идентифицирована с помощью табличек [см. рисунок 6b)], предупреждающих о том, что зона существует. Могут также потребоваться дополнительные обязательные или запрещающие знаки, например для ограниче-

ния 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, касающиеся спецификации и использования предупреждающих знаков. Знак должен содержать имя и контактные данные ответственного лица на месте проведения лазерного представления. Предупреждающие знаки не должны использоваться как самодостаточные средства контроля. Значение, важность и последствия игнорирования знаков должны быть разъяснены работникам, для которых эта информация актуальна. Это может быть выполнено во время общего вводного инструктажа для рабочих.



a) b)

Рисунок 6 — Знаки, предупреждающие об опасности лазерного излучения

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

8.2.6 Зоны с лазерным контролем помогают выявить опасные зоны, но создают проблемы в производственной среде, где большинство сотрудников и членов съемочной группы будут иметь права аккредитации, позволяющие им получить полный доступ к обычно ограниченным частям объекта. Для обеспечения соблюдения работниками мер безопасности в лазерно-опасной зоне, необходимо убедиться, что все работники знают о назначении этой области и о том, каков риск при входе в нее. Информация о потенциальном риске воздействия лазерного излучения должна быть доведена до каждого работника, который должен выполнять задачи в зоне лазерной опасности или рядом с ней. Целесообразно вести журнал проведения инструктажа.

8.2.7 Контрольные списки могут быть полезны как для 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 места проведения лазерного представления целесообразно подготовить набор требований для поставщиков лазерных проекторов до прибытия их на площадку. Это может выделить проблемы установки, специфичные для конкретного места, что поможет поставщику планировать и учитывать их. Поставщик может дополнительно узнать, что от него требуется, во время проведения работ на месте, какой протокол существует для информирования местной администрации перед включением лазера и излучением пучка (пучков).

9 Оценка воздействия

9.1 Рекомендация

Оценку воздействия следует проводить каждый раз при возникновении облучения зрительской аудитории. Оценка необходима для того, чтобы любое воздействие соответствовало МДВ 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 МДВ не превышалось.

9.2 Руководство

Процесс, отражающий общие трудности и подходы к проведению успешных оценок воздействия, приведен ниже. Те, кто качественно и количественно оценивает воздействие лазера, должны быть ознакомлены с принципами измерения параметров оптического излучения лазера, а также понимать соответствующие положения, описанные в IEC TR 60825-13 [6] и IEC TR 60825-14 [7].

9.3 Трудности

9.3.1 Лазерные эффекты производятся главным образом за счет перемещения и модуляции пучка или пучков лазерного излучения. Это сделано намеренно для создания разнообразного диапазона 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 излучения неизвестен или неправильно понят, ошибки в процессе измерения, скорее всего, приведут к преуменьшению существующей опасности.

9.3.2 Для достижения лазерных эффектов пучок часто модулируют или сканируют, это означает, что фактическое воздействие происходит в виде короткого импульса или последовательности импульсов энергии, в момент прохождения пучка через глаз, или при оценке возможного воздействия в момент прохождения средства измерения. Это известно как эффективная длительность импульса (см. рисунок 7). Большинство коммерчески доступных стандартных лазерных измерителей мощности не подходят для непосредственного измерения параметров сканирующих или промодулированных лазерных пучков, поскольку они не способны разрешить то, что, как правило, может быть импульсом энергии, продолжительность которого составляет несколько десятков микросекунд. Таким образом, любой прибор, используемый для измерения, должен иметь соответствующую ширину полосы пропускания для разрешения импульса, создаваемого сканирующим лазерным пучком.

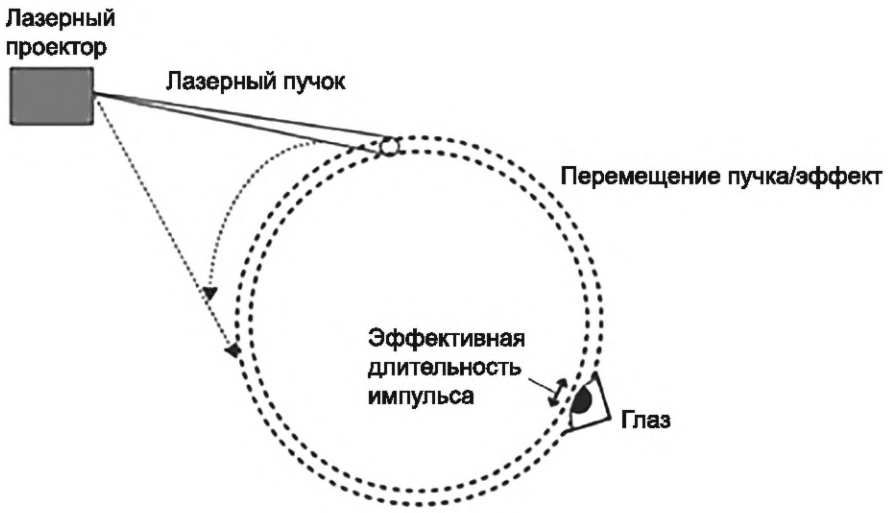


Рисунок 7 — Эффективная длительность импульса

9.3.3 Характер сканируемых лазерных эффектов приводит к тому, что лазерный измерительный детектор принимает короткие импульсы оптической энергии (см. рисунок 7). В зависимости от типа детектора и электроники, выбора измерительной системы, измерительный прибор может быть способен

определить пиковую мощность, создаваемую максимальной амплитудой энергетических импульсов, а может и не быть в состоянии определить ее. Для любого эффекта сканирующего лазера пиковая мощность будет выше, чем средняя мощность, которая является функцией пиковой мощности во времени (см. рисунок 8). Большинство стандартных измерителей мощности лазера способны измерять только среднюю мощность. Для оценки опасности воздействия сканирующих лазерных эффектов стандартные лазерные измерители мощности не являются подходящим инструментом для проведения прямых измерений, поскольку для правильной оценки уровня воздействия должна быть известна пиковая мощность.

Примечание — Величина облучения может быть определена по показанию мощности при известной площади детектора.

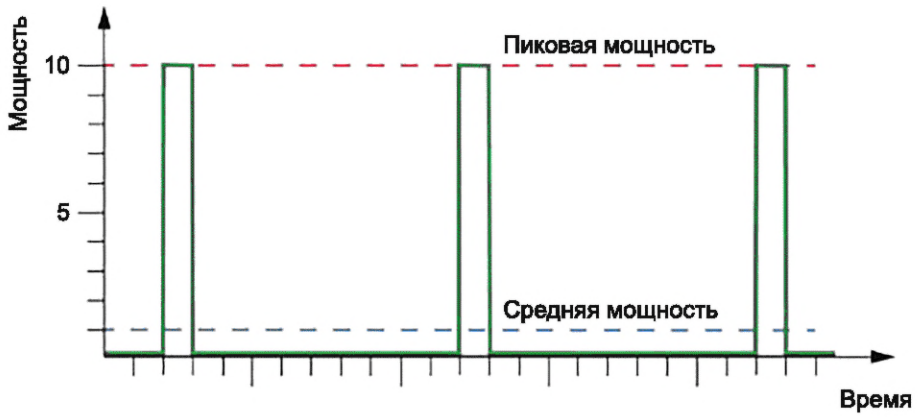


Рисунок 8 — Видимая последовательность импульсов на измерительном устройстве, показывающая различия между результатами измерения средней мощности, измеренной стандартным измерением мощности, и пиковой мощности, измеренной специализированным измерителем

9.3.4 Некоторые лазерные проекторы, включая те, которые не создают эффектов сканирования, изменяют интенсивность луча, изменяя рабочий цикл выходного лазерного пучка, а не уменьшая непрерывный ток, который подается на лазер. Изменение рабочего цикла 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 лазерного излучения для измерения мощности 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 пучка, 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, юстировку детекторов и временные ограничения, которые не позволяют проводить большое количество повторных измерений для уменьшения неопределенности. Эти факторы следует учитывать при определении достоверности результатов измерения.

9.3.6 Любое лицо, присутствующее при проведении измерений, включая лицо или лиц, проводящих измерения, должно принять достаточные меры безопасности для защиты себя и других лиц от прямого или отраженного воздействия лазерного излучения, превышающего допустимые уровни воздействия. Измерительная аппаратура может создавать дополнительные отражения при попадании на нее лазерного пучка.

9.3.7 Уровни воздействия, присутствующие в конкретном месте, первоначально неизвестны и могут превышать МДВ. Кроме того, для того чтобы провести некоторые измерения, возможно, потребуется проецировать пучки, которые преднамеренно превышают МДВ, на доступные участки. Поэтому временные лазерно-опасные зоны должны быть идентифицированы, определены и управляемы.

9.4 Указания по оценке воздействия лазерного излучения

9.4.1 Оценка уровня лазерного облучения представляет собой сложную задачу, которую должны выполнять только лица, хорошо разбирающиеся в лазерной оценке МДВ и имеющие опыт проведения лазерных измерений с соответствующими средствами измерения.

9.4.2 МДВ должно относиться к группе людей, для которой воздействие доступно, как описано в 5.2, 5.3 и 5.4. Преднамеренное облучение зрителей должно предполагать минимальную продолжительность экспозиции 10 с. Воздействие лазерного излучения часто создает сложные последовательности импульсов, где следует учитывать среднее и множественное МДВ импульсов. Подробная оценка МДВ не приведена в настоящем стандарте. Менее строгие значения МДВ (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 отказа при сканировании используется наряду с МДВ, эффективность защиты от отказа при сканировании должна учитываться, как указано в 9.6. Кроме того, время реакции защиты от отказа при сканировании должно быть недостаточно быстрым, чтобы гарантировать, что соответствующий МДВ 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 МДВ.

9.5 Указания по измерениям

9.5.1 Рекомендуется использовать приемник с апертурой диаметром 7 мм, чтобы обеспечить правильное усреднение измеренного пучка по площади.

9.5.2 Приемник следует использовать для определения местонахождения любых локализованных областей с более высоким уровнем излучения, которые могут присутствовать в пучке. Лазерные эффекты, которые были созданы с дифракционным оптическим элементом или имели пучок, модифицированный расходящейся линзой, более восприимчивы к проявлению переменных характеристик излучения.

9.5.3 Как правило, для измерения используют кремниевый фотодиодный приемник, поскольку он имеет более быстрое время отклика, чем термопарный приемник. Нелинейный отклик на длину волны, присущий фотодиодным приемникам, следует рассматривать, имея соответствующие калибровочные коэффициенты для отдельных длин волн или используя корректирующий фильтр.

9.5.4 Временные характеристики лазерного излучения, создаваемые лазерным эффектом и измеряемые приемником излучения, должны быть известны для обеспечения того, чтобы средство измерения имело 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 заявленной пиковой освещенности. Это можно обеспечить посредством фотодиода и осциллографа.

9.5.5 Характеристики угла срабатывания приемника по отношению к падающему пучку 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.

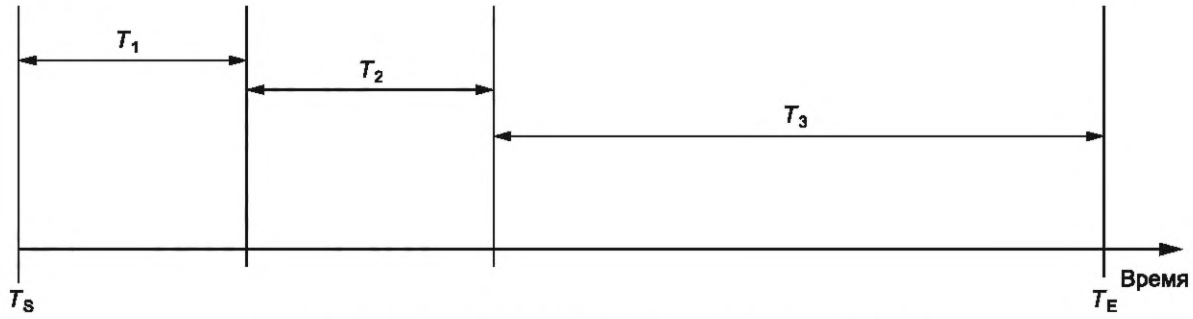
9.5.6 Следует учитывать повторяемость измерений, в которых должны регистрироваться такие факторы, как позиционирование приемника, настройки захвата и юстировка, а также параметры характеристик лазерного эффекта. На повторяемость могут влиять условия окружающей среды, потенциально влияющие как на характеристики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

9.5.7 Для мобильного оборудования часто накладывается ограничение на время настройки. Это обстоятельство не является оправданием для снижения качества проведения пусконаладочных работ.

9.5.8 Средство измерения следует регулярно поверять или калибровать по соответствующим стандартам.

9.6 Защита от отказа при сканировании

9.6.1 Защита от отказа при сканировании — это инженерный контроль, который отслеживает компоненты отклонения или перемещения лазерного проектора, используемого для создания лазерного эффекта. Он может дополнительно контролировать выходную мощность пучка или пучков. Необходимо понимать эффективное время реакции защиты при отказе при сканировании, которое является моментом, начиная с момента возникновения неисправности и заканчивая исправлением, как показано на рисунке 9.



T_S — момент начала отказа; T_E — момент прекращения воздействия

$$T_E - T_S = T_1 + T_2 + T_3,$$

где T_1 — временно́й интервал реакции на неисправность;

T_2 — временно́й интервал запуска контрольной меры;

T_3 — временно́й интервал от момента запуска до момента активации защитной функции.

Рисунок 9 — Временно́й интервал, в течение которого защита от отказа при сканировании будет эффективной после запуска

9.6.2 Существует распространенное заблуждение о том, что наличие защиты от отказа при сканировании позволяет безопасно использовать лазерные пучки высокой мощности с высоким потенциалом пикового излучения для эффектов облучения аудитории. Но при рассмотрении эффективных длительностей импульсов во временной области, типичных для лазерных эффектов облучения аудитории, допустимое увеличение пиковой освещенности не следует за изменениями порядков величины для результирующего уменьшения длительности экспозиции. В качестве примера в таблице 3 рассматривается диапазон длительностей воздействия и применимые для малого одноимпульсного источника значения МДВ, 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 определяется 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 при сканировании в течение времени отклика.

Таблица 3 — МДВ для прямого воздействия на глаза и эквивалентная мощность через отверстие диаметром 7 мм

Продолжительность экспозиции или время отклика защиты при отказе при сканировании		МДВ как освещенность, Вт/м^2	МДВ как освещенность, мВт/см^2	Эквивалентная мощность (мВт) через круглое отверстие диаметром 7 мм
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
Практическое время отклика защиты при отказе при сканировании	100 мс	32,0	3,2	1,2
	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

Окончание таблицы 3

Продолжительность экспозиции или время отклика защиты при отказе при сканировании	МДВ как освещенность, Вт/м^2	МДВ как освещенность, мВт/см^2	Эквивалентная мощность (мВт) через круглое отверстие диаметром 7 мм
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 МДВ для небольшого источника видимого излучения.

9.6.3 Оценка должна учитывать объем ошибок сканирования, которые может обнаружить защита при отказе при сканировании, и обеспечивать, чтобы любые параметры, предполагаемые системой, были установлены для обеспечения защиты, соответствующей применению, для которого используется лазерный проектор. При обнаружении стационарного пучка основные средства защиты блокируют выход излучения. Для уровней облучения с пиковой мощностью излучения более 10 Вт/м^2 такие элементарные меры защиты недостаточны для защиты от потенциальной дозы облучения, создаваемого сложными схемами сканирования, используемыми в основном для лазерных эффектов. Таких систем недостаточно также для рассмотрения последствий кумулятивного воздействия. Более комплексные системы защиты должны учитывать и ограничивать воздействие среднего и многократного импульсного воздействия. При воздействии на небольшой источник видимого излучения (как это используется в большинстве применений, показывающих свет), если необходимо оправдать использование пикового уровня излучения более чем 10 Вт/м^2, следует провести детальную оценку излучения сканирования по применимым МДВ и эффективности защиты при отказе при сканировании.

9.6.4 Следует учитывать режимы отказа фактической защиты от отказа при сканировании, где как правило, для эффективных систем в конструкцию встроено резервирование.

9.6.5 Для каждой новой лазерной установки необходимо провести оценку и тестирование защитных функций при отказе при сканировании, чтобы убедиться в правильности установки параметров. Тестирование функций следует проводить через регулярные промежутки времени для стационарных установок, использующих защиту от отказа при сканировании. Необходимо вести журнал записи проверок.

10 Отдельно рассматриваемые факторы

10.1 Голографические изображения

Отдельно рассматривают зрелищные мероприятия с применением лазера, включающие в себя воспроизведение голографических изображений. Особое внимание необходимо уделить тому, чтобы лазерные пучки, используемые для воспроизведения, не облучали посетителей или других людей выше предельных значений, определенных в 5.2—5.4.

10.2 Ультрафиолетовое и синее лазерное излучение

Ультрафиолетовое (длина волны менее 400 нм) и синее (длина волны примерно до 500 нм) излучение иногда используют для того, чтобы вызвать флюоресценцию экранов или специально подготовленных мишеней. В таких случаях требуется особое внимание из-за наличия невидимого излучения. Ультрафиолетовые лазерные пучки не должны быть направлены на зрителей, чтобы не вызвать флюоресценцию одежды и косметики. Кроме риска прямого или косвенного облучения ультрафиолетовым излучением, возможно накопление во времени облучения во время представления, и значение МДВ фотохимического воздействия не должно быть превышено для предполагаемой совокупной продолжительности облучения.

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 60825-1	IDT	ГОСТ IEC 60825-1—2023 «Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 1. Классификация оборудования и требования»
Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандарта: - 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 (all parts), 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 gost.e-ecolog.ru iso.org/obp (Символы графические. Цвета и знаки безопасности. Зарегистрированные знаки безопасности, доступные по адресу gost.e-ecolog.ru)

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

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

УДК 621.375.826:006.354 МКС 13.110 31.260 IDT

Ключевые слова: лазерная аппаратура, лазерный проектор, проведение зрелищных мероприятий с применением лазеров, видимое лазерное излучение, лазерная безопасность

Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 16.10.2024. Подписано в печать 23.10.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,18. Уч.-изд. л. 3,55.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

Поправка к ГОСТ IEC TR 60825-3—2024 Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 3. Руководящие указания по применению лазеров для зрелищных мероприятий

В каком месте	Напечатано	Должно быть		
Предисловие. Таблица согласования	—	Таджикистан	TJ	Таджикстандарт

(ИУС № 3 2026 г.)

gost.e-ecolog.ru