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

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ 31610.28— 2017 (IEC 60079-28:2015)

ВЗРЫВООПАСНЫЕ СРЕДЫ

Часть 28

Защита оборудования и передающих систем, использующих оптическое излучение

(IEC 60079-28:2015, MOD)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2018

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены в ГОСТ 1.0—2015 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2—2015 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Автономной некоммерческой национальной организацией «Ex-стандарт» (АННО «Ex-стандарт») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 30 ноября 2017 г. № 52)

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
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Молдова	MD	Институт стандартизации Молдовы
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт
Украина	UA	Минэкономразвития Украины

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 2 октября 2018 г. № 676-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 31610.28—2017 (IEC 60079-28:2015) введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июня 2019 г.

5 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению ко второму изданию международного стандарта IEC 60079-28:2015 «Взрывоопасные среды. Часть 28. Защита оборудования и передающих систем, использующих оптическое излучение» («Explosive atmospheres — Part 28: Protection of equipment and transmission systems using optical radiation», MOD) путем включения ссылок на межгосударственные стандарты и внесения изменений в маркировку в соответствии с требованиями ГОСТ 31610.0, которые выделены курсивом.

Сведения о соответствии ссылочных межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте, приведены в дополнительном приложении ДА

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, оформление, 2018

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 3
4 Общие требования 5
5 Виды защиты 5
5.1 Общие требования 5
5.2 Требования к искробезопасному оптическому излучению «op is» 6
5.3 Требования к оптическому излучению с защитой «op pr» 12
5.4 Оптическая система с блокировкой «op sh» 13
6 Типовые проверки и испытания 14
6.1 Стенд для испытаний на воспламенение 14
6.2 Проверка пригодности стенда для испытаний для типовых испытаний 14
6.3 Типовые испытания 15
7 Маркировка 17
Приложение А (обязательное) Данные контрольного испытания 19
Приложение В (справочное) Механизмы воспламенения 20
Приложение С (обязательное) Оценка опасности воспламенения 27
Приложение D (справочное)Типовая конструкция волоконно-оптического кабеля 28
Приложение Е (обязательное) Блок-схема оценки импульсов 30
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте 31
Библиография 32

Предисловие

Настоящий стандарт является модифицированным по отношению ко второму изданию международного стандарта IEC 60079-28, включенному в Международную систему сертификации IECEx и Европейскую систему сертификации на основе Директивы 94/9 ЕС; его требования полностью соответствуют потребностям экономики страны и международным обязательствам Российской Федерации.

Модификация по отношению к международному стандарту выполнена путем включения ссылок на межгосударственные стандарты и внесения изменений в маркировку в соответствии с требованиями *ГОСТ 31610.0*, которые выделены курсивом.

Настоящий стандарт является частью серии стандартов на виды взрывозащиты для оборудования, применяемого во взрывоопасных средах.

Стандарт предназначен для нормативного обеспечения обязательной сертификации и испытаний.

Установленные настоящим стандартом требования обеспечивают вместе со стандартом *ГОСТ 31610.0* «Взрывоопасные среды. Часть 0. Общие требования» безопасность применения электрооборудования на опасных производственных объектах в угольной, газовой, нефтяной, нефтеперерабатывающей и других отраслях промышленности.

Настоящее второе издание стандарта отменяет и заменяет первое издание данного стандарта и представляет собой его технический пересмотр.

Изменения во втором издании *ГОСТ 31610.28* по сравнению с первым изданием с указанием степени их значимости приведены в таблице ниже.

Значительные изменения	Раздел	Тип		
		Незначительные и редакционные изменения	Расширение	Значительные технические изменения
Область применения расширена включением в нее группы III и уровней взрывозащиты оборудования Da, Db и Dc	1		x	
Область применения: приведены разъяснение и список исключений для источников оптического излучения	1		x	
Нормативные ссылки: *указаны ссылочные межгосударственные стандарты*	2	x		
Термины и определения: исключены некоторые определения, не используемые в стандарте, и добавлены новые определения	3	x		
Общие требования: введение об оценке опасности воспламенения перенесено в раздел 4, добавлено положение о присутствии поглотителей, удалено объяснение уровней взрывозащиты оборудования	4	x		
Таблица 1: уровни взрывозащиты оборудования в зависимости от видов взрывозащиты перенесены из 5.5 в 5.1, таблица изменена и расширена	5.1	x	x	
Структура таблицы 2 изменена и объяснение в примечаниях расширено, но предельные значения не изменены	5.2.2.1	x		
Добавлена таблица для группы III	5.2.2.1		x	
Рисунок 1 заменен на таблицу для удобства пользователей	5.2.2.1	x		
Добавлены подробные требования к измерению мощности оптического излучения	5.2.2.2		x	
Добавлены подробные требования к измерению энергетической освещенности	5.2.2.3		x	

Окончание таблицы

Значительные изменения	Раздел	Тип		
		Незначительные и редакционные изменения	Расширение	Значительные технические изменения
Более подробно изложены требования к оценке оптических импульсов для группы II	5.2.3.1 5.2.3.2 5.2.3.3 5.2.3.4	x		
Добавлены требования к оценке оптических импульсов для групп I и III	5.2.3.5		x	
Испытания на воспламеняемость: добавлены примечания 1 и 2	5.2.4	x		
Защита от перегрузки/повреждения электрической цепи: изменены название и формулировка для большей ясности	5.2.5	x		
Излучение внутри оптического волокна или кабеля: добавлены требования, например к испытанию на отрыв	5.3.2			C1
Излучение внутри оболочек: добавлены оболочки IP 6X, «p» или «t»	5.3.3		x	
Оптическая система с блокировкой «op sh»: удалена таблица 3, добавлен рисунок 1 с временем задержки срабатывания блокировки	5.4		x	
Типовые проверки и испытания: изменена структура (редакционные изменения без изменения требований)	6	x		
Маркировка: *маркировки приведены в соответствии с требованиями ГОСТ 31610.0.* Примеры маркировки: добавлен пример, в котором «op is» сочетается с другими видами взрывозащиты	7	x		
Оценка опасности воспламенения: изменена схема на рисунке С.1 для лучшего понимания	Приложение С	x		
Исключено старое приложение Е (краткая характеристика уровней взрывозащиты оборудования). В новом приложении Е приведена схема оценки импульсов в соответствии с 5.2.3	Приложение Е	x		
Соответствующие стандарты перенесены в раздел 2	Ранее приложение F	x		

Объяснение типов изменений:

A) Определения

1 Незначительные и редакционные изменения:

- разъяснение;
- снижение технических требований;
- незначительное изменение технических требований;
- редакционные исправления.

Это незначительные редакционные или технические изменения, которые включают в себя изменения формулировок для разъяснения технических требований без изменения технического содержания или снижения уровня существующего требования.

2 Расширение:

- добавление технически возможностей.

Это изменения, которые добавляют новые или изменяют существующие технические требования таким образом, что появляются новые возможности, но при этом не повышаются требования к оборудованию, которое полностью соответствует предыдущему стандарту. Поэтому данные изменения не рассматриваются для изделий, соответствующих требованиям предыдущего издания стандарта.

3 Значительные технические изменения:

- добавление технических требований;
- повышение технических требований.

Это изменения технических требований (добавление, повышение уровня или исключение), вследствие которых изделие, отвечающее требованиям предыдущего издания стандарта, не всегда будет соответствовать требованиям последующего издания. Эти изменения необходимо учитывать для изделий, соответствующих требованиям предыдущего издания. Дополнительная информация об этих требованиях приведена в разделе B) ниже.

Примечание — Данные изменения отражают современные технические знания. Однако они обычно не влияют на оборудование, уже размещенное на рынке.

B) Информация об исходной ситуации для «Значительных технических изменений»

C1 — Для вида защиты «защищенное излучение op pr» добавлены некоторые требования, например испытание на отрыв оптических волокон или кабелей.

Введение

Оптическое оборудование (лампы, лазеры, светодиоды, волоконные световоды и т.д.) широко используется в системах связи, наблюдения, обнаружения и измерения. Оптическое излучение большой интенсивности применяется при обработке материалов. Если установка находится во взрывоопасной среде или вблизи нее, то излучение от оптического оборудования может проходить через эту среду. В зависимости от характеристик излучение может воспламенять окружающую взрывоопасную среду. Присутствие или отсутствие дополнительного поглотителя, например частиц, значительно влияет на возможность воспламенения.

Существуют четыре механизма воспламенения:

а) Оптическое излучение поглощается поверхностями или частицами, вызывая их нагрев, и в определенных условиях они могут нагреться до температуры, при которой возможно воспламенение окружающей взрывоопасной среды.

б) Тепловое воспламенение объема газа, если длина оптической волны совпадает с полосой поглощения газа или пара.

в) Фотохимическое воспламенение вследствие фотодиссоциации молекул кислорода под воздействием излучения ультрафиолетового диапазона длин волн.

г) Индуцированное сфокусированным лазерным излучением образование в газе или паре плазмы и ударной волны, которые действуют как источники воспламенения. Этим процессам может способствовать наличие твердого материала вблизи места воздействия сфокусированного лазерного излучения.

Наиболее вероятный механизм воспламенения, наблюдаемый на практике при самой низкой мощности излучения, способной вызвать воспламенение, — а). В некоторых условиях при импульсном излучении также может иметь место механизм г). Оба механизма рассматриваются в настоящем стандарте. Хотя также необходимо знать о механизмах воспламенения б) и в), объясненных выше, они не рассматриваются в настоящем стандарте из-за особенностей ультрафиолетового излучения и абсорбционных свойств большинства газов (см. приложение А).

В настоящем стандарте приведены требования и меры предосторожности, необходимые при применении оборудования, передающего оптическое излучение во взрывоопасной газовой или пылевой среде. В нем также представлен метод испытания, который может быть применен в специальных случаях для проверки отсутствия у пучка воспламеняющей способности в выбранных условиях испытаний, если пороговые оптические значения не могут быть гарантированы путем оценки или измерения интенсивности пучка.

Область действия настоящего стандарта не распространяется на оборудование, оптическое излучение которого не создает опасности воспламенения по следующим причинам:

- вследствие низкой мощности излучения или расходящегося светового потока и
- в связи с тем, что нагретые поверхности, возникающие вследствие малого расстояния от источника излучения до поглотителя, уже учтены в общих требованиях к осветительному оборудованию.

Оптическое оборудование в большинстве случаев связано с электрооборудованием, и если электрооборудование находится во взрывоопасной зоне, то применяются также требования других стандартов серии *ГОСТ 31610* и *ГОСТ IEC 60079*. Настоящий стандарт содержит руководство:

- по опасностям воспламенения, связанным с применением оптических систем во взрывоопасных средах, как определено в *ГОСТ IEC 60079-10-1* и *ГОСТ IEC 60079-10-2*;
- по контролю опасности воспламенения от оборудования, использующего оптическое излучение во взрывоопасных средах.

Настоящий стандарт относится к комплексной системе, которая используется для контроля опасности воспламенения от оборудования, использующего оптическое излучение во взрывоопасных средах.

Поправка к ГОСТ 31610.28—2017 (IEC 60079-28:2015) Взрывоопасные среды. Часть 28. Защита оборудования и передающих систем, использующих оптическое излучение

В каком месте	Напечатано	Должно быть		
Предисловие. Таблица согласования	—	Армения	AM	Минэкономразвития Республики Армения

(ИУС № 6 2019 г.)

МКС 29.260.20

Поправка к ГОСТ 31610.28—2017 (IEC 60079-28:2015) Взрывоопасные среды. Часть 28. Защита оборудования и передающих систем, использующих оптическое излучение

В каком месте	Напечатано	Должно быть		
Предисловие. Таблица согласования	—	Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан

(ИУС № 4 2020 г.)

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

ВЗРЫВООПАСНЫЕ СРЕДЫ

Часть 28

Защита оборудования и передающих систем, использующих оптическое излучение

Explosive atmospheres. Part 28.
Protection of equipment and transmission systems using optical radiation

Дата введения — 2019—06—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования, методы испытаний и маркировку для оборудования, генерирующего оптическое излучение, предназначенного для применения во взрывоопасных средах, а также оборудования, находящегося вне взрывоопасной среды или имеющего взрывозащиту вида из перечисленных в *ГОСТ 31610.0*, но генерирующего оптическое излучение, которое специально направлено во взрывоопасную среду. Настоящий стандарт распространяется на оборудование групп I, II и III с уровнями взрывозащиты оборудования Ga, Gb, Gc, Da, Db, Dc, Ma and Mb.

В настоящем стандарте содержатся требования к оптическому излучению в диапазоне длин волн от 380 нм до 10 мкм. Стандарт распространяется на следующие механизмы воспламенения:

Оптическое излучение поглощается поверхностями или частицами, вызывая их нагрев, и в определенных условиях они нагреваются до температуры, при которой возможно воспламенение окружающей взрывоопасной среды.

В редких особых случаях воздействие сфокусированного лазерного излучения ведет к образованию плазмы и ударной волны, которые впоследствии действуют как источники воспламенения. Этим процессам может способствовать наличие твердого материала вблизи точки пробоя.

Примечание 1 — См. перечисления а) и г) во введении.

Настоящий стандарт не распространяется на воспламенение от ультрафиолетового излучения или поглощения излучения взрывоопасной смесью. Настоящий стандарт также не распространяется на взрывчатые поглотители или поглотители, содержащие окислитель, и каталитические поглотители.

В настоящем стандарте определены требования к оборудованию, предназначенному для применения в атмосферных условиях.

Настоящий стандарт дополняет и изменяет общие требования *ГОСТ 31610.0*. В случае противоречий между требованием настоящего стандарта и *ГОСТ 31610.0* требование настоящего стандарта имеет преимущественное значение.

Настоящий стандарт распространяется на волоконно-оптическое и оптическое оборудование, включая светодиодное и лазерное, за исключением следующего оборудования:

1) Нематричные светодиодные источники рассеянного света, используемые, например, для индикации состояния оборудования или для подсветки.

2) Все светильники (стационарные, портативные или передвижные), ручные фонари и головные светильники, с питанием от сети (с гальванической развязкой или без нее) или от аккумуляторов:

- с непрерывно действующими источниками рассеянного света (для всех уровней взрывозащиты оборудования);

Издание официальное

- со светодиодными источниками света (только для уровней взрывозащиты оборудования Gc или Dc).

Примечание 2 — Непрерывно действующие светодиодные источники рассеянного света для уровней взрывозащиты оборудования, отличных от Gc или Dc, не исключены из области действия настоящего стандарта вследствие неопределенности потенциального риска воспламенения при высокой интенсивности излучения.

3) Источники оптического излучения для оборудования с уровнями взрывозащиты Mb, Gb или Gc и Db или Dc, которые соответствуют требованиям для класса 1 лазерной аппаратуры по *ГОСТ IEC 60825-1*.

Примечание 3 — Требования для класса 1 лазерной аппаратуры включают в себя ограничения мощности излучения величиной 15 мВт при измерении на расстоянии от источника оптического излучения в соответствии с требованиями *ГОСТ IEC 60825-1*, и это расстояние должно быть учтено при применении во взрывоопасной зоне.

4) Одножильные и многожильные волоконно-оптические кабели, не являющиеся частью волоконно-оптического оборудования, если эти кабели:

- удовлетворяют требованиям соответствующих промышленных стандартов и имеют дополнительные средства защиты, например, такие как надежная кабельная сеть, кабелепровод или кабельный канал (для уровней взрывозащиты оборудования Gb, Db, Mb, Gc или Dc);
- удовлетворяют требованиям соответствующих промышленных стандартов (для уровней взрывозащиты оборудования Gc или Dc).

5) Оборудование, заключенное в оболочку, которая полностью удерживает оптическое излучение и удовлетворяет требованиям для соответствующего вида взрывозащиты и уровня взрывозащиты, при этом оболочка соответствует одному из следующих условий:

- оболочка, для которой воспламенение от оптического излучения при наличии поглотителей внутри оболочки допустимо, например взрывонепроницаемые оболочки «d» (*ГОСТ IEC 60079-1*), или
- оболочка, защищенная от проникновения внутрь взрывоопасной газовой среды, например оболочки с продувкой под давлением «p» (*ГОСТ IEC 60079-2*), оболочки с ограниченным пропуском газов «nR» (*ГОСТ 31610.15*) или с защитой от проникновения пыли «оболочки «t» (*ГОСТ IEC 60079-31*),или
- оболочка, защищенная от проникновения внутрь поглотителей (например, оболочка со степенью защиты IP6X), в которой не ожидается присутствие внутренних поглотителей.

Примечание 4 — В отношении этих исключений на основе конструкции оболочки предполагается, что оболочки не будут открывать во взрывоопасной среде, то есть они будут защищены от попадания внутрь взрывоопасной среды и поглотителей.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ 31610.0—2014 (IEC 60079-0:2011) Взрывоопасные среды — Часть 0. Оборудование. Общие требования

ГОСТ 31610.11—2014 (IEC 60079-11:2011) Взрывоопасные среды. Часть 11. Оборудование с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь «i»

ГОСТ 31610.15—2014/IEC 60079-15:2010 Взрывоопасные среды. Часть 15. Оборудование с видом взрывозащиты «n»

ГОСТ IEC 60079-1—2013 Взрывоопасные среды. Часть 1. Оборудование с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемые оболочки «d»

ГОСТ IEC 60079-2—2013 Взрывоопасные среды. Часть 2. Заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением «p»

ГОСТ IEC 60079-10-1—2013 Взрывоопасные среды — Часть 10-1. Классификация зон — Взрывоопасные газовые среды

ГОСТ IEC 60079-10-2—2011 Взрывоопасные среды — Часть 10-2. Классификация зон — Взрывоопасные пылевые среды

ГОСТ IEC 60079-31—2013 Взрывоопасные среды — Часть 31. Оборудование с видом взрывозащиты от воспламенения пыли «t»

ГОСТ IEC 60825-1—2013 Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 1. Классификация оборудования, требования и руководство для потребителей

ГОСТ IEC 60825-2—2013 Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 2. Безопасность волоконно-оптических систем связи

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года , и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по [1], [2], *ГОСТ 31610.0*, а также следующие термины с соответствующими определениями.

3.1

поглощение (absorption): Превращение энергии электромагнитной волны в другую форму энергии, например тепло, в среде распространения.

[[1], статья 731-03-14]

3.2

диаметр пучка оптического излучения (ширина пучка) (beam diameter or beam width): Расстояние между двумя диаметрально противоположными точками, в которых энергетическая освещенность составляет определенную долю максимальной энергетической освещенности пучка.

[[1], статья 731-01-35]

Примечание — Понятие «диаметр пучка оптического излучения» прежде всего относится к пучкам с круглым или близким к круглому поперечным сечением.

3.3 **интенсивность пучка оптического излучения** (beam strength): Мощность, энергетическая освещенность, энергия или энергетическая экспозиция пучка оптического излучения.

3.4

сердцевина оптического волокна (core): Центральная часть оптического волокна, через которую передается большая часть мощности оптического излучения.

[[1], статья 731-02-04]

3.5

оболочка оптического волокна (cladding): Диэлектрический материал оптического волокна, опоясывающий сердцевину.

[[1], статья 731-02-05]

3.6

жгут оптического волокна (fibre bundle): Комплект оптических волокон без защитного покрытия.

[[1], статья 731-04-09]

3.7

оптоэлектронный модуль (fibre optic terminal device): Узел, включающий одно или несколько оптоэлектронных устройств, который преобразует электрический сигнал в оптический и/или наоборот и который предназначен для подключения, по меньшей мере, к одному оптическому волокну.

[[1], статья 731-06-44]

Примечание — Оптоэлектронный модуль всегда имеет один или несколько встроенных волоконно-оптических соединителей или выводов в виде отрезков оптического волокна.

3.8 **искробезопасное оптическое излучение «op is»** (inherently safe optical radiation «op is»): Видимое или инфракрасное излучение, которое неспособно в нормальных условиях или указанных условиях неисправности приводить к образованию энергии, достаточной для воспламенения данной опасной атмосферы.

Примечание — Это определение аналогично определению термина «искробезопасный», применяемому к электрическим цепям.

3.9 **защищенное оптическое излучение «op pr»** (protected optical radiation «op pr»: Видимое или инфракрасное излучение, которое удерживается внутри оптического волокна или другой передающей среды в нормальных конструкциях или конструкциях с дополнительной механической защитой, при этом исключается выход излучения из защитной оболочки.

3.10 **оптическая система с блокировкой «op sh»** (optical system with interlock): Система удержания видимого или инфракрасного излучения внутри оптического волокна или другой передающей среды с помощью блокировки при разрыве волокна для надежного снижения интенсивности пучка до безопасного уровня за указанное время, когда удержание излучения нарушается и оно становится неограниченным.

3.11

энергетическая освещенность (устаревший термин: интенсивность излучения) (irradiance — DEPRECATED: intensity): Мощность излучения, падающего на элемент поверхности, отнесенная к площади этого элемента.

[[1], статья 731-01-25]

3.12

свет (или видимое излучение) (light or visible radiation): Любое оптическое излучение, которое может непосредственно вызывать зрительное ощущение у человека.

[[1], статья 731-01-04]

Примечания

1 Границы спектральной области видимого излучения проходят в диапазоне длин волн в вакууме от 380 до 800 нм.

2 В области лазерной техники и оптической связи, по традиции и на практике, в английском языке термин «свет» иногда применяется к излучению за пределами видимой области спектра.

3.13

оптическое волокно (optical fibre): Световод в виде нити, изготовленный из диэлектрических материалов.

[[1], статья 731-02-01]

3.14

волоконно-оптический кабель (optical fibre cable): Узел, состоящий из одного или нескольких оптических волокон или жгутов внутри общей оболочки, предназначенной для их защиты от механических нагрузок и других воздействий окружающей среды, но сохраняющей передающие свойства волокон (см. приложение D).

[[1], статья 731-04-01]

3.15

мощность оптического излучения (optical (or radiant) power): Отношение потока энергии излучения ко времени излучения.

[[1], статья 731-01-22]

3.16

оптическое излучение (optical radiation): Электромагнитное излучение с длиной волны в вакууме, находящейся между переходными областями излучений рентгеновского и радиоволнового диапазонов, то есть примерно в диапазоне от 1нм до 1000 мкм.

[[1], статья 731-01-03]

Примечание — В настоящем стандарте термин «оптический» относится к длине волны от 380 нм до 10 мкм.

3.17 **защищенный волоконно-оптический кабель** (protected optical fibre cable): Волоконно-оптический кабель, защищенный от выхода оптического излучения во внешнюю среду в нормальных условиях работы и при прогнозируемых неисправностях с помощью дополнительного армирования, изоляционной трубки, кабельного лотка или кабельного канала.

3.18 **энергетическая экспозиция** (radiant exposure): Отношение энергии излучения, падающего на элемент поверхности, к площади этого элемента.

4 Общие требования

Электрооборудование и электрические Ex-компоненты (например, оптоэлектронные модули) должны соответствовать требованиям одного или нескольких стандартов по конкретным видам взрывозащиты электрооборудования, перечисленным в *ГОСТ 31610.0*, для заданного применения, если это оборудование и Ex-компоненты предполагается устанавливать во взрывоопасной среде.

Оптическое оборудование должно быть подвергнуто документально оформленной оценке опасности воспламенения с применением принципов, перечисленных в приложении С. Эта оценка необходима для того, чтобы определить, какой потенциальный оптический источник воспламенения может возникнуть в рассматриваемом оборудовании и какие меры следует принять, чтобы уменьшить риск воспламенения.

Если оптическое излучение изолировано в оболочке, обеспечивающей степень защиты не менее IP6X по результатам испытаний по требованиям *ГОСТ 31610.0* для оболочек, попадание поглощающих объектов извне не учитывают, но учитывают наличие внутренних поглощающих объектов. Однако если оптическое излучение может выйти за пределы такой оболочки, то требования настоящего стандарта также применяются к генерируемому оптическому излучению.

5 Виды защиты

5.1 Общие требования

Для предотвращения воспламенения от оптического излучения во взрывоопасных средах применяют три вида защиты. Эти виды защиты охватывают всю оптическую систему.

Применяют следующие виды защиты:

a) искробезопасное оптическое излучение — вид защиты «op is»;

b) защищенное оптическое излучение — вид защиты «op pr»;

c) оптическая система с блокировкой — вид защиты «op sh».

Если оценка опасности воспламенения согласно приложению В показывает, что воспламенение от оптического излучения возможно, то применяют принципы выбора вида защиты в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 — Уровни взрывозащиты оборудования, обеспечиваемые применением видов защиты для оптических систем

Вид(ы) защиты	Уровни взрывозащиты оборудования		
	Ga, Da, Ma	Gb, Db, Mb	Gc, Dc
Искробезопасное оптическое излучение — вид защиты «op is» (см. 5.2) - безопасное при двух неисправностях или при использовании оптического источника с характеристикой теплового отказа (перечисление 3 раздела 5.2.2.2 или перечисление 3 раздела 5.2.2.3)	Да	Да	Да

Окончание таблицы 1

Вид(ы) защиты	Уровни взрывозащиты оборудования		
	Ga, Da, Ma	Gb, Db, Mb	Gc, Dc
- безопасное при одной неисправности или при использовании оптического источника с характеристикой теплового отказа (перечисление 3 раздела 5.2.2.2 и перечисление 3 раздела 5.2.2.3)	Нет	Да	Да
- безопасное в нормальных условиях эксплуатации	Нет	Нет	Да
Защищенная волоконно-оптическая среда с пучком, способным вызвать воспламенение, — вид защиты «op pr» (см. 5.3)			
- с дополнительной механической защитой	Нет	Да	Да
- соответствующая техническим условиям изготовителя оптического волокна для общепромышленного применения, но без дополнительной механической защиты	Нет	Нет	Да
Волоконно-оптическая среда с пучком, способным вызвать воспламенение, блокируемым при обрыве волокна, — вид защиты «op sh» (см. 5.4)			
- Защищенный волоконно-оптический кабель «op pr» для Gb/Db/Mb + функциональная система автоматического отключения на основе времени задержки воспламенения взрывоопасной газовой среды	Да [1)]	Да	Да
- Защищенный волоконно-оптический кабель «op pr» для Gc/Dc + функциональная система автоматического отключения на основе времени задержки для защиты зрения (*ГОСТ IEC 60825-2*)	Нет	Да[1)]	Да
- Незащищенный волоконно-оптический кабель (не «op pr») + функциональная система автоматического отключения на основе времени задержки для защиты зрения (*ГОСТ IEC 60825-2*)	Нет	Нет	Да
Не применяют ни один из видов защиты (неограниченный, способный вызвать воспламенение пучок)	Нет	Нет	Нет
[1)] Система автоматического отключения обеспечивает безопасность при одной неисправности.			

5.2 Требования к искробезопасному оптическому излучению «op is»

5.2.1 Общие требования

Искробезопасное оптическое излучение — это видимое или инфракрасное излучение, которое в нормальных условиях работы или в указанных условиях неисправности неспособно создавать энергию, достаточную для воспламенения данной взрывоопасной среды. Обеспечение безопасности основывается на ограничении интенсивности пучка оптического излучения. Воспламенение от оптически облучаемого поглощающего объекта требует наименьшего количества энергии, мощности или энергетической освещенности при тождественных механизмах воспламенения в видимой и инфракрасной областях спектра. Концепция искробезопасного оптического излучения применяется к неограниченному излучению и допускает присутствие поглотителя в окружающей среде.

5.2.2 Непрерывное излучение

5.2.2.1 Общие требования

Мощность оптического излучения или энергетическая освещенность не должна превышать значений, приведенных в таблицах 2, 3 и 4, распределенных по группам оборудования и температурным классам.

В качестве альтернативы соответствию таблице 2 существуют следующие возможности:

- Для площади облучаемой поверхности более 400 мм^2 максимальная температура, измеренная на облучаемой поверхности, должна применяться для определения температурного класса без ограничения энергетической освещенности. При измерении температуры необходимо учитывать, что интенсивность пучка может быть неоднородной.

- Для площади облучаемой поверхности не более 130 мм^2 максимальные значения мощности излучения, отличные от значений из таблицы 2 для температурных классов Т1, Т2, Т3 и Т4 оборудования подгрупп IIA, IIB или IIC, более подробно представлены в таблице 4.

- Испытание на воспламенение выполняется в соответствии с 5.2.4.

Таблица 2 — Безопасная мощность оптического излучения и энергетическая освещенность для оборудования групп I и II, классифицированного по группе и температурному классу

Источники оптического излучения		Могут применяться для следующих сред (температурные классы и группа/подгруппа оборудования)	Примечания
с мощностью излучения (предел энергетической освещенности не применяется), мВт	с энергетической освещенностью (предел мощности излучения не применяется), мВт/мм^2		
≤ 150	—	IIA с T1, T2 или T3 и I	Без ограничения облучаемой площади
≤ 35	—	IIA, IIB независимо от температурного класса, IIC с T1, T2, T3 или T4 и I	Без ограничения облучаемой площади
≤ 15	—	Все среды	Без ограничения облучаемой площади
—	≤ 20	IIA с T1, T2 или T3 и I	Облучаемая площадь ≤ 30 мм^2
—	≤ 5	Все среды	Без ограничения облучаемой площади

Примечание — Применимые значения мощности оптического излучения или энергетической освещенности, приведенные в таблице, основаны на классификации оборудования по группам (подгруппам газовой смеси) и температурным классам, поскольку процесс воспламенения мелкими горячими частицами зависит от группы и температурного класса взрывоопасной смеси. Это не зависит от группы (электро-) оборудования и температурного класса, связанных с оценкой электрооборудования. Необходимо учитывать, что значение термина «температурный класс» для оптического излучения «op is» отличается от значения этого термина для видов защиты электрооборудования (например, взрывонепроницаемая оболочка «d» или искробезопасная цепь «i»).

Для «op is» термин «температурный класс» при применении данной таблицы не относится к максимальной температуре, измеренной на оборудовании. Он относится к свойствам самовоспламенения газов, связанных с оборудованием для различных подгрупп газовой смеси. Поэтому для оборудования IIA и IIB температурные классы T5 и T6 не применяются, так как нет газовых смесей подгрупп IIA или IIB с температурой самовоспламенения, соответствующей T5 или T6. Подобным образом для оборудования подгруппы IIC не существует газов с температурой самовоспламенения, соответствующей T5, а сероуглерод — единственный газ подгруппы IIC с температурой самовоспламенения, соответствующей T6.

Поэтому при применении данной таблицы для оборудования подгруппы IIB для значений мощности оптического излучения или энергетической освещенности возможен только вариант температурных классов от T1 до T4. Однако для оборудования с видом защиты «op is» при его установке на месте применения в смеси подгруппы IIA изготовитель может указать класс температуры от T1 до T3 или T4. Подобным образом для подгруппы IIC изготовитель должен указать температурный класс от T1 до T4 или T6, если на месте применения будет присутствовать сероуглерод.

Таблица 3 — Безопасная мощность оптического излучения и энергетическая освещенность для оборудования группы III

Подгруппа оборудования	IIIA, IIIB и IIIC		
Уровень защиты оборудования	Da	Db	Dc
Мощность излучения (предел энергетической освещенности не применяется), мВт	≤ 35	≤ 35	≤ 35
Энергетическая освещенность (предел мощности излучения не применяется), мВт/мм^2	≤ 5	≤ 5	≤ 10

Таблица 4 — Безопасные предельные значения мощности оптического излучения для промежуточных площадей облучаемой поверхности (группа I или II, постоянная мощность, классы температуры среды Т1—Т4, оборудование подгрупп IIA, IIB или IIC). Данные рисунка В.1, включая коэффициент безопасности

Облучаемая площадь, мм^2	Максимальная мощность излучения, мВт
$< 4 \cdot 10^{-3}$	35
$\geq 4 \cdot 10^{-3}$	40
$\geq 1{,}8 \cdot 10^{-2}$	52
$\geq 4 \cdot 10^{-2}$	60
≥ 0,2	80
≥ 0,8	100
≥ 2,9	115
≥ 8	200
≥ 70	400
Примечание — Для облучаемой площади более 130 мм^2 применяется предел энергетической освещенности 5 мВт/мм^2.	

5.2.2.2 Мощность оптического излучения

Если соответствие таблицам 2, 3 и 4 основывается на максимальных значениях мощности оптического излучения, то максимальную мощность оптического излучения измеряют одним из следующих методов при таких же или эквивалентных условиях рассеяния тепла, таких, какими бы они были при применении по назначению, приведены ниже.

1) Фактическую схему возбуждения используют для подачи питания на оптическое устройство и максимальную мощность оптического излучения измеряют в условиях неисправности в соответствии с критериями защиты от перегрузки/повреждения электрической цепи по 5.2.5 для соответствующего уровня взрывозащиты оборудования при температуре окружающей среды от 21 °С до 25 °С. Если мощность оптического излучения будет выше при предусмотренном для данного оборудования диапазоне температуры окружающей среды, то значение, измеренное при комнатной температуре, должно быть скорректировано с применением температурного коэффициента из технических условий. Если в технических условиях нет такой информации, то дополнительно проводят измерения при самом низком и самом высоком значениях температурного диапазона, предусмотренного для данного оборудования. Необходимо отбирать отдельные образцы для каждого из трех испытаний, если входные параметры, воздействующие на оптическое устройство, выше максимально допустимых для него. Число испытуемых образцов зависит от числа учитываемых повреждений.

2) Максимальные входные значения, поступающие на оптическое устройство от фактической схемы возбуждения, рассчитываются на основе анализа принципиальной схемы возбуждения. Этот анализ должен учитывать условия повреждения в соответствии с критериями защиты от перегрузки/повреждения электрической цепи по 5.2.5 и соответствующий уровень взрывозащиты оборудования. Один испытуемый образец оптического устройства без схемы возбуждения подключают к отдельному регулируемому источнику питания и подвергают воздействию входных параметров, равных максимальным рассчитанным значениям входных параметров. Максимальную мощность оптического излучения оптического устройства измеряют при температуре окружающей среды от 21 °С до 25 °С. Если мощность оптического излучения будет выше в предусмотренном для данного оборудования диапазоне температуры окружающей среды, то значение, измеренное при комнатной температуре, должно быть скорректировано с применением температурного коэффициента из технической спецификации. Если в технической спецификации нет такой информации, то необходимо дополнительно провести измерения при самом низком и самом высоком значениях температурного диапазона, предусмотренного для данного оборудования. Необходимо отбирать отдельные образцы для каждого из трех испытаний, если входные параметры, воздействующие на оптическое устройство, выше максимально допустимых для него.

3) Фактическую схему возбуждения заменяют отдельным регулируемым источником питания. Этот источник питания затем используют для подачи входных сигналов различной величины на оптическое устройство и измеряют максимальную мощность оптического излучения. Повреждения не учитываются. Десять образцов оптического устройства испытывают при температуре окружающей среды от 21 °С до 25 °С. В качестве максимальной мощности оптического излучения принимают самую высокую мощность, определенную при испытании десяти образцов, до того как оптическое устройство отключится или погаснет.

Примечание — Когда фактическую схему возбуждения заменяют отдельным регулируемым источником питания, значение максимальной мощности оптического излучения равно значению, которое может быть измерено до того, как оптическое устройство отключится. В этих условиях существует возможность значительных расхождений в значениях для разных образцов одного оптического устройства. Поэтому при определении максимальной мощности оптического излучения испытывают десять образцов одного оптического устройства. Проблемы расхождения значений не существует при оценке оптического устройства с его фактической схемой возбуждения.

4) Расчет максимальной мощности оптического излучения на основе электрической мощности, подводимой к оптическому устройству, как указано в 2). Для определения выходных значений необходимо учитывать информацию из технических условий, рассчитанную электрическую мощность и, в случае необходимости, расстояния от излучающей поверхности, предусмотренные конструкцией.

Независимо от того, какие из указанных выше методов испытания выбраны, применяются следующие требования:

- Для измерения мощности оптического излучения используют фотодетектор (например, полупроводниковый датчик для почти монохроматического излучения, оптический измеритель мощности или термоэлектрический датчик для источников немонохроматического оптического излучения или излучения непостоянного спектра).

- Фотодетектор должен быть установлен на достаточном расстоянии от выхода оптического устройства таким образом, чтобы был захвачен весь диаметр пучка в соответствии с документацией на фотодетектор. В качестве альтернативы для оптических устройств, встроенных на заданном расстоянии в оболочку, не сдерживающую оптическое излучение, фотодетектор может быть установлен на этом заданном расстоянии от оптического устройства. Альтернативный метод применим только в случае, если оболочка соответствует признанным видам взрывозащиты электрического оборудования, предназначенного для удержания внутреннего воспламенения (например, взрывонепроницаемая оболочка «d» и т. д.) в соответствии с серией стандартов *ГОСТ 31610* и *ГОСТ IEC 60079*, или если по результатам оценки опасности воспламенения не ожидается присутствие поглощающих объектов внутри оболочки (например, оболочка со степенью защиты IP6X , оболочка с продувкой под давлением «p», оболочка с ограниченным пропуском газов «nR» и т. д.).

- Максимальная измеренная мощность оптического излучения должна быть не более применимого максимального значения оптической мощности из таблиц 2, 3 или 4.

Если максимальное измеренное значение оптической мощности не соответствует этому требованию, то можно выполнить оценку для определения соответствия требованиям к «энергетической освещенности» (см. 5.2.2.3).

5.2.2.3 Энергетическая освещенность

Если соответствие таблицам 2, 3 или 4 основывается на максимальных значениях энергетической освещенности, то оптимальная энергетическая освещенность может быть определена одним из методов испытаний, приведенных в 5.2.2.2.

Независимо от того, какие из указанных выше методов испытания выбраны, применяются следующие требования:

1) Необходимо установить ограничивающую диафрагму не более 100 мм^2 таким образом, чтобы срединная точка диафрагмы была сцентрирована на пучке от оптического устройства.

2) Размер ограничивающей диафрагмы должен быть меньше ширины пучка, чтобы оптическое излучение было частично блокировано и его площадь не превышала 100 мм^2.

3) Ограничивающую диафрагму необходимо установить в ближайшей точке доступа к выходу оптического устройства. В качестве альтернативы для оптических устройств, встроенных на заданном расстоянии в оболочку, ограничивающую диафрагму можно установить на этом заданном расстоянии от оптического устройства. Альтернативный метод применим только в случае, если оболочка соответствует признанным видам взрывозащиты электрооборудования, предназначенного для удержания внутреннего воспламенения (например, взрывонепроницаемая оболочка «d» в соответствии с

ГОСТ IEC 60079-1) или если по результатам оценки опасности воспламенения не ожидается наличие поглощающих объектов внутри оболочки (например, оболочка со степенью защиты IP6X, оболочка с продувкой под давлением «p», оболочка с ограниченным пропуском газов «nR» и т. д.).

4) Фотодетектор (например, полупроводниковый датчик для монохроматического излучения, оптический измеритель мощности или термоэлектрический датчик для источников немонохроматического оптического излучения или излучения непостоянного спектра) с более широкой областью обнаружения, чем площадь диафрагмы, используют для измерения максимальной мощности оптического излучения, проходящего через ограничивающую диафрагму.

5) Измерение максимальной мощности оптического излучения осуществляют с ограничивающей диафрагмой, сфокусированной на пучке, а также при перемещении диафрагмы вдоль поля излучения, если мощность пучка неоднородна.

6) Максимальную энергетическую освещенность рассчитывают на основе максимального значения измеренной мощности оптического излучения, проходящего через ограничивающую диафрагму, разделенного на площадь поверхности ограничивающей диафрагмы.

7) Максимальное рассчитанное значение энергетической освещенности должно быть не более применимого максимального значения энергетической освещенности из таблиц 2, 3 или 4.

Если интенсивность пучка неоднородная по его поперечному сечению, то для определения максимального значения энергетической освещенности проводят измерение мощности оптического излучения с мембраной площадью до 100 мм^2.

Если максимальное рассчитанное значение энергетической освещенности не ниже применимого максимального значения энергетической освещенности из таблиц 2, 3 или 4, то можно выполнить оценку для определения соответствия требованиям для «Мощности оптического излучения» (см. 5.2.2.2).

Может быть рассмотрено применение спектрорадиометра или другого оборудования для измерения энергетической освещенности вместо ограничивающей диафрагмы и фотодетектора.

5.2.3 Импульсное излучение

5.2.3.1 Общие требования

Длительность оптического импульса для оборудования со взрывозащитой уровней Gc и Dc может быть определена на основе номинальных значений частоты модуляции и рабочих параметров, установленных изготовителем. Например, продолжительность импульса (или «время включения») равна произведению периода следования импульсов (или «времени между импульсами») на коэффициент заполнения (величины, обратной скважности импульса).

Длительность оптического импульса для оборудования со взрывозащитой уровней Ga, Gb, Da, Db, Ma или Mb необходимо измерять в условиях неисправности в соответствии с критериями защиты от перегрузки/повреждения электрической цепи для «Оптических устройств, использующих принцип искробезопасности». Можно использовать электрический осциллограф для измерения длительности импульса напряжения на входе в оптическое устройство в условиях неисправности.

Процедура оценки для группы II показана в блок-схеме в приложении E.

5.2.3.2 Длительность оптического импульса не более 1 с для группы II

Энергия оптического импульса длительностью менее 1 мс, как определено в соответствии с требуемым уровнем взрывозащиты оборудования, не должна превышать минимальную энергию воспламенения соответствующей взрывоопасной газовой среды.

Энергия оптического импульса длительностью от 1 мс до 1с, как определено в соответствии с требуемым уровнем взрывозащиты оборудования, не должна превышать десятикратной минимальной энергии воспламенения взрывоопасной газовой среды.

Энергия одиночного оптического импульса равна произведению средней мощности на длительность этого импульса.

Примечание — В соответствии с результатами сравнения измеренной минимальной энергии зажигания оптического импульса (Qe, pi, min) для оптического пучка диаметром 90 мкм со значениями температуры воспламенения и минимальной энергии воспламенения из таблицы B.2 применимое минимальное значение энергии воспламенения основано на классификации оборудования по группам.

В настоящем стандарте приняты следующие значения минимальной энергии воспламенения:

Подгруппа IIA:	240 мкДж
Подгруппа IIB:	82 мкДж
Подгруппа IIC:	17 мкДж

5.2.3.3 Длительность оптического импульса более 1 с для группы II

Максимальная мощность оптического импульса длительностью более 1 с должна быть измерена в соответствии с требованиями к «Непрерывному излучению» и не должна превышать уровни безопасности для непрерывного излучения (см. таблицу 2 или 4). Независимо от уровня защиты оборудования эти импульсы рассматриваются как непрерывное излучение.

5.2.3.4 Дополнительные требования к серии оптических импульсов для оборудования группы II

Для серии оптических импульсов длительностью не более 1 с применяются следующие требования:

1 При любой частоте повторения ко всем импульсам применяется критерий одиночного импульса.

2 При частоте повторения более 100 Гц средняя мощность не должна превышать уровни безопасности для непрерывного излучения, приведенные в таблице 2 или таблице 4.

3 При частоте повторения до 100 Гц средняя мощность не должна превышать уровни безопасности для непрерывного излучения, приведенные в таблице 2 или таблице 4, если испытаниями в соответствии с разделом 6 будет подтверждено, что превышение мощности не вызовет воспламенения.

5.2.3.5 Дополнительные требования к оптическим импульсам для оборудования группы I и группы III

Выходные параметры оптических источников для оборудования *группы I* с уровнем взрывозащиты Ma или Mb и *группы III* с уровнем взрывозащиты Da или Db не должны превышать 0,1 мДж/мм^2 для импульсных лазеров или импульсных источников света с интервалами между импульсами не менее 5 с.

Выходные параметры оптических источников для оборудования *группы III* с уровнем взрывозащиты Dc не должны превышать 0,5 мДж/мм^2 для импульсных лазеров или импульсных источников света.

Источники излучения с интервалами между импульсами менее 5 с рассматриваются как непрерывные источники излучения.

5.2.4 Испытания на воспламенение

Испытания на воспламенение для подтверждения искробезопасности могут быть выполнены для группы II в особых случаях, например:

- для пучков средних размеров или длительности импульсов, которые могут превысить минимальные критерии оптического воспламенения, но не способны вызвать воспламенение;
- для пучков со сложной временно́й диаграммой, для которых трудно определить энергию в импульсе и/или среднюю мощность;
- для специальных сред, объектов или других конкретных применений, которые создают явно менее строгие условия, чем условия испытаний, рассмотренные ранее.

Примечание — Указанные испытания проводят очень редко вследствие высокой стоимости и необходимости применения специального испытательного оборудования. Не у всех испытательных лабораторий, работающих по настоящему стандарту, есть необходимое испытательное оборудование для испытаний на воспламенение.

Испытание выполняют, как указано в разделе 6, на 10 образцах источника оптического излучения в наиболее неблагоприятных условиях окружающей среды. Испытание считается пройденным, если ни в одном из 10 испытаний не происходит воспламенения.

Примечание — Испытания на воспламенение для групп I и III в настоящее время не предусмотрены.

5.2.5 Защита от перегрузки/повреждения электрической цепи

5.2.5.1 Общие требования

Оптические устройства, сконструированные по принципу искробезопасности, должны обеспечивать защиту от электрической перегрузки/повреждения электрической цепи для предотвращения избыточной интенсивности пучка оптического излучения во взрывоопасных средах. С помощью анализа риска/опасности определяют необходимость дополнительного ограничения. При этом необходимо учитывать виды отказов источника оптического излучения, схемы питания и защиты и предполагаемый уровень взрывозащиты оборудования в нормальных условиях эксплуатации и в условиях неисправности.

5.2.5.2 Саморегулирующиеся источники оптического излучения

Источники оптического излучения, такие как лазерные диоды, светодиоды (СИД) или лампы, выходят из строя при перегреве в условиях перегрузки. Характеристика теплового отказа некоторых оптических источников обеспечивает необходимую защиту от перегрузки, если результаты испытания на десяти образцах показывают, что происходит заданное безопасное отключение или гашение (см. 5.2.2.2 и 5.2.2.3). Самое высокое значение выходной мощности оптического излучения, полученное для десяти

образцов, должно быть принято в качестве максимального значения мощности или энергетической освещенности. Тепловое разрушение таких оптических источников малой мощности допустимо для обеспечения защиты от перегрузки оборудования с любым уровнем взрывозащиты.

5.2.5.3 Источники оптического излучения, для которых необходимы схемы ограничения мощности

Если интенсивность пучка оптического устройства ограничена схемами питания и защиты, необходимо учитывать повреждения для этих схем, а не оптического устройства.

Максимальное значение напряжения светодиода, ток которого ограничен схемами питания и защиты до значений, не выходящих за пределы диапазона, указанного в технических условиях, не превысит значения, указанного в технических условиях для данного тока.

Учитываемые неисправности включают: обрыв или закорачивание любого компонента, который может влиять на интенсивность пучка оптического излучения. Не следует учитывать закорачивание дорожек печатного монтажа, так как они соответствуют требованиями к длине путей утечки, воздушным зазорам или толщине слоя изоляции соответствующего общего технического стандарта.

Электрические цепи, например ограничители тока и/или напряжения, установленные между источником оптического излучения и источником электрической мощности, способны обеспечить защиту от перегрузки. Защита от перегрузки должна быть обеспечена в той степени, в какой это необходимо для предполагаемого уровня взрывозащиты оборудования (см. в *ГОСТ 31610.11* пример метода проведения анализа неисправностей, однако применимы и другие методы). Например, для оборудования с уровнями взрывозащиты Ga, Da или Ma ограничители тока и/или напряжения должны обеспечивать защиту от перегрузки в нормальных условиях эксплуатации и при одной или двух учитываемых неисправностях ограничителя тока и/или напряжения. Для оборудования с уровнями взрывозащиты Gb, Db или Mb защита от перегрузки должна быть обеспечена в нормальных условиях эксплуатации и при одной учитываемой неисправности ограничителя тока и/или напряжения. Для оборудования с уровнями взрывозащиты Gc или Dc номинальные значения электрических параметров должны быть приняты без допуска каких-либо неисправностей.

5.3 Требования к оптическому излучению с защитой «op pr»

5.3.1 Общие требования

При этом виде защиты излучение должно быть заключено внутри оптического волокна или другой передающей среды и при этом не должно выходить за пределы защитной изоляции. В этом случае характеристики изоляции определяют уровень безопасности системы «op pr». Применимые уровни безопасности включают уровни взрывозащиты оборудования Gb или Gc и Db или Dc и Mb (см. таблицу 1). Возможны два варианта — 5.3.2 или 5.3.3.

Все оптические компоненты должны соответствовать требованиям к номинальным параметрам и температурному диапазону для данного применения.

Примечание — Настоящий стандарт не содержит требования о проверке соответствия компонентов техническим условиям.

5.3.2 Излучение внутри волокна или кабеля

Оптическое волокно или кабель предотвращает выход оптического излучения в окружающую среду в нормальных условиях эксплуатации. Для уровней взрывозащиты оборудования Gb, Db или Mb необходимо применять защищенные волоконно-оптические кабели. Эта защита может быть обеспечена применением дополнительного экранирования, кабелепровода, кабельного лотка или кабельного канала. Для оптического волокна или кабелей, которые выходят из оболочки оконечного оборудования, необходимо проводить испытание на отрыв в соответствии с *ГОСТ 31610.11.*

Внутренние или внешние кабели могут быть оконцованы/соединены волокно (одного кабеля) с волокном (другого кабеля) с помощью специального соединительного устройства или соединительных комплектов, обеспечивающих фиксированную концевую заделку. При концевой заделке/соединении внешних кабелей кабельное соединение должно обеспечивать механическую прочность, равную прочности кабеля. Методика выполнения соединений на месте эксплуатации должна быть детально описана в документации.

Примечание — Для этого используют механические зажимы или защелки.

Для уровней взрывозащиты оборудования Gc или Dc используют оптическое волокно или кабели и внутренние штепсельные заводские соединители, которые соответствуют применимому техническому стандарту.

Соединения оптического волокна или внешних кабелей, выполняемые на месте эксплуатации, должны соответствовать требованиям к внешним штепсельным соединениям *ГОСТ 31610.0* для соответствующего уровня взрывозащиты оборудования.

Для уровней взрывозащиты оборудования Gb, Db или Mb оптическое волокно или кабели, подсоединенные через внутренние штепсельные заводские соединители, должны соответствовать требованиям к штепсельным соединениям *ГОСТ 31610.15.* Соединения оптического волокна или внешних кабелей, выполняемые на месте эксплуатации, должны соответствовать требованиям к внешним штепсельным соединениям *ГОСТ 31610.0* для соответствующего уровня взрывозащиты оборудования.

Примечание 1 — Типичными примерами являются соединения в разветвительных коробках.

Примечание 2 — Оптическое волокно или кабель сами по себе не являются Ex-оборудованием.

5.3.3 Излучение внутри оболочек

Присутствие излучения, способного вызвать воспламенение, внутри оболочек допускается, если оболочка соответствует требованиям к признанным видам взрывозащиты электрооборудования, предназначенного для изоляции внутреннего воспламенения (взрывонепроницаемая оболочка «d» и т. д.), в соответствии с *ГОСТ IEC 60079-1*, или если по результатам оценки опасности воспламенения не ожидается, что внутри оболочки находятся поглотители (например, в оболочке со степенью защиты IP6X, в оболочке с продувкой под давлением «p», в оболочке с ограниченным пропуском газов «nR», при защите от воспламенения пыли оболочкой «t» и т. д.). Однако необходимо учитывать, что при любом выходе неискробезопасного излучения за пределы оболочки должна быть предусмотрена защита в соответствии с настоящим стандартом.

5.4 Оптическая система с блокировкой «op sh»

Этот вид защиты также применяется, когда излучение не является искробезопасным. При этом виде защиты излучение должно быть заключено внутри оптического волокна или другой передающей среды и при этом не должно выходить за пределы этой изоляции в нормальных условиях эксплуатации.

В зависимости от уровня взрывозащиты оборудования, вид защиты «op sh» требует применения принципов защиты «op pr» наряду с размыкающей блокировкой следующим образом (см. также таблицу 1):

- При применении вида защиты «op sh» для уровней взрывозащиты оборудования Ga, Da или Ma необходимо использовать защищенный оптоволоконный кабель «op pr» для Gb/Db/Mb вместе с системой блокировки для обеспечения функциональной безопасности, основанной на задержке времени воспламенения взрывоопасной газовой среды.
- При применении вида защиты «op sh» для уровней взрывозащиты оборудования Gb, Db или Mb необходимо использовать защищенный оптоволоконный кабель «op pr» для Gc/Dc вместе с системой блокировки для обеспечения функциональной безопасности, основанной на задержке времени для защиты зрения (*ГОСТ IEC 60825-2*).
- При применении вида защиты «op sh» для уровней взрывозащиты оборудования Gc или Dc используют незащищенный оптоволоконный кабель (не «op pr») вместе с системой блокировки для обеспечения функциональной безопасности, основанной на задержке времени для защиты зрения (*ГОСТ IEC 60825-2*).

Размыкающая блокировка должна срабатывать, когда защита изоляцией нарушается и излучение становится неограниченным за значительно более короткое время, чем время задержки воспламенения или время задержки для защиты зрения.

Время задержки срабатывания размыкающей блокировки оборудования группы I, подгруппы IIA температурных классов T1 и T2 должно быть ниже уровня пограничной кривой на рисунке 1, вычерченной для минимального времени задержки воспламенения с коэффициентом безопасности 2.

Примечание — Время задержки воспламенения определено только для группы I и подгруппы IIA температурных классов T1 и T2 на рисунке 1. Для определения значений времени задержки воспламенения для других применений подгруппы IIA, подгруппы IIB или группы IIC необходимы дополнительные испытания и документальное подтверждение.

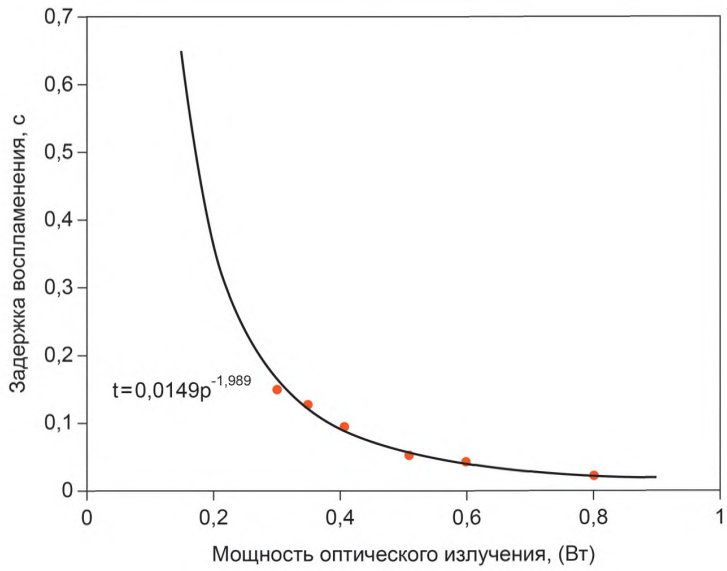


Рисунок 1 — Время задержки воспламенения и безопасная пограничная кривая при коэффициенте безопасности 2

Размыкающая блокировка должна действовать в соответствии с требованиями, определенными при анализе риска. Методы, указанные в соответствующих стандартах (например, [3], [4]), могут быть использованы для анализа эксплуатационных характеристик оборудования для соответствующего уровня безопасности. В соответствии с таблицей 1 система блокировки должна безопасно работать при одной неисправности.

6 Типовые проверки и испытания

6.1 Стенд для испытаний на воспламенение

6.1.1 Общие требования

Температура всех газовоздушных смесей в испытательном сосуде во время испытания должна поддерживаться на уровне 40 (± 3) °С или должна быть равна максимальной температуре для конкретного применения.

Давление всех газовоздушных смесей в испытательном сосуде должно поддерживаться на уровне давления окружающей среды в соответствии с *ГОСТ 31610.0*.

6.1.2 Испытательный сосуд

Необходимо использовать испытательный сосуд диаметром более150 мм и высотой над поглощающим объектом (потенциальным источником воспламенения) более 200 мм.

6.1.3 Критерии для определения воспламенения

Считается, что воспламенение произошло, если определено повышение температуры не менее чем на 100 К, измеренное с помощью термопары диаметром 0,5 мм, установленной на 100 мм выше эталонного поглощающего объекта, или визуально наблюдают появление пламени.

6.2 Проверка пригодности стенда для испытаний для типовых испытаний

6.2.1 Эталонный газ

Для проверки пригодности испытательного стенда для проведения типовых испытаний в соответствии с 6.3 в испытаниях на воспламенение необходимо использовать смесь пропана с воздухом, соответствующую следующим требованиям:

- для непрерывного излучения и импульсного излучения с длительностью импульса более 1 с: смесь пропана с воздухом в концентрации 5 % или 4 % по объему в состоянии покоя;

- для импульсного излучения с длительностью импульса не более 1 с и для всех серий импульсов: смесь пропана с воздухом в концентрации 4 % по объему в состоянии покоя.

См. дополнительную информацию о применении смеси пропана с воздухом в таблице А.1.

Если испытательный стенд используется только для условий непрерывного или импульсного излучения, проводят только соответствующее испытание из двух эталонных.

6.2.2 Эталонный поглотитель

Поглощение при изучаемой длине волны должно быть более 80 %. Поглотитель наносят на конец передающего волокна (оптоволокно) или на инертный субстрат (передача свободного пучка).

Примечание — Испытания показали, что для микросекундных и наносекундных импульсов углеродистый поглотитель имеет наименьшую воспламеняющую энергию импульса (поглощение — 99 %, горючий поглотитель, высокая температура разложения) [5, 6, 7].

6.2.3 Контрольное испытание для непрерывного излучения и импульсного излучения с длительностью импульса более 1 с

Облучаемый эталонный поглотитель должен быть физически и химически инертным на протяжении всего испытания. Абсорбционная способность поглотителя должна быть очень высокая, чтобы он действовал почти как абсолютно черное тело. Конструкцию необходимо испытать с эталонным газом и поглотителем при 40 °С ± 5 К. Для испытания оптоволокна поглотитель должен быть нанесен на конец волокна очень тонким слоем (~ 10 мкм) (в виде порошка в суспензии, которая затем высушивается). Контрольные значения приведены в таблице А.1. Конструкция приемлема, если полученные значения воспламенения не превышают более чем на 20 % данные таблицы А.1. Поглотитель должен быть неповрежденным в конце испытания.

Для испытания передачи свободного пучка оптического излучения пучок самого малого диаметра должен попадать на плоский слой нанесенного на субстрат или спрессованного в форме шарика облучаемого материала. Контрольные значения для соответствующего диаметра пучка приведены в таблице А.1. Конструкция приемлема, если полученные значения воспламенения не превышают более чем на 20 % данные таблицы А.1. Поглотитель должен быть неповрежденным в конце испытания.

6.2.4 Контрольное испытание для импульсного излучения с длительностью импульса менее 1 мс

Эталонный поглотитель облучают спереди (свободным пучком) во время всех испытаний импульсного излучения. Для испытания передачи свободного пучка оптического излучения пучок самого малого диаметра должен попадать на плоский слой облучаемого материала, нанесенного на субстрат или спрессованного до образования шарика. Контрольное значение энергии импульса для пучка диаметром 90 мкм составляет 499 мкДж для импульсов 90 нс и 600 мкДж для импульсов 30 нс. Конструкцию необходимо проверить с эталонным газом и поглотителем при 40 °С ± 5 К. Испытуемая конструкция приемлема, если полученные значения воспламенения не превышают более чем на 20 % данные таблицы В.1.

Примечание — Информация о контрольных значениях приведена в [6].

6.3 Типовые испытания

6.3.1 Испытания на воспламенение для непрерывного излучения и импульсного излучения с длительностью импульса более 1 с

Эти испытания проводят с применением газовоздушной смеси, соответствующей следующим требованиям:

- для сред Т6/IIC: CS2 в воздухе — 1,5 % по объему и диэтиловый эфир — 12 % по объему. Если используют только диэтиловый эфир, полученные минимальные значения воспламеняющей мощности или энергетической освещенности следует разделить на 4 при применении критериев соответствия:

- для сред Т4/IIA, Т4/IIB и Т4/IIC: диэтиловый эфир — 12 % по объему;

- для сред Т3/IIA и I: пропан в воздухе, 5 % по объему;

- для специальных применений: среда рассматривается.

6.3.2 Испытания на воспламенение для импульсного излучения с длительностью единичного импульса менее 1 мс

Эти испытания проводят с применением газовоздушной смеси, соответствующей следующим требованиям:

- для сред IIC: H_2 в воздухе — 12 и 21 % по объему или CS_2 в воздухе — 6,5 % по объему;
- для сред IIB: этилен в воздухе — 5,5 % по объему;
- для сред I и IIA: диэтиловый эфир — 3,4 % по объему или пропан в воздухе — 4 % по объему; разделить минимальную полученную с пропаном воспламеняющую энергию на 1,2 при применении критериев соответствия;
- для специальных применений: среда рассматривается.

6.3.3 Испытания для серии импульсов и импульсов длительностью от 1 мс до 1 с

Эти испытания проводят с применением газовоздушной смеси, соответствующей следующим требованиям:

- испытания выполняют с указанными выше газовоздушными смесями для «импульсного излучения с длительностью импульса более 1 с», а затем
- испытания выполняют с указанными выше газовоздушными смесями для «импульсного излучения с длительностью импульса менее 1 мс».

6.3.4 Поглотители для типовых испытаний

Температура поглотителя должна быть такая же, как у газовоздушной смеси.

Облучаемый эталонный поглотитель должен быть физически и химически инертным на протяжении всего испытания. Абсорбционная способность поглотителя должна быть очень высокая, чтобы он действовал почти как абсолютно черное тело.

Для всех оптических источников передачи поглощение при излучаемой длине волны должно быть более 80 %. Дополнительная информация по выбору эталонного поглотителя приведена ниже.

Поглотитель должен быть нанесен в точке, ближайшей к выходу источника оптического излучения. Для испытания оптоволокна поглотитель должен быть нанесен на конец волокна очень тонким слоем. Для других волоконно-оптических систем (передача свободного пучка оптического излучения) эталонный поглотитель должен быть нанесен очень тонким слоем на инертный субстрат или сжат до образования шарика и размещен на выходе оптического источника.

В качестве альтернативы для оптических устройств, встроенных на заданном расстоянии в оболочку, поглотитель может быть нанесен на этом заданном расстоянии от оптического устройства. Для всех источников передачи оптического излучения поглотитель должен быть нанесен очень тонким слоем на инертный субстрат или сжат до образования шарика и размещен на заданном расстоянии от выхода оптического источника. Альтернативный метод применим только в случае, если оболочка соответствует признанным видам взрывозащиты электрического оборудования, предназначенного для удержания внутреннего воспламенения (например, взрывонепроницаемая оболочка «d») в соответствии с IEC 60079-1, или если по результатам оценки опасности воспламенения не ожидается присутствие поглощающих объектов внутри оболочки (например, оболочка со степенью защиты IP6X, оболочка с продувкой под давлением «p», оболочка с ограниченным пропуском газов «nR» и т. д.).

Этот тонкий слой поглотителя наносят в виде порошка в суспензии, которая затем высушивается до рекомендованной толщины около 10 мкм.

Примечание — Испытания показали, что для микросекундных и наносекундных импульсов углеродистый поглотитель имеет наименьшую воспламеняющую энергию импульса (поглощение — 99 %, горючий поглотитель, высокая температура разложения) [3] [4] [8].

6.3.5 Критерии прохождения испытания и коэффициенты безопасности

Если во время испытания происходит воспламенение, а поглотитель остается неповрежденным, эти результаты могут рассматриваться как искробезопасные в следующих условиях:

a) Применены следующие коэффициенты безопасности к полученному значению мощности воспламенения:

- для непрерывного излучения и импульсного излучения с длительностью импульса более 1 с — 1,5;
- для импульсного излучения с длительностью импульса менее или равного 1 с и для серий импульсов — 3.

b) После применения указанных выше коэффициентов безопасности скорректированная мощность пучка должна быть не более чем на 20 % выше значения из таблицы А.1.

Если во время испытания воспламенения не происходит (например, потому, что значение мощности или энергии не может быть дополнительно увеличено во время испытания), а поглотитель остается неповрежденным, эти результаты могут рассматриваться как искробезопасные в следующих условиях:

a) Применены следующие коэффициенты безопасности к самому высокому значению невоспламеняющей мощности пучка:

- для непрерывного излучения и импульсного излучения с длительностью импульса более 1 с — 1,5;
- для импульсного излучения с длительностью импульса менее или равного 1 с и для серий импульсов — 3.

b) После применения указанных выше коэффициентов безопасности скорректированная мощность пучка должна быть не более чем на 20 % выше значения из таблицы А.1

Другой способ получить данные о безопасной интенсивности пучка (включая коэффициент безопасности) — использовать испытательный газ, более чувствительный к воспламенению. Например, при непрерывном оптическом излучении или импульсном излучении с длительностью импульса более 1 с для оборудования, которое будет применяться в среде IIA/T3, таким испытательным газом может быть этилен при площади пучка до 2 мм^2. Воспламенение не должно произойти и поглотитель не должен быть поврежден в конце испытания.

Примечание — Поскольку воспламенение горячей поверхностью малой площади — это процесс со значительными статистическими отклонениями, применение коэффициента безопасности оправдано. По этой же причине необходимо проявлять осторожность, оценивая результаты эксперимента как не вызывающие воспламенение, потому что небольшие колебания параметров испытаний могут значительно влиять на результаты.

7 Маркировка

Маркировка оборудования, использующего оптическое излучение, должна включать в себя всю маркировку для примененного вида взрывозащиты (например, взрывонепроницаемая оболочка «d» и искробезопасная электрическая цепь «i»). Электрооборудование, части электрооборудования и Ex-компоненты, выделяющие оптическое излучение и защищенные видами защиты, приведенными в настоящем стандарте, должны иметь маркировку в соответствии с *ГОСТ 31610.0*, а также следующую дополнительную маркировку.

Маркировка должна включать в себя:

a) символы для обозначения применяемого вида защиты:

- «op is»: для искробезопасного оптического излучения;
- «op pr»: для оптического излучения с защитой;
- «op sh»: для оптической системы с блокировкой;

b) символ температурного класса и группы оборудования, а также символы A, B или C, как указано в *ГОСТ 31610.0*.

Для оборудования, не подходящего для установки во взрывоопасной зоне, но создающего оптическое излучение, необходимо применять маркировку связанного оборудования. Если в таблице 2 также приводится требование об ограничении температурного класса, это должно быть указано после вида защиты.

Пример — [Ex op is IIC T4 Gb].

При определении соответствия таблице 2 может потребоваться применение колонки этой таблицы со значениями мощности оптического излучения или энергетической освещенности, связанными с температурным классом, который отличается от класса, указанного в строке Ex-маркировки для другого(их) применимого(ых) вида(ов) взрывозащиты электрооборудования. В маркировке оборудования необходимо указывать наиболее ограничительный температурный класс. Не допускается указывать несколько температурных классов.

Примеры маркировки

- Оборудование, соответствующее уровню взрывозащиты Ga:

0Ex op is IIC T6 Ga

- Оборудование, соответствующее уровню взрывозащиты Gb:

1Ex op pr IIC T4 Gb

- Оборудование, установленное за пределами взрывоопасной зоны, но создающее оптическое излучение, попадающее во взрывоопасную зону (предельные значения из таблицы 2 или 4):

[Ex op is IIA T3 Ga]

- Оборудование с оптическим источником с видом взрывозащиты герметизация компаундом «m» и видом защиты «op is»:

1Ex mb op is IIC T4 Gb

В сертификате должен быть указан соответствующий уровень взрывозащиты оборудования.

Приложение А
(обязательное)

Данные контрольного испытания

В таблице А.1 приведены эталонные значения для испытаний на воспламенение со смесью пропана с воздухом при температуре смеси 40 °С.

Поглотитель был нанесен на конец оптического волокна и подвергнут непрерывному облучению.

Таблица А.1 — Контрольные значения для испытаний на воспламенение со смесью пропана с воздухом при температуре смеси 40 °С

Диаметр сердцевины волокна, мкм	Минимальная воспламеняющая мощность при 1064 нм (поглощение — 83 %, 5 % пропана по объему), мВт	Минимальная воспламеняющая мощность при 805 нм (поглощение — 93 %, 4 % пропана по объему), мВт
62,5 (оболочка 125 мкм)	250	—
400	842	690
600	—	1200
1500	—	3600
Примечание — Других данных контрольных испытаний (например, для сердцевины диаметром 8 мкм и длины волны 1550 нм) в настоящее время нет.		

Приложение В
(справочное)

Механизмы воспламенения[1)]

Потенциальная опасность, связанная с оптическим излучением в инфракрасной области спектра и в видимом спектре электромагнитных волн, зависит от следующих факторов:

- длины волны лазера (абсорбционная способность);
- поглощающего материала (инертный, реактивный);
- горючего вещества;
- давления;
- облучаемой площади;
- продолжительности облучения.

Существует огромное число сочетаний этих факторов, которые влияют на опасность воспламенения от оптики во взрывоопасной среде и, по меньшей мере, на механизм воспламенения. Наиболее неблагоприятные условия возникают в присутствии поглотителя. Когда размеры зоны облучения или поглотителя снижаются до значения менее расстояния гашения взрывоопасного газа, воспламенение может рассматриваться как точечное. Однако излучение от конца волоконно-оптического кабеля быстро рассеивается, и облучаемый участок может достигать площади нескольких квадратных сантиметров. Условия воспламенения можно охарактеризовать с точки зрения основных параметров энергии, площади и времени.

	Площадь стремится к	Время стремится к	Критерий воспламенения
1)	нулю	бесконечности	минимальная мощность
2)	бесконечности	бесконечности	минимальная энергетическая освещенность
3)	нулю	нулю	минимальная энергия
4)	бесконечности	нулю	энергетическая экспозиция

Бесконечное время означает непрерывное излучение. Результаты исследований для малых и больших площадей приведены в таблице В.1, на рисунках В.1 и В.2. В обоих режимах воспламенение происходит от воспламенения горячей поверхности, когда пучок оптического излучения попадает на поглотитель. Чем меньше поверхность, тем выше воспламеняющая энергетическая освещенность. Это означает, что поверхность меньшей площади необходимо нагреть до более высокой температуры, чтобы произошло воспламенение. Воспламенение не происходит при мощности оптического излучения менее 50 мВт ни для одной из смесей газ/пар (кроме сероуглерода). Это подтверждает, что максимально допустимое значение мощности оптического излучения составляет 35 мВт, включая коэффициент безопасности, который должен также учитывать абсорбцию неидеальным серым телом инертного поглотителя. Эксперименты с реактивными поглотителями (уголь, сажа и тонер) показали, что хотя они и имеют более высокое поглощение, однако менее эффективны как источники воспламенения. Н-алканы не вызывают воспламенения при мощностях оптического излучения ниже 200 мВт (150 мВт, включая коэффициент безопасности). Для бóльших площадей облучения допустимое значение 5 мВт/мм^2 более целесообразно, чем критерий ограничивающей мощности.

На небольшой площади в кратковременном режиме лазерный импульс может создавать источник воспламенения, подобный электрической искре, за счет пробоя в воздухе. Такая искра [9] с энергией, приближающейся к минимальной энергии воспламенения (МЭВ), способна воспламенить взрывоопасную смесь в оптимизированных условиях (микросекундные и наносекундные импульсы).

Эффективность этого процесса воспламенения зависит от следующих факторов:

- продолжительности импульса и частоты повторения;
- длины волны;
- облучаемого материала (поглотителя);
- энергетической освещенности и энергетической экспозиции.

Установлено, что микросекундные и наносекундные импульсы со значением энергии, близким к МЭВ, воспламеняют взрывчатые смеси, как показано в таблице В.2. В этом случае облучаемый материал — горючая сажа — самый эффективный поглотитель. Свойства сажи создают благоприятные условия для пробоя по сравнению с инертным материалом, выбранным в испытаниях с постоянным излучением (очень высокое поглощение, высокая температура разложения, обогащенная электронами структура и горючесть). Для миллисекундных импульсов без пробоя, но с нагревом облучаемого материала, энергия воспламенения более чем на порядок превышает значе-

---

[1)] Информация, приведенная в настоящем приложении, взята из [5] .

ние МЭВ. Здесь инертное серое тело является идеальным поглотителем. Импульсы более 1 с должны рассматриваться как непрерывное излучение.

Для серий импульсов критерий воспламенения каждого импульса — это указанный выше критерий энергии, если длительность импульса менее 1 с. При большей частоте повторения предыдущий импульс может оказывать влияние на характеристики участка, облучаемого действующим импульсом. При частоте повторения более 100 Гц средняя мощность должна быть ограничена до предела незатухающей волны. В соответствии с этим ограничением необходима максимальная частота повторения для определенной энергии импульса. Чем короче импульс, тем выше допустимая максимальная мощность, но продолжительнее рабочий цикл. Это дает время для охлаждения облучаемого материала, затухания искры или охлаждения горячего материала. Испытания показали [6], что для наносекундных импульсов в диапазоне МЭВ (до 400 мкДж) время существования искры не может быть более 100 мкс для пучка оптического излучения диаметром 90 мкм. Для импульса продолжительностью более 1 с максимальная мощность должна быть ограничена до соответствующего предела для непрерывного излучения.

Остальные сочетания основных параметров, например короткое время при бесконечной площади, можно оценить по результатам испытаний для других режимов.

Таблица В.1 — ТСВ (температура самовоспламенения), БЭМЗ (безопасный экспериментальный максимальный зазор) и измеренные значения воспламеняющей мощности выбранных горючих веществ для инертных поглотителей в качестве облучаемого материала ($\alpha_{1064\ нм}$ = 83 %, $\alpha_{805\ нм}$ = 93 %)[1].

Группа по *ГОСТ 31610.0*	Горючее вещество (повышенная температура смеси)	ТСВ, °С	БЭМЗ, мм	Концентрация горючего вещества при минимальной воспламеняющей мощности PTB[2] (1064 нм), об. %	Минимальная воспламеняющая мощность Волокно 62,5 мкм PTB (1064 нм), мВт	Минимальная воспламеняющая мощность Волокно 400 мкм PTB (1064 нм), мВт	Концентрация горючего вещества при минимальной воспламеняющей мощности HSL[3] (803 нм), об. %	Минимальная воспламеняющая мощность Волокно 400 мкм HSL (803 нм), мВт	Минимальная воспламеняющая мощность Волокно 600 мкм HSL (803 нм), мВт	Минимальная воспламеняющая мощность Волокно 1500 мкм HSL (803 нм), мВт
IIA	Метан	595	1,14	5,0	304	1125	6,0	960	1650	5000
	Ацетон	535	1,04	—	—	—	8	830	—	—
	2-пропанол	425	0,99	4,5	273	660	—	—	—	—
	н-пентан	260	0,93	3,0	315	847	3,0	720	1100	3590
	Бутан	410 (365)	(0,98)	—	—	—	4,6	680	—	—
	Пропан	470	0,92	5,0	250	842	4,0	690	1200	3600
	Неэтилированный бензин	300 (350)	>0,9	—	—	—	4,3	720	—	3650
	н-гептан (110 °С)	220	0,91	3,0	—	502	—	—	—	—
	Метан/ водород	595	0,90	6,0	259	848	—	—	—	—
IIB	Диэтиловый эфир/ н-гептан (110 °С)	200	0,90	4,0	—	658	—	—	—	—
	Тетрагидрофуран	230	0,87	6,0	267	—	—	—	—	—
	Диэтиловый эфир	175	0,87	12,0	89	127	23,0	110	180	380
	Пропаналь (110 °С)	190	0,84	2,0	—	617	—	—	—	—

Окончание таблицы В.1

Группа по *ГОСТ 31610.0*	Горючее вещество (повышенная температура смеси)	ТСВ, °С	БЭМЗ, мм	Концентрация горючего вещества при минимальной воспламеняющей мощности PTB[2] (1064 нм), об. %	Минимальная воспламеняющая мощность Волокно 62,5 мкм PTB (1064 нм), мВт	Минимальная воспламеняющая мощность Волокно 400 мкм PTB (1064 нм), мВт	Концентрация горючего вещества при минимальной воспламеняющей мощности HSL[3] (803 нм), об. %	Минимальная воспламеняющая мощность Волокно 400 мкм HSL (803 нм), мВт	Минимальная воспламеняющая мощность Волокно 600 мкм HSL (803 нм), мВт	Минимальная воспламеняющая мощность Волокно 1500 мкм HSL (803 нм), мВт
IIB	Диметиловый эфир	240	0,84	8	280	—	—	—	—	—
	Этилен	425	0,65	7,0	202	494	7,5	530	—	2007
	Метан/ водород	565	0,50	7,0	163	401	—	—	—	—
IIC	Сероуглерод	95	0,37	1,5	50/24[4]	149	—	—	—	—
	Ацетилен	305	0,37	25,0	110	167	—	—	—	—
	Водород	560	0,29	10,0	140	331	8,0	340	500	1620

[1] ТСВ и БЭМЗ взяты из публикации [10] списка литературы.

[2] PTB — Физико-технический институт (Германия).

[3] HSL — Лаборатория по технике безопасности и охране труда (Великобритания).

[4] Значение 24 мВт было получено для горючего облучаемого вещества (угля).

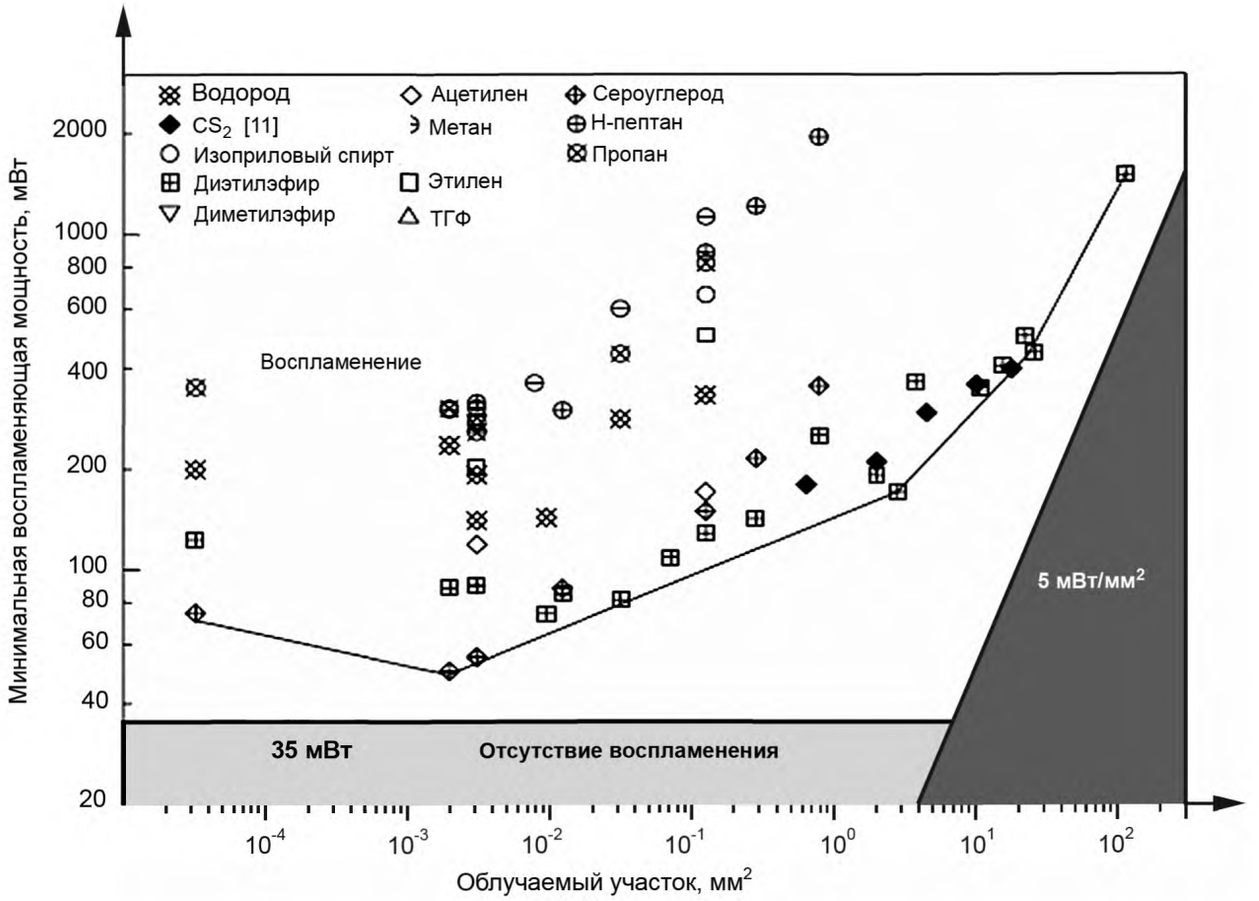


Рисунок В.1 — Минимальная воспламеняющая мощность излучения с инертным поглотителем в качестве облучаемого материала ($\alpha_{1064\ нм}$ = 83 %, $\alpha_{805\ нм}$ = 93 %) при непрерывном облучении в волновом диапазоне 1064 нм

Примечания

1 Приведенные значения даны для каждого горючего вещества в его наиболее легко воспламеняемой смеси.

2 Данные взяты из [5], [11].

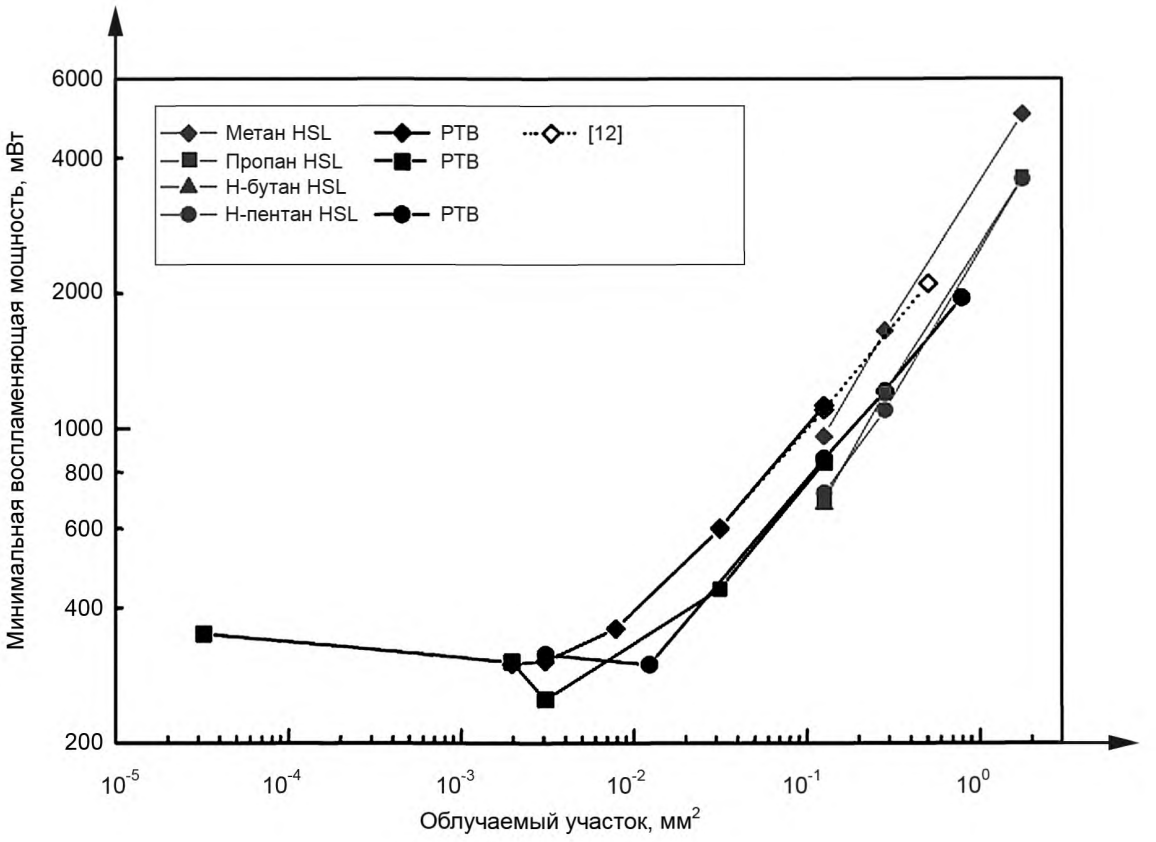


Рисунок В.2 — Минимальная воспламеняющая мощность излучения с инертным поглотителем в качестве облучаемого материала (α_{1064} нм = 83 %, α_{805} нм = 93 %) при непрерывном облучении (PTB: 1064 нм, HSL: 805 нм [12]: 803 нм) для некоторых н-алканов

Примечание 3 — Данные взяты из [12].

Таблица В.2 — Сравнение минимальной измеренной воспламеняющей оптической импульсной энергии ($Q_{e.p.}^{i,\ min}$) при диаметре пучка 90 мкм и при значениях температуры самовоспламенения (ТСВ) и минимальной энергии воспламенения (МЭВ) [10] при концентрации в объемных долях (φ).

Горючее вещество	$Q_{e.p.}^{i,\ min}$, мкДж	φ, %	ТСВ, °С	МЭВ, мкДж	$\Phi^{МЭВ}$, %	$Q_{e.p.}^{i,\ min}$/МЭВ
Остроконечный импульс 70 мкс						
н-пентан	669	3	260	280	3,3	2,4
	> 55000	6,4	—	—	—	—
Пропан	784	5,5	470	240	5,2	3,3
Диэтиловый эфир	661	3,4	175	190	5,2	3,5
	1285	5,2				6,8
Этилен	218	5,5	425	82	6,5	2,7
Водород	88	21	560	17	28	5,2
Сероуглерод	79	6,5	95	9	8,5	9,3

Окончание таблицы В.2

Горючее вещество	$Q_{e.p.}^{i,\ min}$, мкДж	φ, %	ТСВ, °С	МЭВ, мкДж	$\Phi^{МЭВ}$, %	$Q_{e.p.}^{i,\ min}$/МЭВ
Наносекундные импульсы (от 20 нс до 200 нс)						
Пропан	499	4,0	470	240	5,2	2,1
Этилен	179	5,5	425	82	6,5	2,2
Водород	44	12	560	17	28	2,6
	46	21	—	—	—	2,7

Примечание — Облучаемый материал — сажа.

Приложение С
(обязательное)

Оценка опасности воспламенения

Во всех случаях, когда необходимо учитывать оптическое излучение, следует провести предварительную оценку опасности воспламенения. Если по результатам такой оценки воспламенение невозможно, то дальнейшее применение настоящего стандарта не требуется. Взрывоопасная среда может воспламеняться оптическим излучением при условии, что интенсивность пучка оптического излучения превышает искробезопасный уровень, и в пучке присутствует поглощающее твердое тело, что может вызвать появление места перегрева и, соответственно, источника воспламенения, или (в случае импульсного излучения) если существуют условия разрыва волокна (превышение порога энергетической освещенности). См. рисунок С.1

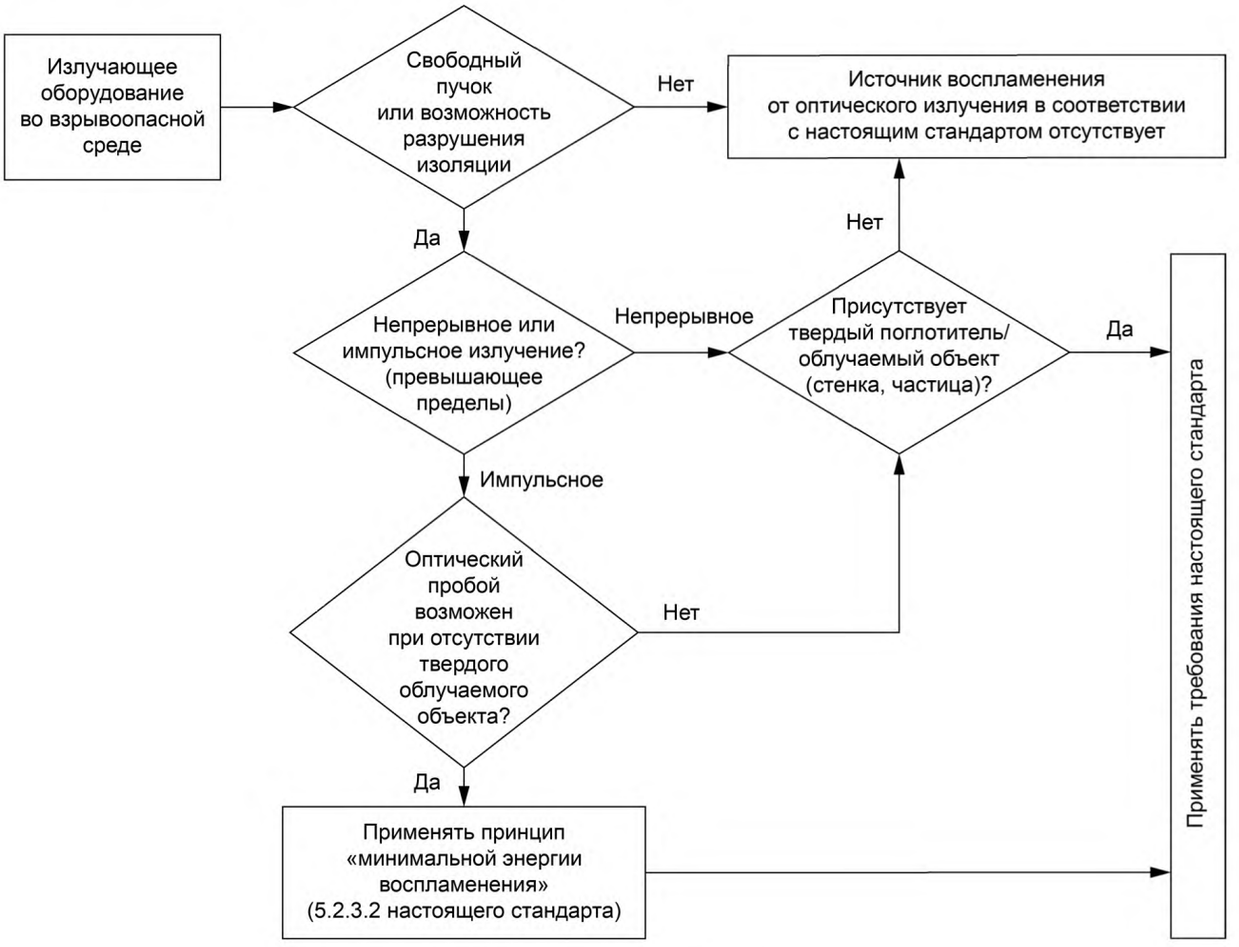


Рисунок С.1 — Оценка опасности воспламенения

Если эти условия воспламенения отсутствуют, опасности воспламенения в области настоящего стандарта не существует. Важно понимать, что даже в случае, когда открытое излучение превышает уровень искробезопасности, это не всегда приводит к воспламенению, поскольку необходимы дополнительные условия (кроме воспламенения электрической искрой), чтобы начался процесс воспламенения. Например, среда с газовой взрывоопасной смесью, в которой пучок оптического излучения не содержит поглощающего вещества, способного нагреться и стать источником воспламенения, не может создавать опасности воспламенения с точки зрения оптического излучения. В этом конкретном случае произойдет поглощение оптической энергии в самой смеси, но во многих случаях может быть легко доказано, что не происходит нагрева смеси до такой степени, чтобы она воспламенилась. Эта оценка опасности воспламенения относится также к применению самих принципов защиты. Если пучок используется внутри оболочки, которая не позволяет твердым материалам попадать в нее (хотя не препятствует попаданию взрывоопасной среды), возникновение оптического источника воспламенения внутри такой оболочки исключается при условии, что внутри нет другого облучаемого твердого поглотителя. Если допускается разрыв волокна, когда используются блокировки разрывом волокна, для безопасности можно использовать время отключения, принятое для защиты зрения (*ГОСТ IEC 60825-2*), если маловероятно, что пучок с зажигающей энергией попадет на облучаемый материал.

Приложение D
(справочное)

Типовая конструкция волоконно-оптического кабеля

На рисунках D.1 и D.2 показаны примеры конструкции волоконно-оптического кабеля.

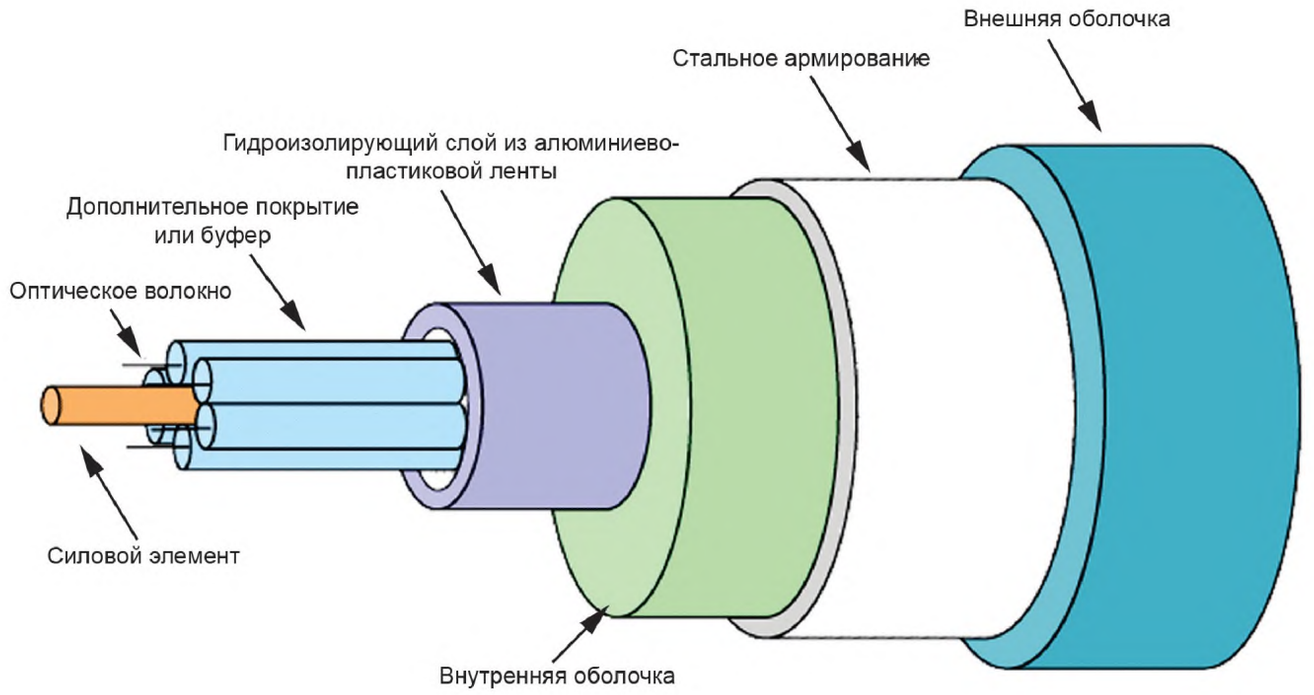


Рисунок D.1 — Пример конструкции многоволоконного оптического кабеля для эксплуатации в тяжелых условиях

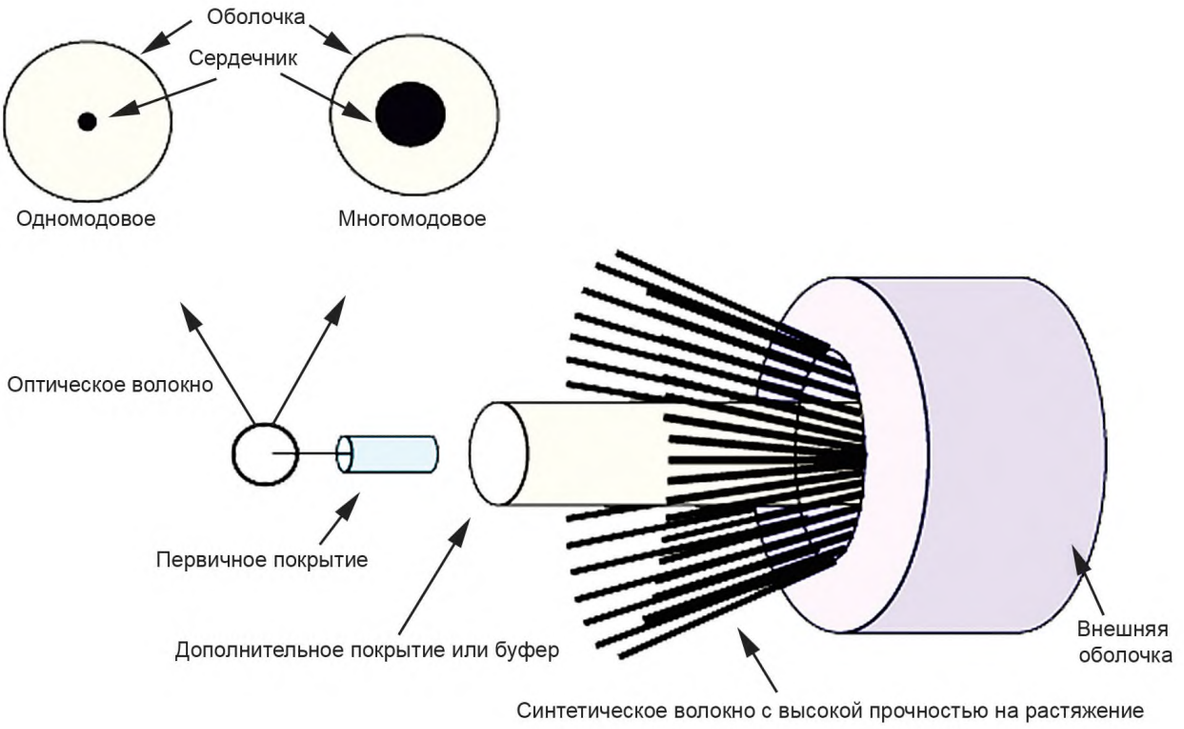
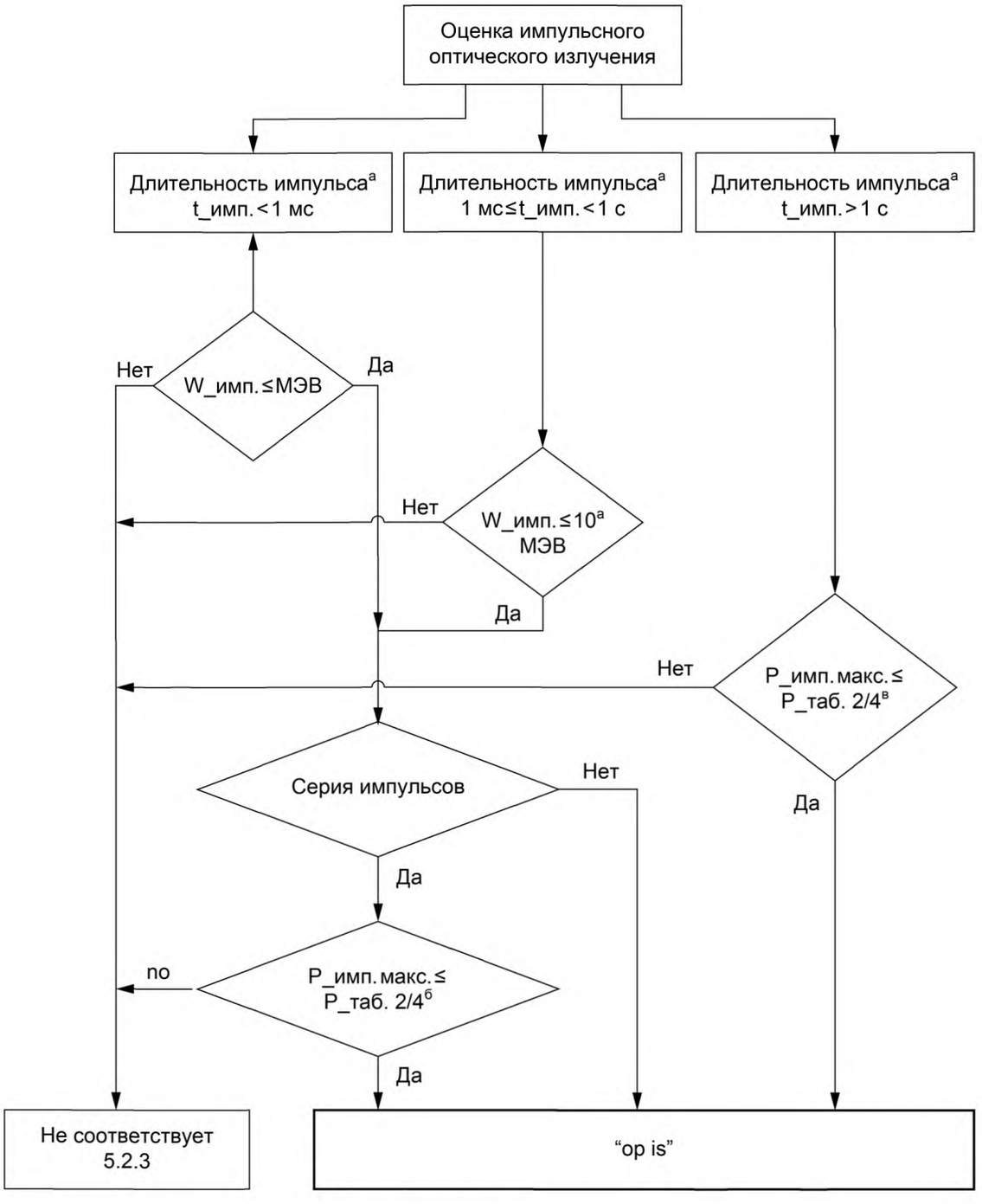


Рисунок D.2 — Типовая конструкция одноволоконного оптического кабеля

Приложение Е
(обязательное)

Блок-схема оценки импульсов

На рисунке Е.1 приведена блок-схема для оценки импульсов в соответствии с 5.2.3.



[а] Применяется к единичным импульсам и сериям импульсов.

[б] Для частоты повторения импульсов не более 100 Гц допускается дополнительно проводить испытание на воспламенение в соответствии с разделом 6.

[в] Максимальная мощность P_ имп_макс. единичного импульса во всех случаях не превышает среднюю мощность P_имп_сред. серии импульсов. Таким образом выполняется дополнительное требование для серий импульсов.

Примечание — W_имп. — энергия импульса.

Рисунок Е.1 — Блок-схема оценки импульсов в соответствии с 5.2.3

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ 31610.0 –2014 (IEC 60079-0:2011)	MOD	IEC 60079-0 «Взрывоопасные среды. Часть 0. Оборудование. Общие требования»
ГОСТ 31610.11–2014 (IEC 60079-11:2011)	IDT	IEC 60079-11 «Взрывоопасные среды. Часть 11. Оборудование с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь «i»»
ГОСТ 31610.15–2014/ IEC 60079-15:2010	IDT	IEC 60079-15 «Взрывоопасные среды. Часть 15. Оборудование с видом взрывозащиты «n»»
ГОСТ IEC 60079-1–2013	MOD	IEC 60079-1 «Взрывоопасные среды. Часть 1. Оборудование с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемые оболочки «d»»
ГОСТ IEC 60079-2–2013	IDT	IEC 60079-2 «Взрывоопасные среды. Часть 2. Заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением «p»»
ГОСТ IEC 60079-10-1–2013	IDT	IEC 60079-10-1 «Взрывоопасные среды. Часть 10-1. Классификация зон. Взрывоопасные газовые среды»
ГОСТ IEC 60079-10-2–2011	IDT	IEC 60079-10-2 «Взрывоопасные среды. Часть 10-2. Классификация зон — Взрывоопасные пылевые среды»
ГОСТ IEC 60079-31–2013	IDT	IEC 60079-31 «Взрывоопасные среды. Часть 31. Оборудование с видом взрывозащиты от воспламенения пыли «t»»
ГОСТ IEC 60825-1–2013	IDT	IEC 60825-1 «Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 1. Классификация оборудования, требования и руководство для потребителей»
ГОСТ IEC 60825-2–2013	IDT	IEC 60825-2 «Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 2. Безопасность волоконно-оптических систем связи»

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

- IDT — идентичные стандарты;
- MOD — модифицированные стандарты.

Библиография

[1] IEC 60050-731 — Международный электротехнический словарь. Глава 731. Волоконно-оптическая связь (International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Chapter 731: Optical fibre communication)

[2] IEC 60050-426 — Международный электротехнический словарь. Глава 426. Оборудование для взрывоопасных сред (International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Chapter 426: Equipment for explosive atmospheres)

[3] IEC 61508 (все части) — Функциональная безопасность электрических/электронных/программируемых электронных систем безопасности (Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems)

[4] IEC 61511 (все части) — Функциональная безопасность. Оснащенные измерительными приборами системы безопасности для обрабатывающей промышленности (Functional safety — Safety instrumented systems for the process industry sector)

[5] — Карлтон, Ф.Б., Боте, Г., Пруст, К. и Хаукворт, С., Предварительное исследование по использованию оптики в потенциально взрывоопасных средах, Отчет Европейской Комиссии EUR 19617 EN, 2000 (Carleton, F.B., Bothe, H., Proust, C. and Hawksworth, S., Prenormative Research on the Use of Optics in Potentially Explosive Atmospheres, European Commission Report EUR 19617 EN, 2000)

[6] — Шенк, С., Воспламенение взрывоопасной среды с помощью импульсного оптического излучения, Отчет PTB Th-Ex 17, ISBN 3-89701-667-2, 2001 (Schenk, S., Entzündung explosionsfähiger Atmosphäre durch gepulste optische Strahlung, PTB-Report Th-Ex 17, ISBN 3-89701-667-2, 2001)

[7] — Шенк, С., Боте, Г., Камменга, Г.К., Бредли, Д., Труды третьего международного семинара по опасности пожара и взрыва 2000, 2001, стр. 495 (Schenk, S., Bothe, H., and Cammenga, H.K., in Bradley, D., Proc. Third International Seminar on Fire and Explosions Hazards 2000, 2001, p. 495)

[8] IEC 60050-845 — Международный электротехнический словарь — Часть 845. Освещение (International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 845. Lighting)

[9] — Сьяж, Дж., А., Фурнье, Е.В., Рианда, Р. и Кохен, Р. Б., Журнал прикладной физики. 64:1499 (Syage, J.A., Fournier, E.W., Rianda, R. and Cohen, R.B., J. Appl. Phys. 64:1499)

[10] — DECHEMA, PTB, BAM: ChemSafe: База данных по безопасности, Карлсруэ. База данных STN, 1995 (DECHEMA, PTB, BAM: ChemSafe: Sicherheitstechnische Datenbank, Karlsruhe. STN Datenbank, 1995)

[11] — Адлер, Дж., Карлтон, Ф.Б. и Вайнберг, Ф.Дж., Труды Лондонского королевского общества. A (1993) 440, 443—460 (Adler, J., Carleton, F.B. and Weinberg, F.J., Proc. R. Soc. Lond. A (1993) 440, 443—460)

[12] — Дубаниевич, Т.Г., Кэшдоллар, К.Л., Грин, Дж. М. и Чейкен, Р.Ф., Журнал по предотвращению потерь в перерабатывающей промышленности. 13: 349—359 (2000) (Dubaniewicz, T.H., Cashdollar, K.L., Green, G.M. and Chaiken, R.F., J. Loss Prevent. Proc. 13: 349—359 (2000))

УДК 621.3.002.5:006:354 МКС 29.260.20 Е02 КСТУ 3402 MOD

Ключевые слова: передающие системы, оптическое излучение, импульсное излучение, оптическое волокно, взрывоопасные зоны, кабель волоконно-оптический, система связи волоконно-оптическая, энергия излучения

БЗ 7—2017/27

Редактор *М.И. Максимова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 04.10.2018. Подписано в печать 19.10.2018. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 4,18.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
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