ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 11553-1— 2025

Безопасность машин и механизмов

СТАНКИ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

Часть 1

Общие требования безопасности при работе с лазерами

(ISO 11553-1:2020, Safety of machinery — Laser processing machines — Part 1: Laser safety requirements, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2025

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью «Лазеры и оптические системы» (ООО «ЛОС») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 296 «Оптика и фотоника»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 8 октября 2025 г. № 1173-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 11553-1:2020 «Безопасность оборудования. Оборудование для лазерной обработки. Часть 1. Требования к лазерной безопасности» (ISO 11553-1:2020 «Safety of machinery — Laser processing machines. Part 1: Laser safety requirements», IDT).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2012 (пункт 3.5).

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

Дополнительная сноска в тексте настоящего стандарта, выделенная курсивом, приведена для устранения технической ошибки

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© ISO, 2020
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2025

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Опасные факторы лазерного излучения 5
4.1 Общие положения 5
4.2 Опасные факторы лазерного излучения и источники опасных факторов 6
4.3 Источники опасных факторов лазерного излучения, обусловленные внешними воздействующими факторами (воздействиями) 7
4.4 Характеристики лазерного излучения 7
5 Требования и меры безопасности 7
5.1 Общие требования 7
5.2 Оценка рисков, связанных с опасностью лазерного излучения 8
5.3 Реализация мер по снижению риска 8
5.3.1 Общие положения 8
5.3.2 Меры безопасности в отношении опасностей, связанных с лазерным излучением, в зависимости от местоположения 8
5.3.3 Требования к защите от лазерного излучения 10
5.3.4 Меры технического контроля 13
6 Правила проверки требований безопасности и защитных мер 13
7 Требования к эксплуатационной документации 15
8 Маркировка 16
Приложение А (справочное) Потенциальные опасности 17
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным и межгосударственным стандартам 19
Библиография 20

Введение к ИСО 11553-1:2020

ИСО (Международная организация по стандартизации) — всемирная организация национальных органов по стандартизации (комитетов — членов ИСО). Работу по подготовке международных стандартов, как правило, выполняют технические комитеты ИСО. Все участники комитета, заинтересованные в аспекте, по поводу которого был учрежден комитет, имеет право на представительство в этом комитете. Международные организации (как правительственные, так и неправительственные) совместно с ИСО также принимают участие в работе. ИСО тесно сотрудничает с Международной электротехнической комиссией (МЭК) по всем вопросам стандартизации в электротехнической сфере.

Процедуры, использованные при разработке стандарта ИСО 11553-1:2020, и процедуры, предназначенные для его дальнейшего поддержания, описаны в Директивах ИСО/МЭК, часть 1. В частности, следует отметить различные критерии утверждения, необходимые для разных типов документов ИСО. Настоящий стандарт был подготовлен в соответствии с редакционными правилами Директив ИСО/МЭК, часть 2 (см. gost.e-ecolog.ru).

Некоторые положения данного стандарта могут являться объектом патентных прав. ИСО не несет ответственность за признание какого-либо или всех патентных прав. Подробная информация о любых патентных правах, выявленных в ходе разработки стандарта, будет приведена во введении и/или в списке полученных патентных деклараций ИСО (см. gost.e-ecolog.ru).

Любое торговое наименование, использованное в данном стандарте, носит информационный характер и не является одобрением.

Для объяснения добровольного характера стандартов, значения специальных терминов и выражений ИСО, связанных с оценкой соответствия, а также информации о соблюдении ИСО принципов Всемирной торговой организации (ВТО) в технических барьерах в торговле (ТБТ) см. gost.e-ecolog.ru foreword.html.

Стандарт ИСО 11553-1:2020 был подготовлен Техническим комитетом ISO/TC 172 «Оптика и фотоника», подкомитетом SC 9 «Лазерные и электрооптические системы» в сотрудничестве с IEC/TC 76 «Безопасность оптического излучения и лазерное оборудование».

Настоящее второе издание отменяет и заменяет первое издание (ИСО 11553-1:2005), которое было технически пересмотрено со следующими основными изменениями:

- добавлены термины «система передачи лазерного излучения», «элемент в оптическом пути лазерного пучка», «элемент системы формирования лазерного пучка», «элемент управления направлением лазерного пучка», а также «волоконно-оптический кабель» и «волоконно-оптический соединитель»;
- изменена структура документа;
- адаптировано название;
- другие опасности, кроме опасности лазерного излучения, не рассматриваются в данном документе, но описаны в приложении А;
- добавлены режимы работы (автоматический режим, режим настройки, режим ручного вмешательства, режим обслуживания) и режим переключения режимов работы;
- раздел 5 разделен на требования, касающиеся различных местоположений и различных режимов работы;
- в разделе 6 более подробно описаны процедуры проверки;
- приложение В было удалено.

Список всех частей ИСО 11553 можно найти на сайте ИСО.

Любые отзывы или вопросы по данному стандарту следует направлять в национальный орган по стандартизации. Полный список этих органов можно найти на сайте gost.e-ecolog.ru .

В Директиве по безопасности машин и механизмов, изданной Европейским парламентом и Советом ЕС, изложены основные и обязательные требования, которые должны быть выполнены для обеспечения безопасности машин и механизмов. В ответ на это CEN/CENELEC инициировал программу по разработке стандартов по безопасности машин и механизмов, и их безопасного применения. Стандарт ИСО 11553-1:2020 является одним из них.

Данный стандарт был подготовлен в качестве гармонизированного стандарта для обеспечения соответствия основным требованиям безопасности Директивы по оборудованию и соответствующим правилам ЕАСТ.

Настоящий стандарт является стандартом типа В, как указано в ИСО 12100. Положения настоящего стандарта могут быть дополнены или изменены стандартом типа С.

Для машин и механизмов, на которые распространяется область применения стандарта типа С и которые были спроектированы и изготовлены в соответствии с положениями этого стандарта, положения стандарта типа С имеют приоритет над положениями данного стандарта типа В.

Цель данного стандарта — предотвратить нанесение вреда здоровью человека путем:

- описания потенциальных опасностей лазерного излучения, создаваемых машинами и механизмами, содержащими лазеры;
- определения мер безопасности и проверок, необходимых для снижения риска, связанного со специфическими опасностями;
- предоставления ссылок на соответствующие стандарты;
- перечисления информации, которая должна быть предоставлена пользователям для того, чтобы они могли соблюсти обязательные процедуры и меры безопасности.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Безопасность машин и механизмов

СТАНКИ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

Часть 1

Общие требования безопасности при работе с лазерами

Safety of machinery. Laser processing machines. Part 1. Laser safety general requirements

Дата введения — 2026—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт описывает опасности лазерного излучения, возникающие при эксплуатации станков для лазерной обработки, определение которых приведено в 3.7. В настоящем стандарте установлены требования безопасности, связанные с лазерным излучением, а также определена информация, которую должен предоставлять изготовитель (с учетом требований, указанных в серии стандартов МЭК 60825).

Требования к защите от шума как от опасности, связанной с работой станков для лазерной обработки, приведены в ИСО 11553-3:2013.

Настоящий стандарт распространяется на все изделия, предназначенные для обработки материалов с использованием лазерного излучения.

Настоящий стандарт не распространяется на лазерные станки и лазерные установки на их основе, которые изготавливают с целью применения в таких областях как:

- фотолитография;
- стереолитография;
- голография;
- медицина (согласно МЭК 60601-2-22);
- хранение данных.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты [для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных — последнее издание (включая все изменения)]:

ISO 3864 (all parts), Graphical symbols — Safety colours and safety signs (Графические символы. Цвета безопасности и знаки безопасности)

ISO 11145:2018, Optics and photonics — Lasers and laser-related equipment — Vocabulary and symbols (Оптика и фотоника. Лазеры и лазерное оборудование. Словарь и символы)

ISO 12100:2010, Safety of machinery — General principles for design — Risk assessment and risk reduction (Безопасность машин. Общие принципы проектирования. Оценка риска и снижение риска)

ISO 13849-1:2015, Safety of machinery — Safety-related parts of control systems — Part 1: General principles for design (Безопасность оборудования. Части систем управления, связанные с безопасностью. Часть 1. Общие принципы проектирования)

Издание официальное

ISO 13849-2:2012, Safety of machinery — Safety-related parts of control systems — Part 2: Validation (Безопасность машин. Части систем управления, связанные с безопасностью. Часть 2. Валидация)

ISO 13850:2012, Safety of machinery — Emergency stop — Principles for design (Безопасность машин. Аварийный состав. Принципы проектирования)

IEC 60204-1:2016, Safety of machinery — Electrical equipment of machines — Part 1: General requirements (Безопасность машин. Электрооборудование машин. Часть 1. Общие требования)

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

IEC 60825-4:2006, Safety of laser products — Part 4: Laser guards (Безопасность лазерных изделий. Часть 4. Защитные устройства лазеров)

IEC 62061:2005, Safety of machinery — Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems (Безопасность машин. Функциональная безопасность электрических, электронных и программируемых электронных систем управления, связанных с безопасностью)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ИСО 11145:2018, ИСО 12100:2010, МЭК 60825-1:2014 и МЭК 60825-4:2006, а также следующие термины с соответствующими определениями.

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

- платформа онлайн-просмотра ИСО: доступна на gost.e-ecolog.ru .;
- Электропедия МЭК: доступна на gost.e-ecolog.ru .

3.1 **система передачи лазерного излучения** (beam delivery system): Комбинация всех элементов, предназначенных для передачи лазерного излучения, генерируемого лазером (термин «лазер» согласно МЭК 60825-1:2014) на обрабатываемую деталь, включая все оптические элементы, расположенные по ходу распространения лазерного пучка, элементы, предназначенные для управления траекторией пучка, а также корпусные элементы.

В состав системы передачи лазерного излучения входят как сами оптические элементы, используемые для направления, формирования и коммутации лазерного излучения, так и корпусные и крепежные составляющие.

[МЭК 60825-4:2006/AMD 2:2011, G.2.1, изменено — заменено «обрабатываемую деталь. Эти оптические элементы могут представлять из себя» на «обрабатываемую деталь, включая оптические элементы» и «лазерный пучок» на «лазерные пучки»]

3.2 **элемент в оптическом пути лазерного пучка** (beam path component): Оптический элемент, расположенный по ходу распространения лазерного пучка.

[МЭК 60825-1:2014, 3.16]

Пример — Зеркало, изменяющее направление распространения пучка, формирующая оптика, волоконно-оптические кабели или волоконно-оптические коннекторы.

3.3 **элемент системы формирования лазерного пучка** (beam shaping component): Оптический элемент, расположенный по ходу распространения лазерного пучка, который предназначен для формирования нужной конфигурации продольного и/или поперечного сечения лазерного пучка, включая диафрагмы, отражающие и преломляющие оптическое излучение элементы, оптические элементы, работающие за счет волновых свойств света.

Пример — Линза или сумматор.

3.4 **элемент управления направлением лазерного пучка** (beam switching component): Оптический элемент или совокупность таких элементов, устанавливаемых по ходу распространения лазерного пучка для его направления по заданной (заданным) траекториям или отклонения в заданном направлении (направлениях) под действием внешнего управления.

Примечание — Внешнее управление позволяет переключать/выбирать определенное направление распространения лазерного пучка.

3.5 **волоконно-оптический кабель** (fibre optic cable): Оптический элемент, используемый для передачи лазерного излучения в светопроводящей среде.

Примечания

1 Волоконно-оптический кабель может быть оснащен датчиками для контроля обрыва и/или температуры.

2 Волоконно-оптический кабель состоит из сердцевины, выполненной из стекла или другого материала, по которой распространяется лазерное излучения, и защитной оболочки, покрывающей сердцевину. Для защиты волоконно-оптического кабеля от механических деформаций, влаги и других воздействий внешнюю защитную оболочку волокна дополнительно покрывают слоем защитного материала, в качестве которого используют полимер или металл. В настоящем стандарте данный термин применен и в отношении других передающих элементов, например, таких как волноводы.

3.6 **волоконно-оптический соединитель** (fibre connector): Волоконно-оптический элемент, предназначенный для соединения волоконно-оптического кабеля с другими элементами по ходу распространения лазерного пучка.

Примечания

1 Волоконный-оптический соединитель может быть оснащен датчиком наличия волокна, указывающим на подключение к соединителю волокна (подключено/отключено).

2 Как правило, волоконно-оптические соединители используют для подключения волокна к лазеру и лазерной технологической головке.

3.7 **станок для лазерной обработки** (laser processing machine): Станок, готовый к эксплуатации с точки зрения работы по назначению и безопасности использования, с встроенным (встроенными) в него лазером (лазерами), который (которые) в пределах обрабатываемой детали способен обеспечить уровень энергии или мощности лазерного излучения, достаточный для расплавления, испарения или фазового перехода.

3.8 **опасная зона; зона повышенной опасности** (hazard area, danger zone): Область пространства внутри и/или относительно станка для лазерной обработки, нахождение человек в которой может быть сопряжено с опасностью поражения лазерным излучением.

Примечание — Лазерная опасная зона — зона, в пределах которой энергетическая освещенность (облученность) или энергетическая экспозиция, создаваемые лазерным пучком, превышают уровень максимально допустимой экспозиции (МДЭ), включая случаи ошибочного отклонения лазерного пучка (см. определение в соответствии с МЭК 60825-1:2014).

3.9 **зона обработки** (process zone): <применительно к станкам для лазерной обработки> Область пространства, в которой лазерное излучение взаимодействует с материалом обрабатываемой детали.

3.10 **зона с контролируемым доступом** (location with controlled access): Область пространства, доступ к которой с точки зрения безопасности, разрешен только уполномоченным лицам, имеющим соответствующий допуск, которые прошли инструктаж/обучение по лазерной безопасности и специальную подготовку по обслуживанию соответствующей лазерной установки.

Примечания

1 Доступ в зону с контролируемым доступом обеспечивается комплексом защитных мер, например доступ по ключам, паролям.

2 См. таблицу 1.

Пример — Сервисные инженеры, которым необходимо работать в закрытой для доступа опасной зоне с превышением МДЭ в ее пределах. В этом случае защитные меры, наряду с технических средствами и организационными мерами, должны включать соответствующие средства индивидуальной защиты (лазерные защитные очки, защитную одежду).

3.11 **зона с ограниченным доступом** (location with restricted access): Область пространства, в которой нахождение персонала, принимающего участие в работе, не сопряжено с опасностью, однако нахождение в ней лиц, не соблюдающих требования лазерной безопасности, может быть сопряжено с опасностью поражения лазерным излучением.

Примечание 1 — Зона с ограниченным доступом — зона, в которой персонал, принимающий участие в работе, защищен от опасного воздействия лазерного излучения с помощью защитных ограждений и/или стен, защитных барьеров и иных защитных средств.

Примечание 2 — См. таблицу 1.

Пример — Эксплуатация станка для лазерной обработки, расположенного в помещении, которое является зоной с ограниченным доступом. Зона лазерной опасности закрыта вертикальными

передвижными защитными ограждениями/стенами, на которые нанесены соответствующие знаки лазерной опасности. Отраженное лазерное излучение может распространяться через припотолочное пространство (верхние этажи) или сквозь подвесные платформы. С лицами, имеющими доступ в помещение, проведен инструктаж по соблюдению требований безопасности (разъяснены правила и запреты).

3.12 **зона с неограниченным и неконтролируемым доступом** (location with unrestricted and uncontrolled access): Область пространства, доступ в которую не ограничен и не контролируется.

Примечание 1 — Область пространства, доступ к которой могут получить все лица, включая персонал, не задействованный в работе, и лица, не относящиеся к персоналу.

Примечание 2 — См. таблицу 1.

Примечание 3 — Обслуживание станка для лазерной обработки, используемого в общественном месте, следует проводить с организацией зоны с контролируемым доступом или зоны с ограниченным доступом.

Пример — Как правило, это относится к выставочным или демонстрационным образцам станков для лазерной обработки. Поскольку доступ к таким станкам имеют все лица, то станок не должен быть источником какой-либо опасности.

Таблица 1 — Описание зон

Зона	С контролируемым доступом	С ограниченным доступом	С неограниченным и неконтролируемым доступом
Лица, имеющие доступ	Уполномоченный и прошедший обучение по лазерной безопасности персонал	Персонал, обученный правилам лазерной безопасности	Все, включая лиц, не относящихся к персоналу

3.13 **автоматический режим работы** (automatic mode production): Режим работы <станков для лазерной обработки>, при котором станок используется по назначению (режим работы по назначению), включая:

- загрузку и выгрузку деталей и/или материалов, подлежащих обработке;
- обработку, во время которой лазерный пучок работает самостоятельно или в сочетании с другими инструментами.

Примечание 1 — В автоматическом режиме работы (при режиме работы по назначению) все средства защиты активны.

Примечание 2 — Загрузка/разгрузка станка может быть проведена в ручном режиме, с полной или частичной автоматизацией.

3.14 **режим настройки** (setting mode): Режим работы <станков для лазерной обработки>, во время которого уполномоченное лицо проводит юстировку или настройку лазера.

Примечание — Такой режим используют, например для замены заготовки, изменения траектории перемещения при обработке или изменения иных параметров процесса обработки. В режиме настройки средства защиты могут быть отключены, но при этом применяются дополнительные меры безопасности, позволяющие оператору безопасно вмешиваться в процесс обработки, такие как снижение скорости обработки, тактовый режим работы, значительное снижение выходной мощности лазера.

3.15 **режим ручного управления** (manual intervention mode): Режим работы <станков для лазерной обработки>, при котором лазерной обработке подвергают отдельные заготовки, а процессом обработки руководит оператор.

3.16 **режим технического обслуживания и ремонта** (service mode): Режим работы <станков для лазерной обработки>, предусмотренный для устранения отклонений от нормальной работы.

Пример — Диагностика неисправностей, демонтаж и ремонт оборудования, очистка оптических элементов, наладка или юстировка.

3.17 **переключатель режимов работы** (operating mode selector switch): Переключатель или иное устройство переключения в <станках для лазерной обработки>, которое фиксируется в каждом из выбранных положений, предназначенные для выбора режима работы станка для лазерной обработки, обеспечивающие сопутствующее включение предназначенных для выбранного режима работы защитных систем и операционных процессов.

Примечание — Включая устройство переключения, реализованное в виде программного обеспечения.

3.18 **модификация** (modification): Изменение станка, в результате которого станок может обрабатывать материал отличным от предусмотренного первоначально способом, либо может обрабатывать материалы в режимах отличных от предусмотренных первоначально, или которое касается показателей безопасности станка.

3.19 **сборочный узе**л (subassembly): Составная часть станка для лазерной обработки, необходимая для его правильной работы.

Примечание — Согласно МЭК 60825-1 сборочный узел лазерного изделия может быть лазерной аппаратурой любого класса.

3.20 **заготовка (обрабатываемая деталь)** (workpiece): Объект, предназначенный для обработки лазерным излучением, т.е. объект воздействия лазерного пучка.

3.21 **максимально допустимая экспозиция;** МДЭ (maximum permissible exposure, MPE): Уровень лазерного облучения, которому при нормальных условиях воздействия могут быть подвергнуты люди без риска неблагоприятных последствий.

Примечание 1 — Уровни МДЭ представляют собой предел, до которого глаза и кожа человека могут быть подвергнуты облучению без риска прямого или отложенного повреждения, и связаны как с длиной волны лазерного излучения, длительностью импульса и длительностью экспозиции, так и с типом подвергающейся воздействию биологической ткани, а для видимого и инфракрасного лазерного излучения — с длиной волны излучения в диапазоне от 400 до 1400 нм, еще и с размером изображения, формирующимся на сетчатке глаза. Уровни МДЭ (согласно имеющимся на сегодня день данным) указаны в МЭК 60825-1:2014 (приложение А).

Примечание 2 — Значения МДЭ, приведенные в МЭК 60825-1:2014 (приложение А), являются справочными и предназначены для того, чтобы изготовитель мог определить номинально безопасное расстояние для глаз (НБРГ), провести анализ риска и уведомить пользователя о правилах безопасной работы с изделием. Уровни допустимого воздействия на глаза и кожу персонала на рабочем месте и широкого круга лиц законодательно установлены во многих странах. Законодательно установленные в разных странах уровни допустимого воздействия могут отличаться от уровня МДЭ, установленного в МЭК 60825-1:2014 (приложение А).

[МЭК 60825-1:2014, 3.59, изменено — в примечаниях к статье включено указание МЭК 60825-1:2014 перед приложением А для ясности]

3.22 **номинально опасная зона для глаз;** НОЗГ (nominal ocular hazard area, NOHA): Область, внутри которой значения облученности или энергетической экспозиции превышают соответствующие значения максимально допустимого воздействия на роговицу, учитывая возможность случайного отклонения лазерного луча.

Примечание — Если в НОЗГ имеется возможность наблюдения через оптические устройства, то тогда ее называют «расширенная НОЗГ».

[МЭК 60825-1:2014, 3.64]

3.23 **прогнозируемый предел экспозиции;** ППЭ (foreseeable exposure limit, FEL): Максимальный уровень экспозиции лазерного излучения на переднелицевой поверхности средства защиты от лазерного излучения, полученный в течение интервала времени технического обслуживания и определенный при нормальных условиях эксплуатации и условиях разумно предсказуемых неисправностей.

[МЭК 60825-4:2014, 3.4]

4 Опасные факторы лазерного излучения

4.1 Общие положения

Станки для лазерной обработки могут быть источником широкого спектра различных опасностей. Настоящий стандарт рассматривает только (и исключительно) опасности, возникающие за счет лазерного излучения, создаваемого станками для лазерной обработки.

Сопутствующие опасные факторы, возникающие при взаимодействии лазерного пучка с материалом, например, такие как образование опасных и вредных веществ (дыма, паров, газов), риск пожара и/или взрыва, или образование вторичного ультрафиолетового или ионизирующего излучения, в данном стандарте не рассматриваются.

Иные опасные факторы, которые могут исходить от станка для лазерной обработки, приведены в приложении А.

Некоторые опасные факторы приведены в гармонизированных стандартах (например):

- методы снижения шума и измерения уровня шума, создаваемого станками и ручными обрабатывающими устройствами и связанного с ними вспомогательного оборудования (класс точности 2) согласно ИСО 11553-3:2013 (приложение А);
- оценка снижения рисков, возникающих в результате воздействия излучения (без учета лазерного и ионизирующего излучения), исходящего от машин согласно ЕН 12198-1, ЕН 12198-2 и ЕН 12198-3;
- оценка выбросов опасных веществ, содержащихся в воздухе, образующихся при обработке материалов лазерным излучением (таких как твердые частицы и газообразные вещества, например продукты горения, пары, газы), согласно ЕН 1093 (все части);
- снижение рисков для здоровья, возникающих от опасных веществ, выделяемых оборудованием согласно ИСО 14123-1 и ИСО 14123-2.

4.2 Опасные факторы лазерного излучения и источники опасных факторов

Опасность лазерного излучения может исходить от прямого или отраженного/рассеянного лазерного пучка. Необходимо учитывать как нормальную эксплуатацию, так и работу в условиях неисправности/разумно предсказуемой неисправности.

Возможными источниками прямого лазерного излучения являются:

a) апертура встроенного источника лазерного излучения;

b) система передачи лазерного излучения внутри станка для лазерной обработки;

c) лазерный пучок, выходящий из лазерной технологической головки (на обрабатываемую деталь);

d) лазерный пучок, выходящий из сканирующего устройства (на обрабатываемую деталь).

Возможными источниками отраженного лазерного излучения являются:

- элементы (с отражающей поверхностью) системы передачи лазерного излучения станка для лазерной обработки;
- держатель обрабатываемой детали (когда обрабатываемая деталь не установлена);
- элементы в зоне обработки;
- элементы внутри корпуса станка для лазерной обработки (например, система перемещения, всасывающие воздуховоды, части ограждений);
- деталь, обрабатываемая станком для лазерной обработки.

Свойства материала (например, шероховатость и отражательная способность поверхности), подвергающегося воздействию лазерного излучения, определяют тип отражения (прямое/зеркальное или рассеянное отражение) и следовательно степень опасности. Это определяет прогнозируемый предел экспозиции (ППЭ) как внутри защитного корпуса/кожуха станка для лазерной обработки, так и уровень энергетической освещенности (облученности) или энергетической экспозиции на рабочем месте или на определенном расстоянии от станка для лазерной обработки.

Конструктивные ошибки или дефекты компонентов станка для лазерной обработки могут стать источником опасности/опасного лазерного излучения (или неправильно направленного лазерного пучка), а именно:

- повреждения волоконно-оптического кабеля;
- повреждения неподвижных оптических элементов (например, зеркал, линз);
- смещение траектории лазерного пучка (за счет дефектных или неправильно расположенных оптических элементов);
- нарушения в работе подвижных элементов, управляющих направлением или принимающих участие в формирование лазерного пучка;
- неправильно работающая система перемещения или роботизированного позиционирования лазерной технологической головки;
- зазоры в защитном кожухе/защитном ограждении станка для лазерной обработки, через которые может распространяться лазерное излучение;
- дефекты защитного кожуха/корпуса/чехла.

Примечание — Информация об обоснованно прогнозируемых неисправностях, связанных с направлением пучка, приведена в МЭК 60825-4:2006 (приложение В).

Сбои в компонентах системы защиты или элементах системы управления, связанных с безопасностью (элемент системы управления, связанный с безопасностью (SRP/CS)), предназначенных для реализации функции защитной блокировки или защитного отключения лазерного пучка (например, с

помощью прерывателя или реле, управляющего источником питания лазера), могут стать причиной опасного лазерного излучения. В рамках реализации защитной системы могут быть предусмотрены следующие функции:

- аварийная остановка;
- блокировка открытия защитных заглушек или дверец для загрузки или выгрузки обрабатываемой детали с доступом к лазерному излучению;
- блокировка открытия дверей для входа в кабину лазерной установки, являющейся зоной лазерной опасности;
- блокировка демонтажа (вручную) волоконно-оптических соединителей, приводящего к доступу к прямому лазерному пучку;
- активный контроль защитных ограждений и смотровых окон на предмет повреждения лазерным излучением.

4.3 Источники опасных факторов лазерного излучения, обусловленные внешними воздействующими факторами (воздействиями)

Параметры питающей сети и условия окружающей среды, при которых эксплуатируется станок для лазерной обработки, могут привести к выходу станка из строя и возникновению опасных факторов, связанных с лазерным излучением, и/или необходимости нахождения кого-либо в опасной зоне.

К внешним воздействующим факторам могут быть отнесены:

- температура;
- влажность;
- единичные или непрерывные механические воздействия (удары/вибрация);
- пары, пыль или газы из окружающей среды;
- электромагнитные/радиочастотные помехи;
- перебои/колебания напряжения питающей сети;
- недостаточная аппаратная/программная совместимость или целостность деталей станка для лазерной обработки.

Пример — Условия окружающей среды могут оказать негативное влияние на характеристики лазерного пучка, что может ухудшить эффективность поглощения лазерного излучения обрабатываемой деталью; удары/вибрация могут вызвать смещение оптических элементов и следовательно лазерного пучка.

4.4 Характеристики лазерного излучения

Опасности, связанные с лазерным излучением, зависят от характеристик лазерного излучения.

При анализе опасностей и оценке рисков, для описания лазерного излучения, в основном, но не только, учитывают следующие параметры:

- длина волны излучения;
- режим работы лазера (непрерывный (CW), импульсный);
- профиль пучка (модовый состав, распределение энергии по сечению пучка);
- параметры качества пучка: произведение параметров пучка (BPP), параметр распространения пучка (M^2), коэффициент распространения пучка (K);
- поляризация излучения;
- ППЭ внутри защитного кожуха/корпуса;
- энергетическая освещенность (облученность)/энергетическая экспозиция, возникающая на рабочем месте или на определенном расстоянии от станка для лазерной обработки;
- максимально возможное время экспозиции.

5 Требования и меры безопасности

5.1 Общие требования

Степень охвата опасностей указана в разделе 1.

Изготовитель обязан обеспечить безопасность использования станков для лазерной обработки путем:

а) идентификации опасностей и оценки рисков;

b) реализации мер безопасности для минимизации рисков, связанных с лазерным излучением;

c) верификации мер безопасности;

d) предоставления пользователю необходимой для безопасной эксплуатации информации.

На основании оценки рисков (согласно 5.2) при проектировании и изготовлении станка для лазерной обработки должны быть предусмотрены меры защиты от лазерного излучения.

5.2 Оценка рисков, связанных с опасностью лазерного излучения

Степень опасности, связанной с лазерным излучением, в значительной степени зависит от состояния станка для лазерной обработки. Поэтому оценку рисков, связанных с опасностью лазерного излучения, необходимо проводить:

- весь жизненный цикл станка, если применимо (примеры см. в ИСО 12100:2010);
- для всех режимов работы (режимы работы, указанные в разделе 3, приведены в качестве примеров. Режимы работы станка, включая терминологию и описание, должны быть определены в результате оценки рисков изготовителем самостоятельно);
- после каждой модификации станка лицом или организацией, ответственными за модификацию;
- для каждого случая использования не по назначению/выполнения операции, не предусмотренной назначением.

Оценка риска включает, но не ограничивается оценкой:

a) опасностей, вызванных прямым или отраженным лазерным излучением;

b) опасных зон, особенно тех, которые связаны с:

1) лазером или лазерной системой;
2) траекторией лазерного пучка/системой передачи лазерного излучения;
3) зоной обработки;
4) зоной лазерной опасности;
5) зоной, в которой лазерное излучение может ослепить человека;

c) источников опасных факторов лазерного излучения, обусловленных внешними воздействующими факторами, перечисленных в 4.3.

Результаты оценки риска должны быть документально зафиксированы. Принципы оценки риска см. в ИСО 12100:2010.

5.3 Реализация мер по снижению риска

5.3.1 Общие положения

При проектировании и изготовлении станка для лазерной обработки должны быть предусмотрены меры безопасности, направленные на обеспечение защиты от лазерного излучения, указанные в 5.3.2—5.3.4. Меры безопасности в отношении лазерного излучения должны соответствовать стратегии снижении рисков, установленной в ИСО 12100:2010.

5.3.2 Меры безопасности в отношении опасностей, связанных с лазерным излучением, в зависимости от местоположения

Примечание — Далее по тексту приведены требования к мерам безопасности в отношении опасностей, связанных с лазерным излучением, в зависимости от места эксплуатации станка для лазерной обработки.

5.3.2.1 Меры безопасности в зонах с неограниченным и неконтролируемым доступом

У станков для лазерной обработки, работающих в местах с неограниченным и неконтролируемым доступом, во всех режимах работы (рабочий или любой другой режим работы) должна быть полностью исключена возможность воздействия на людей лазерным излучением уровнем, превышающим предел допустимого излучения (ПДИ), установленный для лазерных изделий класса лазерной опасности 1.

Для выполнения этого требования должны быть соблюдены следующие условия:

- физически исключена возможность бесконтрольного доступа лиц в опасную зону, с применением технических защитных средств, предусмотренных в МЭК 60825-1:2014 и ИСО 12100:2010;
- для защиты от лазерного излучения использование специального защитного ограждения;
- реализация защиты от лазерного излучения с применением элементов системы управления, связанных с безопасностью (SRP/CS), с учетом требований ИСО 13849-1:2015.

Примечание — Как правило, используют защитный кожух или защитное ограждение/экран согласно МЭК 60825-4:2006.

Пример — Как правило, это относится к выставочным или демонстрационным образцам станков для лазерной обработки. Поскольку доступ к таким станкам имеют все лица, то станок не должен быть источником какой-либо опасности.

5.3.2.2 Меры безопасности в зонах с ограниченным доступом

В отношении станков для лазерной обработки, работающих в зонах с ограниченным доступом, должны быть предприняты преимущественно технические меры безопасности для предотвращения доступа человека в номинально опасную зону для глаз (НОЗГ), указанные в МЭК 60825-1:2014 и ИСО 12100:2010.

Для выполнения этого требования должны быть соблюдены следующие условия:

a) защитное ограждение и экран как технические меры безопасности должны снижать уровень лазерного излучения ниже уровня МДЭ для глаз и кожи. Элементы системы управления, связанные с безопасностью, должны соответствовать требованиям ИСО 13849-1:2015;

b) в дополнение к техническим мерам безопасности могут потребоваться организационные меры безопасности, ограничивающие доступ персонала к опасному лазерному излучению (например, при работе в режиме «сервисное обслуживание»). Вероятность воздействия на человека лазерного излучения с уровнем выше уровня МДЭ, должна быть предотвращена путем применения дополнительных организационных/технических мер безопасности.

Организационные меры являются вторичными мерами безопасности, их организуют в соответствии с ИСО 12100:2010 и МЭК 60825-1:2014. Изготовитель обязан предоставлять информацию о том, как и какие организационные меры безопасности, направленные на защиту от опасного воздействия лазерного излучения (превышения уровня МДЭ), необходимо организовать.

Если зона лазерной опасности экранирована или частично экранирована защитным ограждением, изготовитель обязан предоставить информацию о том, как определить ППЭ и, при необходимости, укомплектовать средствами защиты от лазерного излучения (с достаточным защитным пределом экспозиции (ЗПЭ) в соответствии с МЭК 60825-1:2014).

Если безопасность от лазерного излучения обеспечивается расстоянием, изготовитель обязан предоставить информацию о том, как определить НОЗГ. Изготовитель обязан предоставить информацию о том, на каком расстоянии находится номинально опасная для глаз зона и о том, каким образом устанавливать защитные ограждения (например, с помощью сигнальных оградительных лент). Изготовитель обязан предоставлять информацию об обязательных организационных мерах безопасности, которые должны быть доведены до сведения при обучении/подготовке и инструктаже по технике безопасности.

Пример — Эксплуатация станка для лазерной обработки, расположенного в помещении, которое является зоной с ограниченным доступом. Зона лазерной опасности закрыта вертикальными передвижными защитными ограждениями/стенами, на которые нанесены соответствующие знаки лазерной опасности. Отраженное лазерное излучение может распространяться через припотолочное пространство (верхние этажи) или сквозь подвесные платформы. С лицами, имеющими доступ в помещение, проведен инструктаж по соблюдению требований безопасности (разъяснены правила и запреты). При этом остаточный риск воздействия лазерного излучения может быть устранен организационными мерами, например запретом на вход на верхние этажи.

5.3.2.3 Меры безопасности на зонах с контролируемым доступом

В отношении станков для лазерной обработки, работающих в зонах с контролируемым доступом, должны быть предприняты меры, предотвращающие возможность воздействия на людей уровней лазерного излучения, превышающих предельно допустимое воздействие (МДЭ для глаз и кожи).

Для выполнения этого требования в дополнение ко всем мерам безопасности, применяемым при различных видах деятельности согласно 5.3.3.2—5.3.3.5, должны быть соблюдены следующие требования:

a) физически исключена возможность бесконтрольного доступа лиц в зону лазерной опасности, с применением технических защитных средств, предусмотренных в МЭК 60825-1:2014 и ИСО 12100:2010. Изготовитель обязан предусмотреть способ ограничения/предотвращения доступа в зону лазерной опасности (например, дверь с замком, доступом по паролю/ключу-карте);

b) если в процессе эксплуатации к зоне с контролируемым доступом станка для лазерной обработки может потребоваться доступ (например, для проведения технического обслуживания по 5.3.3.4), изготовитель обязан предоставить информацию о правилах безопасной работы в зоне лазерной опасности (см. МЭК 60825-1:2014).

Вероятность воздействия на человека лазерного излучения с уровнем выше уровня МДЭ в зоне с контролируемым доступом должна быть предотвращена путем применения организационных и технических мер безопасности, включая меры по снабжению персонала средствами индивидуальной защиты (СИЗ). При этом изготовитель обязан предоставить информацию:

- о технических мерах безопасности: способах аварийной остановки при нахождении в зоне лазерной опасности;
- организационных мерах безопасности: требуемая квалификация персонала, имеющего право доступа в зону лазерной опасности, а именно требования к подготовке и обучению, а также знание специальных требований по безопасности;
- СИЗ: необходимые средства индивидуальной защиты (тип, уровень защиты).

Пример — Сервисные инженеры, которым необходимо работать в закрытой для доступа зоне лазерной опасности с превышением МДЭ в ее пределах. В этом случае защитные меры, наряду с техническими средствами и организационными мерами, должны включать соответствующие средства индивидуальной защиты (очки для защиты от лазерного излучения, защитную одежду).

5.3.3 Требования к защите от лазерного излучения

Примечание — Далее приведены требования к конструкции станка с точки зрения мер безопасности, направленных на защиту от опасностей лазерного излучения.

5.3.3.1 Требования к конструкции станка с точки зрения мер безопасности

Для всех типов станков для лазерной обработки, независимо от ограниченного или контролируемого доступа, должны выполняться следующие требования:

a) станок для лазерной обработки должен быть оснащен защитными устройствами, обеспечивающими безопасную блокировку лазерного пучка (например, с помощью защитного затвора или отключение путем снятия питания с диодов накачки);

b) в случае, если при работе станка необходимо нахождение человека в опасной зоне (например, во время технического обслуживания), то станок должен быть оснащен системой блокировки подвижных узлов станка, блокировки изменения траектории лазерного пучка и блокировки лазерного пучка (см. 5.3.3.5);

c) конструкция защитных устройств, таких как переключатели, затворы, поглотители пучка, и устройств удержания/блокировки должна соответствовать требованиям, указанным в МЭК 60825-1:2014 и ИСО 12100:2010. Одно защитное устройство может быть использовано для обеспечения одновременной защиты более чем от одной опасности;

d) защитные корпуса (кожухи), не подпадающие под действие МЭК 60825-4:2006 (приложение D), должны соответствовать требованиям МЭК 60825-4:2006 или МЭК 60825-1:2014. Защитные кожухи лазеров (не являющиеся частью защитного кожуха станка) должны соответствовать требованиям, указанным в МЭК 60825-4:2006 (приложение D);

e) если внутри корпуса или защитного ограждения станка используются активные защитные устройства (например, оснащенные датчиками), то этот элемент должен быть встроен в систему элементов управления, связанных с безопасностью (SRP/CS). Требования к активным защитным ограждениям приведены в МЭК 60825-4:2006 (приложение D).

Изготовитель должен указать достигнутый уровень эффективности защиты PL (согласно ИСО 13849-1:2015) или уровень полноты безопасности SIL (согласно МЭК 62061:2005), время срабатывания системы блокировки лазерного пучка и гарантировать, что время стойкости к воздействию лазерного излучения, таких пассивных элементов защиты, как защитные ограждения/ смотровые окна, является достаточным (более длительным) по сравнению со временем реагирования защитной системы;

Примечание 1 — Пассивные средства защиты от лазерного излучения: средства защиты от лазерного излучения, работа которых зависит только от их физических свойств. Они используются, когда физическая стойкость материала к лазерному излучению достаточна для выполнения защитных функций в течение установленного временного отрезка и при ППЭ (см. МЭК 60825-4:2006).

Примечание 2 — Активные средства защиты от лазерного излучения: если ППЭ не может быть снижен до уровня, при котором пассивные средства защиты от лазерного излучения, обеспечивают надлежащую защиту, то применяют активные средства защиты от лазерного излучения (см. МЭК 60825-4:2006).

Примечание 3 — МЭК 60825-4:2006 (приложение E) содержит справочную информацию с рекомендациями по расположению и установке средств защиты от лазерного излучения, МЭК 60825-4:2006 (прило-

жение F) содержит справочную информацию с рекомендациями по оценке пригодности средств защиты от лазерного излучения.

f) система передачи лазерного излучения или ее компоненты должны соответствовать требованиям, указанным в МЭК 60825-4:2006 (приложение G);

g) в случае, если используются несколько источников лазерного излучения (например, используется дублирующий лазер, многоканальная система с разделением энергии лазерного излучения (разделитель пучка) или многоканальная система с разделением лазерного излучения во времени (переключатель пучка)), то защитные устройства всех рабочих мест, зон обработки или зон лазерной опасности должны подключаться вместе или по отдельности, так чтобы при срабатывании защитной блокировки, аварийной остановки или срабатывании иных защитных устройств с этой лазерной установки или в ее зону действия не могло быть направлено потенциально опасное лазерное излучение.

Примечание 4 — Станок для лазерной обработки может эксплуатироваться в режиме ручного управления при соблюдении требований, указываемых в разделах, описывающих режимы работы, требований в разделе технического обслуживания и ремонта, и требований в разделе настройка.

5.3.3.2 Требования к защите от опасных факторов лазерного излучения в процессе эксплуатации станка

Зону потенциальной опасности определяют при проведении оценки рисков, как правило, зоной потенциальной опасности является зона обработки. При проведении оценки рисков должно быть определено, какой тип защиты необходимо использовать (полностью закрытый или местный (локальный)). Применимость того или иного типа защиты зависит от конструктивных особенностей станка для лазерной обработки и пригодности самих средств защиты (см. МЭК 60825-4:2006 (приложение F): Руководство по оценке пригодности средств защиты от лазеров).

Местный (локальный) тип защиты является средством защиты, позволяющим ослабить лазерное излучение и сопутствующее ему оптическое излучение до установленного в процессе оценки рисков безопасного уровня, без полного перекрытия обрабатываемой детали, устройства ее крепления и/или системы перемещения станка для лазерной обработки (например, при помощи насадки или небольшого защитного приспособления, устанавливаемого в непосредственной близости от сфокусированного на обрабатываемой детали лазерного пучка).

Пример 1 — Применяется для систем лазерной маркировки, интегрированных в автоматизированную фасовочную или фасовочно-упаковочную установку.

Защита полностью закрытого типа является средством защиты, позволяющим ослабить лазерное излучение и сопутствующее ему оптическое излучение до установленного в процессе оценки рисков безопасного уровня, как правило, полным перекрытием обрабатываемой детали, устройства ее крепления и/или системы перемещения станка для лазерной обработки с помощью одного или нескольких выносных средств защиты (например, защитного кожуха или технологической кабины лазера).

Пример 2 — Применяется у станков для лазерной резки, станков для лазерной микрообработки, в станках лазерного аддитивного производства.

Требования к типу защиты и средствам защиты зависят от ряда факторов, например [см. также МЭК 60825-4:2006 (приложение F)]:

a) характеристик лазера, определяющих интенсивность лазерного излучения (например, мощность лазера, длительность импульса, энергия импульса, частота повторения импульсов, длина волны излучения);

b) наличия оптических элементов (например, фокусирующих излучение), увеличивающих интенсивность излучения или уровень экспозиции лазерного излучения на обрабатываемой детали или средстве защиты;

c) подвижности лазерного пучка (фиксированный или подвижный) в процессе обработки детали (при работе оптические элементы станка остаются неподвижными или двигаются и производят изменения траектории распространения лазерного пучка);

d) типа выполняемой операции обработки (резка, сварка и т. д.); (например, для манипуляторов или роботизированных систем важными являются такие параметры как: размеры, количество осей, характеристики лазерной головки);

e) материала и формы обрабатываемой детали (например, размер обрабатываемой детали, форма);

f) устройства крепления обрабатываемой детали (например, ручное/автоматическое крепление, жесткое крепление, например, патрубок/втулка, нежесткое крепление детали);

g) возможности наблюдения за зоной обработки (например, тип смотрового окна: закрываемое/незакрываемое; возможность наблюдения за процессом обработки с помощью камеры или иных средств наблюдения).

5.3.3.3 Требования к защите от опасных факторов лазерного излучения в режиме настройки (настройка, юстировка и пуск без обработки)

В режиме настройки возможность доступа человека к лазерному излучению, уровень которого превышает ПДИ, установленный для лазерного изделия класса лазерной опасности 1, должна быть полностью исключена, исключением является лазерное излучение с длиной волны в диапазоне от 400 до 700 нм, в этом случае уровень излучения генерируемого лазером не должен превышать ПДИ, установленный для лазерного изделия класса лазерной опасности 3R.

Примечание — Значения ПДИ, в части воздействия на глаза и на кожу как персонала на рабочем месте, так и широкого круга лиц, в разных странах могут быть различными и устанавливаются в соответствии с действующими национальными нормами. Установленные на национальном уровне значения МДЭ могут отличаться от значений, устанавливаемых настоящим стандартом. В любом случае, если во время работы возможно воздействие излучения с диапазоном длин волн от 400 до 700 нм на человека, то уровень его интенсивности не должен превышать ПДИ, устанавливаемый для лазерного изделия класса лазерной опасности 2.

5.3.3.4 Требования к защите от опасных факторов лазерного излучения в режиме технического обслуживания и ремонта

В процессе технического обслуживания и ремонта не всегда удается предотвратить воздействие на персонал лазерного излучения, превышающего ПДИ, установленный для лазерного изделия класса лазерной опасности 1. В связи с чем, в зависимости от конструктивных особенностей станков и условий проведения мероприятий, должны быть подобраны соответствующие меры безопасности (приведены по порядку нарастания лазерной опасности):

a) техническое обслуживание и ремонт проводят вне зоны лазерной опасности (в соответствии с МЭК 60825-1:2014); дополнительная защита не требуется;

b) техническое обслуживание и ремонт проводят в зоне лазерной опасности, доступ в которую контролируется так же, как и во время эксплуатации станка; в этом случае должны применяться защитные меры, указанные в перечислении c);

c) техническое обслуживание и ремонт проводят в зоне лазерной опасности (например, при открытых защитных ограждениях, которые во время эксплуатации станка находятся в закрытом состоянии), но при этом уровень лазерного излучения в этой зоне не может превышать ПДИ, установленный для лазерного изделия класса лазерной опасности 1.

Вероятность воздействия лазерного излучения, уровень которого превышает ПДИ, установленный для лазерного изделия класса лазерной опасности 1, должна быть предотвращена исключительно за счет применения технических средств безопасности, описанных в МЭК 60825-1:2014, например устройств защитного обнаружения людей, таких как оптико-электронное защитное устройство (например, лазерный сканер). Если технические средства безопасности интегрированы в систему безопасности, то они должны соответствовать требованиям, указанным в ИСО 13849-1:2015 и/или ИСО 62061:2005.

Организационные меры безопасности (система блокировки и маркировки оборудования, используемая для предотвращения случайного запуска или включения оборудования во время технического обслуживания и ремонта («LOTO» или «lock-out/tagout»)) должны использоваться как вспомогательные меры безопасности, например закрытие дверей технологической кабины лазера (например, на замок) приводит к активации выходной/межблочной защитной блокировки, которая, в свою очередь, включает элементы системы управления, связанные с безопасностью (SRP/CS), отвечающие за защиту от лазерного излучения, уровень которого превышает ПДИ, установленный для лазерных изделий класса лазерной опасности 1;

d) техническое обслуживание и ремонт проводят в зоне опасности, например в случае, когда для проведения мероприятий требуется отключение средства защиты (которое активно во время эксплуатации станка). При этом появляется доступ к лазерному излучению, уровень которого превышает ПДИ, установленный для лазерных изделий класса лазерной опасности 1. Техническое обслуживание и ремонт в зоне повышенной опасности проводят с соблюдением требований 5.3.2.3.

Изготовитель обязан указывать класс лазерной опасности изделия, ПДИ при техническом обслуживании и ремонте и рекомендуемые меры безопасности.

5.3.3.5 Требования к защите от опасных факторов лазерного излучения, построенной на переключении режимов работы

Переключатель режимов работы позволяет выбирать различные режимы работы станка, характеризующиеся различной степенью лазерной опасности; например, режим работы по назначению/автоматический режим работы по сравнению с режимом технического обслуживания и ремонта.

На основе процедуры оценки рисков изготовитель обязан определить требования как к переключателю режимов работы, так и к способу получения доступа к переключателю режимов работы.

В случае если переключение режимов работы станка может привести к возникновению опасной ситуации (например, когда неконтролируемый доступ к переключателю режимов работы или неправильный выбор параметров режима технического обслуживания и ремонта, может привести к риску поражения опасным лазерным излучением (ПДИ выше допустимого), в переключателе режимов работы должна быть предусмотрена защитная блокировка, и он должен быть включен в систему аварийной остановки станка. Требования к переключателю режимов работы (ПРР) согласно требованиям ИСО 13849-1:2015 и ИСО 12100:2010.

Примечание — При необходимости для предотвращения работы может быть использовано блокировочное устройство (см. ИСО 14119:2013).

5.3.4 Меры технического контроля

Ниже перечислены меры технического контроля в отношении конструктивного исполнения и средств управления:

- изготовитель обязан следовать общим принципам проектирования, оценки и стратегии снижения рисков при использовании станков для лазерной обработки, изложенным в ИСО 12100:2010;
- должны соблюдаться общие требования к безопасности электрического оборудования станков для лазерной обработки, согласно МЭК 60204-1:2016;
- средства управления пуском/остановкой станка для лазерной обработки должны соответствовать требованиям МЭК 60204-1:2016 и ИСО 13849-1:2015;
- средства управления аварийной остановкой должны быть разработаны в соответствии с требованиями ИСО 13850:2015 и МЭК 60204-1:2016;
- элементы систем управления станков для лазерной обработки, связанные с безопасностью, должны соответствовать требованиям МЭК 60825-1:2014, МЭК 60204-1:2016, ИСО 13849-1:2015 и МЭК 62061:2005. Оценку рисков необходимо проводить согласно ИСО 12100:2010;
- разработанная стратегия снижения рисков поражения зрения позволяет достичь уровня эффективности защиты PLr = c или уровня полноты безопасности SIL = 1. В случае если возможная энергетическая освещенность (облученность) или энергетическая экспозиция в десять раз превышает значение ПДИ, установленное для лазерных изделий класса лазерной опасности 1 в МЭК 60825-1:2014, то уровень эффективности защиты не менее PLr = d;
- меры по безопасной локализации лазерного пучка должны быть разработаны в соответствии с МЭК 60825-4:2006[1)] (подраздел 4.3) (и пройти процедуру проверки соответствия для случая нормальной эксплуатации в условиях обоснованно прогнозируемого единичного отказа).

6 Правила проверки требований безопасности и защитных мер

В настоящем разделе изложены правила проведения проверки требований безопасности и защитных мер, которую обязан провести изготовитель.

Проверку требования безопасности и защитных мер, направленных на снижение рисков при эксплуатации, проверку конструктивного исполнения и корректности работы станка для лазерной обработки проводят в соответствии с требованиями соответствующих стандартов согласно таблице 2.

Проведенная при проверке оценка рисков должна гарантировать, что выявлены все прогнозируемые опасности и все прогнозируемые неисправности, и в их отношении предприняты все необходимые корректирующие меры.

Проверка и валидация требований безопасности и защитных мер включают в себя следующие меры, но не ограничиваются ими:

a) визуальный осмотр;

b) технический осмотр/проверку корректности работы;

[1)] *Исправлена ошибка оригинала.*

c) проведение проверочных измерений;

d) проверку корректности работы при использовании по назначению;

e) верификацию и проверку принципиальной схемы, схемы соединения (монтажной) и иной конструкторской документации;

f) проверку элементов системы управления, связанных с безопасностью (SRP/CS), включая проверку программного обеспечения или документации по программному обеспечению этих элементов;

g) проверку оценки рисков (включая обоснования, расчеты);

h) проверку полноты описания технического вида изделия, проверку макетного чертежа и инструкции по монтажу;

i) проверку руководства по эксплуатации или иных эксплуатационных документов.

Примечание — См. таблицу 2.

Проверка мер защиты от опасностей лазерного излучения включает ряд технических аспектов. В таблице 2 приведена информация о требованиях безопасности/защитных мерах, методах их проверки/валидации и даны ссылки на применимые стандарты.

Таблица 2 — Методы проверки требований безопасности/защитных мер

Подпункт	Требования безопасности и/или защитная мера	Метод проверки и/или валидации								Ссылка (Стандарт)
		a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)	i)	
5.1	**Классификация лазерного изделия**										
5.3	Определение класса лазерной опасности лазерного изделия для каждого режима работы			x				x		x	МЭК 60825-1: 2014
5.3.3	Обеспечение контроля доступа в зону лазерной опасности				x	x		x		x	МЭК 60825-1: 2014
5.3.2.3	Проверка мер по контролю за выдачей разрешений по доступу	x	x					x		x	МЭК 60825-1:2014
5.3.3	**Параметры защитных средств, связанные с безопасностью**										
5.3.3.2	Прогнозируемый предел экспозиции (ППЭ)							x			МЭК 60825-4:2006 или МЭК 60825-1:2014
5.3.3.2	Защитный предел экспозиции (ЗПЭ)			x	x	x					МЭК 60825-4:2006 или МЭК 60825-1:2014
5.3.3.2	Конструкция защитного кожуха/корпуса без зазоров	x		x	x						МЭК 60825-4:2006 или МЭК 60825-1:2014
5.3.4	**Электрооборудование, связанное с безопасностью**										
5.3.4	Проверка электрооборудования	x	x			x					МЭК 60204-1:2016
5.3.4	Наличие функции «СТОП» и индикации причин остановки		x		x	x					МЭК 60204-1:2016
5.3.4	Наличие функции «Аварийная остановка»	x	x			x					МЭК 60204-1:2016

Окончание таблицы 2

Подпункт	Требования безопасности и/или защитная мера	Метод проверки и/или валидации									Ссылка (Стандарт)
		a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)	i)	
5.1—5.3.3.5	**Элементы систем управления, связанные с безопасностью SRP/CS**										
5.3.3.2	Указание требуемого уровня эффективности защиты PL_r и достигнутого уровня эффективности защиты PL (для каждого устройства блокировки лазерного пучка)		x			x	x	x		x	МЭК 60825-4:2006 или МЭК 60825-1:2014, ИСО 13849-2:2012
5.3.3.5	Наличие функции переключения режимов		x			x	x	x			МЭК 60825-4:2006 или МЭК 60825-1:2014 ИСО 13849-2:2012
	Маркировка, связанная с безопасностью										
8	Маркировка знаков опасности	x				x		x		x	МЭК 60825-1:2014, ИСО 3864

7 Требования к эксплуатационной документации

При разработке эксплуатационных документов изготовитель обязан учитывать требования ИСО 12100:2010 (подпункт 6.4).

Также должны быть учтены требования IEC/IEEE 82079-1:2019.

В настоящем разделе приведен минимальный перечень аспектов, связанных с опасностью лазерного излучения, который должен быть раскрыт в эксплуатационной документации (руководстве по эксплуатации, инструкции по эксплуатации).

Изготовитель обязан:

- описать все режимы нормальной эксплуатации и все альтернативные предусмотренные режимы эксплуатации;
- описать возможные риски или опасности, связанные с лазерным излучением, возникающие на всех этапах эксплуатации и во всех режимах работы, в том числе указать уровень максимально возможной интенсивности лазерного излучения или класс лазерной опасности изделия;
- довести до сведения пользователя информацию о потенциальных опасностях лазерного излучения путем визуального выделения данной информации в инструкции по эксплуатации и/или руководстве по эксплуатации;
- указать информацию с требованиями к мерам защиты от лазерного излучения для всех режимов работы, включая, при необходимости, режим настройки, ручного управления и режим технического обслуживания и ремонта. Эта информация должна содержать общие указания по:
  - техническим мерам безопасности;
  - организационными мерам безопасности;
  - специальным мерам безопасности или соответствующим средствам индивидуальной защиты;
- в случае необходимости применения указать требования к средствам защиты и привести ссылки на соответствующие стандарты, например:
  - технические и организационные меры защиты от лазерного излучения: по МЭК 60825-1:2014;
  - средства защиты от лазерного излучения: по МЭК 60825-4:2006;
  - элементы систем управления, связанные с безопасностью (SRP/CS), используемые для блокировки лазерного излучения: по ИСО 13849-1:2015, ИСО 13849-2:2012 (и/или МЭК 62061:2005);
  - очки для защиты от лазерного излучения: по ЕН 207:2017;

- предоставить достаточную и достоверную информацию о том, как эксплуатировать станок для лазерной обработки в режимах, отличных от режима нормального использования, не подвергая себя опасностям, связанным с лазерным излучением;

- если возможен доступ к опасному лазерному излучению, то указать, какие меры по получению допуска (для входа в зону лазерной опасности) должны быть предусмотрены и выполняться;

- указать уровень необходимой квалификации персонала, получаемый при подготовке, обучении и инструктаже, который требуется для работы в каждом из возможных режимов эксплуатации, и/или который требуется на основании доступной интенсивности лазерного излучения или который требуется в зависимости от зоны лазерной опасности (см. таблицу 1), в которой эксплуатируется станок для лазерной обработки.

8 Маркировка

Станки для лазерной обработки должны иметь следующую маркировку, предупреждающую об опасности лазерного излучения:

a) каждый станок для лазерной обработки должен иметь маркировку, оформленную в соответствии с ИСО 3864 (все части):

- знаки безопасности (запрещающие/предупреждающие/предписывающие знаки);

- цвета, размеры и стиль печати этикеток должны соответствовать принципам оформления этикеток безопасности продукции в соответствии с ИСО 3864 (все части);

- маркировка с информацией о лазерном излучении должны соответствовать МЭК 60825-1:2014;

b) расположение маркировки должно удовлетворять следующим требованиям:

- размер и расположение этикеток должны быть такими, чтобы соответствующие знаки были видимы за пределами зон лазерной опасности и их прочтение не было сопряжено с риском воздействия опасных факторов лазерного излучение, приведенных в разделе 4;

- если различные режимы эксплуатации требуют применения отличающихся знаков безопасности (например, для режима нормальной эксплуатации, режима технического обслуживания и ремонта), то должно быть четко указано, какой набор знаков соответствует каждому из режимов.

Примечание — В дополнение к маркировке, требуемой по МЭК 60825-1:2014, на станок для лазерной обработки, если это требуется на основании проведенной оценки рисков, могут быть нанесены иные соответствующие предостерегающие и предупреждающие знаки (например, знак, предупреждающий об опасности выделения вредных веществ или об опасном некогерентном излучении).

Приложение А
(справочное)

Потенциальные опасности

А.1 Общие сведения

В настоящем приложении приведены примеры опасностей, не обусловленных лазерным излучением, но которые должны быть рассмотрены. Перечень опасностей является не полным.

Требования ИСО 12100:2010 применимы ко всем перечисленным опасностям.

А.2 Характерные опасные факторы, исходящие от станка для лазерной обработки, но не относящиеся к области действия настоящего стандарта:

a) опасность механического травмирования;
b) опасность поражения электрическим током;
c) термические опасности;
d) опасность вибрации;
e) опасности, связанные с электромагнитным полем;
f) опасности, создаваемые вторичным излучением, такие как:
1) опасности, создаваемые ионизирующим излучением (рентгеновским излучением);
2) опасности, создаваемые некогерентным сопутствующим излучением (ультрафиолетовым, микроволновым и т. д.) излучением, создаваемым, например, импульсными лампами, газоразрядными трубками или ВЧ-источниками питания;
3) опасности, создаваемые вторичным излучением, возникающим при взаимодействии лазерного излучения с материалом (длина волны вторичного излучения может отличаться от первоначальной длины волны лазерного пучка);
g) опасности, возникающие из-за пренебрежения эргономическими принципами при проектировании станка;
h) опасности, связанные с шумом.

А.3 Виды побочных продуктов, образующихся при лазерной обработке

А.3.1 Общие сведения

Далее приведены примеры основных побочных продуктов образующихся при лазерной обработке материалов. Эти примеры приведены для ознакомления, перечень является не полными.

А.3.2 Обработка керамики

Оксиды алюминия (глинозема), магния, кальция и кремния.

Оксид бериллия (очень токсичен).

А.3.3 Обработка кремниевых материалов

Взвешенные в воздухе частицы Si и SiO (влияние обусловлено вдыханием; могут вызвать силикоз).

А.3.4 Обработка металлов

С медицинской точки зрения наибольшее влияние оказывают, по крайне мере, следующие металлы и их соединения: Mn, Cr, Ni, Co, Al, Zn, Cu, Be, Pb, Sb.

Биологическое действие проявляется в следующем:

a) токсикологическое: Cr^{6+}, Mn, Co;
b) аллергические реакции, отравление парами: Zn, Cu;
c) фиброзное поражение легких: Be;
d) канцерогенный продукт: Cr^{6+}, NiO.

Бериллий представляет очень высокую опасность. При обработке, например сплавов Ni и Cr, образуются пары тяжелых металлов. Химический состав продуктов горения приблизительно соответствует обрабатываемому материалу. В составе преобладают материалы и компоненты сплавов с более низкой температурой испарения (например, покрытия).

При пайке мягкими и твердыми припоями будут образовываться пары металлов и побочные продукты.

А.3.5 Обработка пластмасс

При обработке пластмасс может выделяться большое количество потенциально опасных веществ. При низких температурах выделяются алифатические углеводороды, в то время как увеличение температуры обработки приводит к повышению концентрации ароматических углеводородов (таких как бензол, ПАУ) и полигалогенированных полиядерных углеводородов (например, диоксинов, фуранов). При обработке некоторых материалов может выделяться цианид, изоцианат (полиуретаны), акрилат (ПММА) и хлористый водород (ПВХ).

Биологическое действие проявляется в следующем:

a) токсикологическое: цианиды, CO, производные бензола;
b) аллергические реакции/раздражение: изоцианаты, акрилаты;
c) раздражение дыхательных путей: формальдегид, акролеин, амины;
d) канцерогенные: бензол, некоторые ПАУ.

А.3.6 Обработка бумаги и древесины

Основные побочные продукты переработки целлюлозы — сложные эфиры, кислоты, спирты и бензол.

А.3.7 Термическая обработка

Как правило, при термической обработке не образуется высоких концентраций побочных продуктов, но могут образовываться пары некоторых тяжелых металлов.

А.3.8 Деградация материала

Образование опасных побочных продуктов из материалов и веществ, деградирующих под действием лазерного излучения (например, оптика).

Оксиды Zn, Se.

А.4 Примеры опасных факторов, вызванных вторичным излучением

Опасные факторы, вызванные вторичным излучением, обуславливаются оптическим излучением, формирующимся в зоне обработки, и способным вызвать:

a) разложение полимеров и выделение ядовитых паров и газов, в частности озона;

b) опасность возгорания или взрыва, обусловленную образованием легковоспламеняющихся материалов и веществ;

c) рентгеновское излучение от плазмы.

Примечание — При определенных обстоятельствах при работе лазеров, генерирующих ультракороткие импульсы, в месте обработки может возникнуть рентгеновское излучение. В зависимости от материала и параметров лазера может возникнуть рентгеновское излучение, интенсивность которого превышает установленные предельно допустимые значения. В зависимости от действующих национальных норм у пользователя могут возникнуть обязательства, связанные с правилами работы с таким излучением.

Воздействие больших доз рентгеновского излучения может привести к помутнению хрусталика глаза или к раку. Рекомендуемые меры предосторожности включают экранирование зоны обработки радиационно-защитными материалами, использование смотровых окон с соответствующим экранированием и отказ от любых изменений в защитных корпусах.

d) опасность для глаз и кожи из-за испускаемого ультрафиолетового излучения и яркого видимого света.

А.5 Примеры опасностей механического травмирования

Источником потенциальной опасности могут выступать подвижные компоненты станка.

Роботизированные системы станка могут повредить целостность защитного кожуха, нарушить нормальную работу лазера или системы передачи лазерного излучения и также направить лазерный пучок на оператора/смотровое окно/стенку корпуса.

А.6 Примеры опасностей, связанных с поражением электрическим током

А.6.1 Основные опасности

Высокое напряжение, остаточный накопленный заряд, высокие токи утечки.

А.6.2 Вторичные опасности

Излучение электромагнитного поля, создаваемого неэкранированными компонентами, находящимися под высоким напряжением.

А.7 Примеры недостатков конструкции

Ошибки в конструкции или расположении выключателей блокировки, коммутационных устройств, схем блокировки, газопроводов и газовых клапанов.

Недостаточная стойкость к воздействию лазерного излучения изоляции кабелей и трубопроводов.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным и межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального, межгосударственного стандарта
ISO 3864 (all parts)	IDT	ГОСТ ISO 3864-1—2013 «Графические символы. Сигнальные цвета и знаки безопасности. Часть 1. Принципы проектирования знаков и сигнальной разметки»
ISO 11145:2018	MOD	ГОСТ Р 58373—2019 (ИСО 11145:2018) «Оптика и фотоника. Лазеры и лазерное оборудование. Термины и определения»
ISO 12100:2010	IDT	ГОСТ ISO 12100—2013 «Безопасность машин. Основные принципы конструирования. Оценки риска и снижения риска»
ISO 13849-1:2015	—	*
ISO 13849-2:2012	—	*
ISO 13850:2012	—	*
IEC 60204-1:2016	—	*
IEC 60825-1:2014	IDT	ГОСТ IEC 60825-1—2023 «Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 1. Классификация оборудования и требования»
IEC 60825-4:2006	—	*[1)]
IEC 62061:2005	IDT	ГОСТ Р МЭК 62061—2015 «Безопасность оборудования. Функциональная безопасность систем управления электрических, электронных и программируемых электронных, связанных с безопасностью»

* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта.

Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты;
- MOD — модифицированный стандарт.

[1)] Действует ГОСТ IEC 60825-4—2014 «Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 4. Средства защиты от лазерного излучения», идентичный IEC 60825-4:2011.

Библиография

[1] ISO 2631-1:1997/Amd 1:2010 — Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 1: General requirements (Вибрация и удар. Оценка воздействия общей вибрации на человека. Часть 1. Общие требования)

[2] ISO 11252:2013 — Lasers and laser-related equipment — Laser device — Minimum requirements for documentation (Лазеры и связанное с ними оборудование. Лазерное устройство. Минимальные требования к документации)

[3] ISO 14118:2017 — Safety of machinery — Prevention of unexpected start-up (Безопасность машин. Предупреждение неожиданных пусков)

[4] ISO 14119:2013 — Safety of machinery — Interlocking devices associated with guards — Principles for design and selection (Безопасность машин. Блокировочные устройства для ограждений. Принципы конструкции и выбора)

[5] ISO 14123-1:2015 — Safety of machinery — Reduction of risks to health resulting from hazardous substances emitted by machinery — Part 1: Principles and specifications for machinery manufacturers (Безопасность машин. Снижение рисков для здоровья, связанных с опасными веществами, выделяемыми машинами. Часть 1: Принципы и спецификации для производителей машин)

[6] ISO 14123-2:2015 — Safety of machinery — Reduction of risks to health resulting from hazardous substances emitted by machinery — Part 2: Methodology leading to verification procedures (Безопасность машин. Снижение рисков для здоровья от опасных веществ, выделяемых машинами. Часть 2. Методология, связанная с процедурами верификации)

[7] ISO 13732-1:2006 — Ergonomics of the thermal environment — Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces — Part 1: Hot surfaces (Эргономика термальной среды. Методы оценки реакции человека при контакте с поверхностями. Часть 1. Горячие поверхности)

[8] IEC 60601-2-22:2007+AMD1:2012 — CSV, Medical electrical equipment — Part 2-22: Particular requirements for basic safety and essential performance of surgical, cosmetic, therapeutic and diagnostic laser equipment (Изделия медицинские электрические. Часть 2-22. Частные требования безопасности с учетом основных функциональных характеристик к хирургическому, косметическому, терапевтическому и диагностическому лазерному оборудованию)

[9] IEC/IEEE 82079-1:2019 — Preparation of information for use (instructions for use) of products — Part 1: Principles and general requirements (Подготовка информации по применению (инструкции по применению) продукции. Часть 1. Принципы и общие требования)

[10] ISO 4007:2012 — Personal protective equipment — Eye and face protection — Vocabulary (Средства индивидуальной защиты. Защита глаз и лица. Словарь)

[11] EN 166:2001 — Personal eye-protection — Specifications (Средства индивидуальной защиты глаз. Общие технические требования)

[12] EN 167:2001 — Personal eye-protection — Optical test methods (Средства индивидуальной защиты глаз. Методы испытаний оптических параметров)

[13] EN 168:2001 — Personal eye-protection — Non-optical test methods (Средства индивидуальной защиты глаз. Неоптические методы испытаний)

[14] EN 169:2002 — Personal eye-protection — Filters for welding and related techniques — Transmittance requirements and recommended use (Средства индивидуальной защиты глаз. Фильтры для сварки и родственных технологий. Требования к пропусканию и рекомендуемое использование)

[15] EN 170:2002 — Personal eye-protection — Ultraviolet filters — Transmittance requirements and recommended use (Средства индивидуальной защиты глаз. Ультрафиолетовые фильтры. Требования к пропусканию и рекомендуемое использование)

[16] EN 171:2002 Personal eye-protection — Infrared filters — Transmittance requirements and recommended use (Средства индивидуальной защиты глаз. Инфракрасные фильтры. Требования к пропусканию и рекомендуемое использование)

[17] EN 207:2017 Personal eye-protection — Filters and eye-protectors against laser radiation (laser eye-protectors) (Средства индивидуальной защиты глаз. Фильтры и средства защиты глаз от лазерного излучения (лазерные средства защиты глаз)

[18] EN 208:2009 Personal eye-protection — Eye-protectors for adjustment work on lasers and laser systems (laser adjustment eye-protectors) (Средства индивидуальной защиты глаз. Защитные очки для настройки лазеров и лазерных систем (защитные очки для настройки лазеров)

[19] EN 1093 (all parts) Safety of machinery — Evaluation of the emission of airborne hazardous substances (Безопасность машин. Оценка выбросов вредных веществ)

[20] EN 12198-1 Safety of machinery — Assessment and reduction of risks arising from radiation emitted by machinery — Part 1: General principles (Безопасность машин. Оценка и уменьшение опасности излучения, исходящего от машин. Часть 1. Общие принципы)

[21] EN 12198-2 Safety of machinery — Assessment and reduction of risks arising from radiation emitted by machinery — Part 2: Radiation emission measurement procedure (Безопасность машин. Оценки и сокращения рисков, являющихся результатом излучения, испускаемого машинным оборудованием. Часть 2: Процедура измерения радиационного излучения)

[22] EN 12198-3 Safety of machinery — Assessment and reduction of risks arising from radiation emitted by machinery — Part 3: Reduction of radiation by attenuation or screening (Безопасность машин. Оценки и сокращения рисков, являющихся результатом излучения, испускаемого машинным оборудованием. Часть 3: Уменьшение радиации путем ослабления или экранирования)

УДК 621.373.826:006.354

ОКС 13.100
31.260

Ключевые слова: безопасность машин и механизмов, станки для лазерной обработки, общие требования безопасности при работе с лазерами

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *С.И. Фирсова*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 13.10.2025. Подписано в печать 24.10.2025. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 2,77.

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

gost.e-ecolog.ru