МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)

INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ 31610.28— 2012/ IEC 60079-28:2006

ВЗРЫВООПАСНЫЕ СРЕДЫ

Часть 28

Защита оборудования и передающих систем, использующих оптическое излучение

(IEC 60079-28:2006, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2014

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

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

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Автономной некоммерческой национальной организацией «Ex-стандарт» (АННО «Ex-стандарт»)

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 24 мая 2012 г. № 41)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Азербайджан	AZ	Азстандарт
Армения	AM	Минэкономики Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Молдова	MD	Молдова-Стандарт
Россия	RU	Росстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 ноября 2012 г. № 1366-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 31610.28—2012/IEC 60079-28:2006 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 15 февраля 2014 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту МЭК 60079-28:2006 Explosive atmospheres — Part 28: Protection of equipment and transmission systems using optical radiation (Взрывоопасные среды. Часть 28. Защита оборудования и передающих систем, использующих оптическое излучение).

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

Степень соответствия — идентичная (IDT).

Стандарт подготовлен на основе применения ГОСТ Р 52350.28—2007 (МЭК 60079-28:2006)

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 техничвскому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2014

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 Определения 2
4 Общие требования 4
4.1 Оптическое оборудование 4
4.2 Уровни защиты 4
5 Виды защиты 4
5.1 Общие требования 4
5.2 Требования к искробезопасному оптическому излучению «op is» 5
5.3 Требования к оптическому излучению с защитой «op pr» 7
5.4 Блокировка оптического излучения разрывом волокна «op sh» 7
5.5 Соответствие видов защиты заданным требованиям 8
6 Типовые проверки и испытания 8
6.1 Стенд для испытаний на воспламенение 8
6.2 Стандартное контрольное испытание 9
7 Маркировка 10
7.1 Общие требования 10
7.2 Информация, содержащаяся в маркировке 10
7.3 Примеры маркировки 10
Приложение А (обязательное) Данные контрольного испытания 11
Приложение В (справочное) Механизмы воспламенения 12
Приложение С (обязательное) Оценка опасности воспламенения 18
Приложение D (справочное) Типовая конструкция волоконно-оптического кабеля 19
Приложение Е (справочное) Представление альтернативного метода оценки риска, охватывающего уровни защиты оборудования для Ex-оборудования 20
Библиография 23
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам 25

Введение

Настоящий стандарт содержит аутентичный текст первого издания международного стандарта IEC 60079-28, включенного в международную систему сертификации МЭК Ex и европейскую систему сертификации на основе директивы 94/9 ЕС; его требования полностью соответствуют потребностям экономики стран СНГ.

Настоящий стандарт:

- является одним из комплекса стандартов по видам взрывозащиты для электрооборудования, применяемого во взрывоопасных средах;

- предназначен для нормативного обеспечения обязательной сертификации и испытаний.

Установленные настоящим стандартом требования обеспечивают вместе со стандартом IEC 60079-0:2004 «Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред. Часть 0. Общие требования» безопасность применения электрооборудования на опасных производственных объектах в угольной, газовой, нефтяной, нефтеперерабатывающей и других отраслях промышленности.

В настоящее время отсутствует межгосударственный стандарт, регламентирующий требования по защите оборудования и передающих систем, использующих оптическое излучение.

Оптическое оборудование (лампы, лазеры, светодиоды, волоконные световоды и т. д.) больше используется в технике связи, геодезии, контрольных и измерительных приборах. Оптическое излучение большой интенсивности применяется при обработке материалов. Часто оптическое оборудование находится внутри или рядом с потенциально взрывоопасными средами и излучение от такого оборудования может проходить через взрывоопасные среды. В зависимости от характеристик излучения оно может быть способно воспламенить окружающую взрывоопасную среду. Присутствие или отсутствие дополнительного поглотителя значительно влияет на возможность воспламенения.

Возможны четыре механизма воспламенения:

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

b) Тепловое воспламенение объема газа, если оптическая длина волны совпадает с полосой поглощения газа.

c) Фотохимическое воспламенение вследствие фотодиссоциации молекул кислорода излучением в ультрафиолетовом диапазоне длин волн.

d) Индуцированный лазером пробой в газе в фокусе интенсивного пучка с образованием плазмы и ударной волны, которые действуют как источники воспламенения. Этим процессам может способствовать наличие твердого материала вблизи точки пробоя.

Наиболее вероятный механизм воспламенения, происходящий на практике при самой низкой мощности излучения, способной вызвать воспламенение — a). В некоторых условиях при пульсирующем излучении также может иметь место механизм d).

Оптическое оборудование в большинстве случаев используют совместно с электрическим оборудованием, по применению которого в потенциально взрывоопасных средах существуют ясные и подробные требования и стандарты. Одна из целей настоящего стандарта — информировать промышленность о потенциальной опасности воспламенения, связанной с применением оптических систем в опасных зонах, и соответствующих методах защиты.

В настоящем стандарте подробно рассмотрена комплексная система контроля опасности воспламенения от оборудования, использующего оптическое излучение во взрывоопасных зонах.

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 — 2014—02—15

1 Область применения

Настоящий стандарт рассматривает потенциальный риск воспламенения от использующего оптическое излучение оборудования, предназначенного для применения во взрывоопасных газовых средах. Он также распространяется на оборудование, которое находится вне взрывоопасной среды, но оптическое излучение от которого попадает в такую среду. В стандарте установлены меры предосторожности и требования, которые необходимо выполнять при применении оборудования, передающего оптическое излучение во взрывоопасных газовых средах, и метод испытания, который допускается использовать для проверки того, что пучок оптического излучения не способен вызвать воспламенение в выбранных условиях испытания, если оптические предельные значения не могут быть гарантированы оценкой или измерением интенсивности пучка.

В настоящем стандарте содержатся требования к оптическому излучению в диапазоне длин волн от 380 нм до 10 мкм. Он относится к следующим механизмам 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;
- индуцированный лазером пробой в газе в фокусе интенсивного пучка с образованием плазмы и ударной волны, которые действуют как источники воспламенения. Этим процессам может способствовать наличие твердого материала вблизи точки пробоя.

Примечание 1 — См. перечисления a) и d) во введении.

Настоящий стандарт не рассматривает воспламенение от ультрафиолетового излучения или поглощения излучения взрывчатой смесью. Настоящий стандарт также не распространяется на взрывчатые поглотители или поглотители, содержащие окислитель.

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

Настоящий стандарт дополняет и изменяет требования IEC 60079-0. В случае противоречий между требованиями настоящего стандарта и IEC 60079-0 требования настоящего стандарта имеют преимущественное значение.

Примечание 2 — Хотя необходимо знать о механизмах воспламенения b) и c), упомянутых во введении, они не рассматриваются в настоящем стандарте из-за особенностей ультрафиолетового излучения и абсорбционных свойств большинства газов (см. приложение B).

Примечание 3 — Требования безопасности для снижения риска воздействия на человека волоконно-оптических систем связи приведены в IEC 60825-2:2000.

Примечание 4 — Виды взрывозащиты «op is», «op pr» и «op sh» могут обеспечить уровни защиты оборудования (УЗО) Ga, Gb или Gc. Дополнительную информацию см. в приложении E.

Издание официальное

2 Нормативные ссылки

Следующие справочные документы необходимы для применения настоящего стандарта. Для источников с указанной датой применяется только указанное издание. Для источников без указания даты применяется последнее издание документа (включая все поправки).

IEC 60079 (все части) Electrical apparatus for explosive gas atmospheres (Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред)

IEC 60079-0 Electrical apparatus for explosive gas atmospheres — Part 0: General requirements (Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред. Часть 0. Общие требования)

IEC 60079-10 Electrical apparatus for exlosive gas atmospheres — Part 10: Classification of hazardous areas (Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред. Часть 10. Классификация взрывоопасных зон)

IEC 60079-11 Electrical apparatus for explosive gas atmospheres — Part 11: Intrinsic safety «i» (Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред. Часть 11. Искробезопасная электрическая цепь «i»)

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

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

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

3 Определения

В настоящем документе применяются термины и определения IEC 60079-0, а также следующие термины и определения.

Примечание — Дополнительные определения, применяемые ко взрывоопасным средам, приведены в IEC 60050-426 [1].

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

(МЭС 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

(МЭС 731-01-35)

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

3.3 **интенсивность пучка оптического излучения (beam strength):** Термин, применяемый в настоящем стандарте, чтобы охарактеризовать мощность, энергетическую освещенность, энергию или энергетическую экспозицию пучка оптического излучения.

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

(МЭС 731-02-04)

3.5 **оболочка оптического волокна (cladding):** Диэлектрический материал оптического волокна, окружающий сердцевину

(МЭС 731-02-05)

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

(МЭС 731-04-09)

3.7 **волоконно-оптическое оконечное устройство (fibre optic terminal device):** Приспособление, включающее одно или несколько оптоэлектронных устройств, которое преобразует электрический

сигнал в оптический и/или наоборот, и которое можно подключать, по меньшей мере, к одному оптическому волокну

(МЭС 731-06-44)

Примечание — Волоконно-оптическое оконечное устройство всегда имеет один или несколько встроенных соединителей или гибких выводов.

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

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

3.9 **энергетическая освещенность (irradiance):** Мощность излучения, падающего на элемент поверхности, отнесенная к площади этого элемента

(МЭС 731-01-25)

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

(МЭС 731- 01-04)

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

Примечание 2 — В области лазерной и оптической связи, по традиции и на практике, в английском языке термин «свет» включает большую часть электромагнитного спектра, который может обрабатываться основными оптическими методами, используемыми для видимого спектра.

3.11 **минимальная энергия воспламенения, МЭВ (minimum ignition energy, MIE):** Самая низкая электрическая энергия, запасенная в конденсаторе, разряда которой достаточно, чтобы осуществить воспламенение наиболее воспламеняемой взрывоопасной газовой среды в указанных условиях испытаний

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

(МЭС 731-02-01)

3.13 **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

(МЭС 731-04-01)

3.14 **волоконно-оптическая система связи, ВОСС (optical fibre communication system, OFCS):** Специализированная сквозная система генерирования, передачи и приема оптического излучения от лазеров, светодиодов или оптических усилителей, в которой передача с целью связи и/или управления осуществляется с помощью оптического волокна

3.15 **оптическая система связи в свободном пространстве, ОССП (free space optical communication system, FSOCS):** Стационарная, переносная или временно установленная система в свободном пространстве, используемая, предназначенная или предлагаемая для голосовой связи, передачи данных или мультимедийной связи и/или управления за счет применения модулированного излучения лазера или ИК-светодиода

Применение в «свободном пространстве» означает применение в помещении или на открытом воздухе оптической беспроводной системы связи с ненаправленной и направленной передачей данных.

Приемники и передатчики могут быть разделены или не разделены.

Примечание — Приведенное выше определение установлено ТК 76 МЭК. Настоящий стандарт рассматривает не только «системы связи», поэтому было бы полезно более общее определение.

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

(МЭС 731-01-22)

3.17 **оптическое излучение (optical radiation):** Электромагнитное излучение с длинами волн в вакууме, находящимися в диапазоне между излучениями рентгеновского и радиоволнового диапазонов, то есть примерно от 1 нм до 1000 мкм

(МЭС 731-01-03)

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

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

3.19 **энергия излучения (radiant energy):** Энергия, которая излучается, передается или принимается посредством электромагнитных волн

(МЭС 731-01-21)

3.20 **энергетическая экспозиция (radiant exposure):** Энергия излучения, падающего на элемент поверхности, отнесенная к площади этого элемента

[МЭС 393-14-84, измененный, и МЭС 845-01-42, измененный]*

4 Общие требования

4.1 Оптическое оборудование

Все электрические элементы и цепи внутри и с внешней стороны оптического оборудования должны соответствовать стандартам на конкретное электрооборудование.

4.2 Уровни защиты

Различают три уровня защиты оборудования: Ga, Gb, Gc (см. приложение Е). В таблице 1 показана связь между уровнем защиты оборудования и вероятностью наличия источника воспламенения.

Таблица 1 — Зависимость уровня защиты оборудования от вероятности наличия источника воспламенения

Обозначение уровня защиты оборудования	Вероятность воспламенения
Ga	Воспламенение невозможно при одном или двух независимых повреждениях или в случае редких неисправностей
Gb	Воспламенение невозможно при одном повреждении или в случае ожидаемых неисправностей
Gc	Воспламенение невозможно в нормальных условиях работы

Оценку опасности воспламенения (см. приложение С) необходимо проводить с целью определения механизмов и источников воспламенения, связанных с конкретным принципом работы оборудования, использующего оптическое излучение.

Виды защиты, выбранные в разделе 5 для защиты конкретного оборудования, зависят от оценки опасности воспламенения с учетом приведенной выше таблицы вероятности воспламенения для разных уровней защиты.

Примечание — ТК 31 МЭК принято решение о введении «уровней защиты оборудования Ga, Gb, Gc».

5 Виды защиты

5.1 Общие требования

Для предотвращения воспламенения от оптического излучения в потенциально взрывоопасных средах допускается применять три вида защиты:

a) искробезопасное оптическое излучение, «op is»;

b) защищенное оптическое излучение, «op pr»;

c) оптическая система с блокировкой, «op sh».

---

* IEC 60050-393:2003 Международный электротехнический словарь (МЭС). Часть 393. Ядерные приборы. Физические явления и основные принципы, IEC 60050-845:1987 Международный электротехнический словарь (МЭС). Часть 845. Освещение.

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 подводить энергию, достаточную для воспламенения определенной взрывчатой среды. При этом подход к безопасности основывается на ограничении интенсивности пучка оптического излучения. Воспламенение от оптически облучаемого поглощающего объекта требует определенного количества энергии, мощности или энергетической освещенности при тождественных механизмах воспламенения в видимой и инфракрасной областях спектра. Концепция искробезопасного оптического излучения применяется к излучению любой интенсивности и допускает присутствие поглотителя в окружающей среде.

Примечание — По результатам выполненных исследований [17—22] определены безопасные для взрывоопасных газовых сред значения интенсивности пучка в видимой и инфракрасной области спектра. Безопасные значения предусматривают ограниченный уровень безопасности при неблагоприятных условиях испытаний. Имеются сведения о воспламенении смеси сероуглерода с воздухом оптическим излучением мощностью 24 мВт.

5.2.2 Непрерывное излучение

Мощность оптического излучения или энергетическая освещенность не должна превышать значений, приведенных в таблице 2, распределенных по группам оборудования и температурным классам. Безопасные значения энергетическкой освещенности указаны при максимальной площади облучаемой поверхности, не превышающей 400 мм^2. Для площади облучаемой поверхности, превышающей 400 мм^2, применяют температурные ограничения для соответствующего температурного класса. В таблице 2 содержится информация для горючих или негорючих поглотителей. В качестве альтернативы таблице 2 для промежуточных значений площадей облучаемой поверхности, если горючие твердые объекты исключены, безопасные значения мощности могут определяться по рисунку 1.

Таблица 2 — Безопасная мощность оптического излучения и энергетическая освещенность для взрывоопасных зон, классифицированных по группе и температурному классу оборудования

Группа оборудования	I	IIA	IIA	IIB	IIC	
Класс температуры		T3	T4	T4	T4	T6
Температура ,°C	< 150	< 200	< 135	< 135	< 135	< 85
Мощность, мВт	150	150	35	35	35	15
Энергетическая освещенность, мВт/мм^2) (площадь поверхности не более 400 мм^2)	20[a]	20[a]	5	5	5	5

[a] Для облучаемых участков площадью более 30 мм^2, на которых горючие материалы могут задерживать пучок оптического излучения, предел энергетической освещенности равен 5 мВт/мм^2

5.2.3 Импульсное излучение

Для длительности оптического импульса менее 1 мс энергия оптического импульса не должна превышать минимальную энергию искрового зажигания соответствующей взрывоопасной газовой среды.

Для оптического импульса продолжительностью от 1 мс до 1 с энергия оптического импульса не должна превышать десятикратной минимальной энергии искрового зажигания взрывоопасной газовой среды.

Для оптического импульса продолжительностью более 1 с максимальная мощность не должна превышать уровни безопасности для непрерывного излучения (5.2.2, таблица 2). Такие импульсы рассматриваются как непрерывное излучение.

В серии оптических импульсов ко всем импульсам применяется критерий одиночного импульса. При частоте повторения более 100 Гц средняя мощность не должна превышать уровень безопасности для непрерывного излучения. При частоте повторения менее 100 Гц допустима более высокая средняя мощность, если это будет подтверждено испытаниями в соответствии с разделом 6.

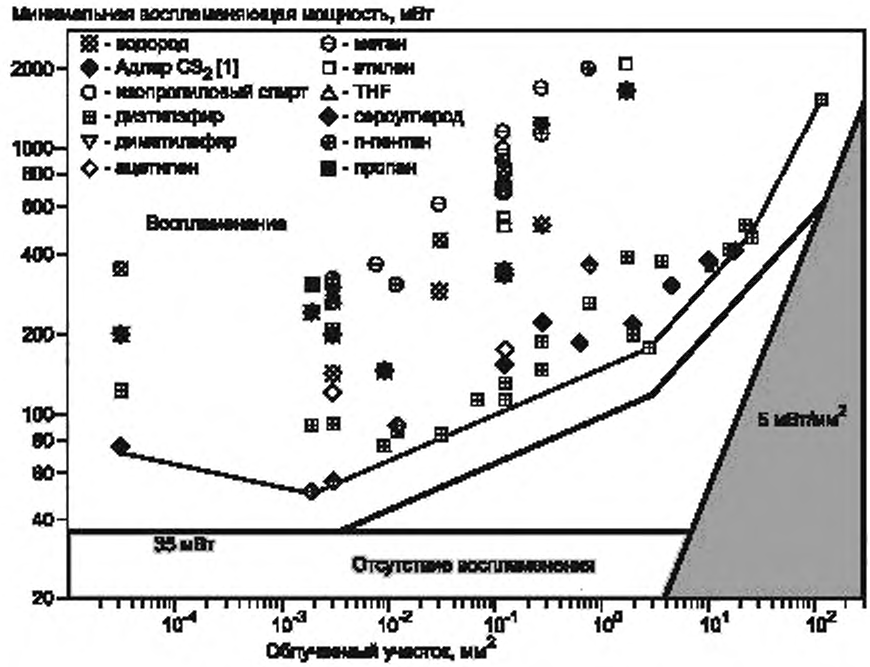

Рисунок 1 — Рисунок В.1 с предельными линиями для промежуточных значений площадей облучаемой поверхности в присутствии негорючих поглотителей (классы температур Т1-Т4, электрооборудование подгрупп IIA, IIB, IIC)

5.2.4 Испытания на зажигание

Испытания на зажигание для подтверждения искробезопасности выполняют в особых случаях, например:

- для пучков средних размеров или продолжительности, которые могут превысить минимальные критерии оптического зажигания, но не способны вызвать зажигание;

- для пучков со сложной временной диаграммой, для которых трудно определить энергию в импульсе и/или среднюю мощность;

- для специальных сред, объектов или других конкретных применений, которые создают явно менее жесткие условия, чем условия испытаний, изученные до настоящего времени.

Испытание выполняют на 10 образцах источника света, как указано в разделе 6. Испытание считается пройденным, если ни в одном из 10 испытаний не происходит зажигания.

5.2.5 Оптические устройства, сконструированные по принципу искробезопасности

Оптические устройства, сконструированные по принципу искробезопасности, должны обеспечивать защиту от электрической перегрузки/повреждения для предупреждения избыточной интенсивности пучка оптического излучения в потенциально взрывоопасных средах. Анализ риска/опасности должен определить, когда эти устройства необходимы. Виды отказов источника оптического излучения, барьер безопасности источника питания и наличие взрывоопасной среды должны рассматриваться в нормальных условиях эксплуатации и в условиях неисправности для определения необходимости дополнительной защиты.

Источники оптического излучения, такие как лазерные диоды или светодиоды, выходят из строя при перегреве в условиях перегрузки. Тепловой отказ некоторых оптических источников способен обеспечить необходимую защиту от перегрузки (испытание на 10 образцах).

Электрические цепи, например ограничители тока и/или напряжения, установленные между источником оптического излучения и источником электрической мощности, способны обеспечить защиту от перегрузки, как искробезопасные цепи.

Защита от перегрузки должна быть обеспечена в той степени, в какой это необходимо для предполагаемого уровня защиты оборудования (см. IEC 60079-11). Например, для оборудования Ga ограничители тока и/или напряжения должны обеспечивать защиту от перегрузки при двух учитываемых неисправностях ограничителя тока и/или напряжения. Для оборудования Gb требование может быть снижено до одной неисправности. Для оборудования Gc номинальные характеристики должны быть приняты без допуска каких-либо неисправностей. Тепловое разрушение некоторых оптических источников малой мощности, таких как светодиоды, допустимо для обеспечения защиты от перегрузки оборудования с любым уровнем защиты.

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 этой изоляции. В этом случае характеристики изоляции определяют уровень безопасности системы.

Анализ риска позволяет установить требования безопасности на основе предполагаемых условий (условий неисправности или нормальных условий эксплуатации).

Оптическое волокно может использоваться в ситуациях, когда не существует заранее заданных условий, то есть когда внешнее воздействие может вызвать разрушение защитного барьера. Дополнительные средства защиты (например, прочная кабельная проводка, кабелепровод или кабельный канал) следует использовать, когда внешние воздействия могут вызвать разрушение в нормальных или аварийных условиях эксплуатации. Защитные меры, необходимые для предупреждения пробоя и выхода излучения, могут быть определены на основе анализа риска.

Если используются оболочки, допускается нахождение источника воспламенения внутри оболочки без воспламенения атмосферы снаружи при условии, что они отвечают требованиям соответствующих стандартов по видам защиты (серия IEC 60079).

5.3.2 Излучение внутри волокна и т. д. (механическое повреждение исключается)

Оптическое волокно предотвращает выход оптического излучения в атмосферу в нормальных условиях эксплуатации. В случае предполагаемых неисправностей это может быть обеспечено применением дополнительного экранирования, кабелепровода, кабельного лотка или кабельного канала.

5.3.3 Излучение внутри оболочек

Воспламеняющее излучение внутри оболочек допускается, если оболочка соответствует требованиям к признанным видам взрывозащиты для электрооборудования, в котором может присутствовать источник воспламенения (взрывонепроницаемая оболочка «d», оболочка с продувкой под давлением «p», оболочка с ограниченной вентиляцией) в соответствии со стандартами серии IEC 60079. Однако необходимо учитывать, что при любом выходе излучения за пределы оболочки должна быть предусмотрена защита оборудования в соответствии с настоящим стандартом.

5.4 Блокировка оптического излучения разрывом волокна «op sh»

Этот вид защиты применяется, когда излучение не является искробезопасным. Размыкающая блокировка срабатывает, когда защита изоляцией нарушается и излучение становится неограниченным за значительно более короткое время, чем время задержки воспламенения.

Размыкающая блокировка должна действовать в соответствии с требованиями, определенными при анализе риска. Методы, указанные в соответствующих стандартах (например, IEC 61508, IEC 61511), могут быть использованы для анализа эксплуатационных характеристик оборудования, чтобы установить коэффициент готовности или коэффициент снижения риска в зависимости от уровня защиты оборудования, как показано в таблице 3.

Таблица 3 — Коэффициент готовности оптической блокировки или коэффициент снижения риска воспламенения в зависимости от уровня защиты оборудования

Уровень защиты оборудования	Коэффициент готовности (эффективность)	Коэффициент снижения риска
Ga	0,999—0,9999	1000—10000
Gb	0,99—0,999	100—1000
Gc	0,9—0,99	10—100

Примечание — Значения, приведенные в таблице 3, были получены на основе рекомендаций из отчета по проекту SAFEC — Определение уровней безопасности электротехнических устройств, применяемых в потенциально взрывоопасных средах (Уилдей, 2000).

В случаях, когда с помощью оценки опасности воспламенения (см. приложение С) может быть доказано, что условия воспламенения не возникают сразу после разрыва волокна, допускается использовать время отключения, применяемое для защиты зрения (см. IEC 60825-2: Безопасность лазерных изделий. Часть 2). Это обычно характерно для оборудования с уровнем защиты Gc, но применимо и к оборудованию с уровнем защиты Gb.

5.5 Соответствие видов защиты заданным требованиям

Если оценка опасности воспламенения, приведенная в приложении С, показывает, что воспламенение от оптического излучения возможно, необходимо применять виды защиты, приведенные в таблице 4.

Таблица 4 — Применение видов защиты для оптических систем в зависимости от уровня защиты оборудования

Вид защиты	Ga	Gb	Gc
Искробезопасное оптическое излучение — вид защиты «op is» (см. 5.2):			
- безопасное при двух неисправностях	Да	Да	Да
- безопасное при одной неисправности	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
- без дополнительной механической защиты	Нет	Нет	Да
Защищенная волоконно-оптическая среда с пучком, способным вызвать воспламенение, блокируемым разрывом волокна — вид защиты «op sh» (см. 5.4):			
- с дополнительной механической защитой	Да	Да	Да
- без дополнительной механической защиты	Нет	Да	Да
Не применяют ни один из видов защиты (неограниченный, способный вызвать воспламенение луч)	Нет	Нет	Нет

6 Типовые проверки и испытания

6.1 Стенд для испытаний на воспламенение

6.1.1 Испытательный сосуд

Диаметр > 150 мм, высота над источником воспламенения > 200 мм.

6.1.2 Измерения энергии и мощности

Общая погрешность измерения должна быть менее 5 %, в том числе с учетом изменения источника оптического излучения.

6.1.3 Критерий воспламенения

Повышение температуры не менее чем на 100 K, определенное с помощью термопары диаметром 0,5 мм на 100 мм выше места перегрева, или появление пламени.

6.1.4 Температура смеси

40 °С или максимальная температура для конкретного применения.

6.1.5 Давление смеси

Давление окружающей среды в соответствии с IEC 60079-0.

6.1.6 Коэффициент безопасности

Применяют коэффициент безопасности 1,5 для непрерывного излучения и 3 для импульсного излучения ко всем результатам (результатам с отсутствием воспламенения), полученным в испытаниях в соответствии с 6.3 и 6.4, прежде чем использовать эти данные как искробезопасные.

Если во время испытания воспламенения не происходит (например, потому, что значение мощности или энергии не может быть дополнительно увеличено во время испытания), этот коэффициент применяют к самому высокому полученному значению невоспламеняющей интенсивности пучка.

Другой способ получить данные о безопасной интенсивности пучка (включая коэффициент безопасности) — использовать испытательный газ, более чувствительный к воспламенению. Для оборудования, которое будет применяться в среде IIA/T3, таким испытательным газом может быть этилен при площади пучка до 2 мм².

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.

6.2 Стандартное контрольное испытание

6.2.1 Эталонный газ

Смесь пропана с воздухом в концентрации 5 % или 4 % объема, см. таблицу А.1 (для испытаний на воспламенение с непрерывным излучением или импульсным излучением с продолжительностью импульса более 1 с, соответственно), или 4 % объема (для импульсного излучения с одиночными импульсами продолжительностью менее 1 мс), смесь в состоянии покоя.

6.2.2 Эталонный поглотитель

Поглощение при изучаемой длине волны – более 80 %. Поглотитель наносят на конец передающего волокна (оптоволокна) 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) [17, 20, 22].

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. Для испытания оптоволокна поглотитель должен быть нанесен на конец волокна очень тонким слоем (~10 мкм) (в виде порошка в суспензии, которая затем высушивается). Эталонные значения приведены в приложении (таблица 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 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. Испытуемая конструкция приемлема, если полученные значения воспламенения не превышают более чем на 20 % данные таблицы В.1.

Примечание — Контрольные значения приведены в [20].

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

6.3.1 Испытательные смеси

6.3.1.1 Для сред T6/IIC

CS_2 в воздухе — 1,5 % объема, и диэтиловый эфир — 12 % объема.

Если используют только диэтиловый эфир, полученные минимальные значения воспламеняющей мощности или энергетической освещенности следует разделить на 4 для дальнейшего использования.

6.3.1.2 Для сред T4/IIA, T4/IIB и T4/IIC

Диэтиловый эфир — 12 % объема.

6.3.1.3 Для сред T3/IIA и I

Пропан в воздухе, 5 % объема.

6.3.1.4 Для специальных применений

Среда рассматривается.

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

6.3.2.1 Для сред IIC

H_2 в воздухе — 12 % и 21 % объема или CS_2 в воздухе — 6,5 % объема.

6.3.2.2 Для сред IIB

Этилен в воздухе — 5,5 % объема.

6.3.2.3 Для сред I и IIA

Диэтиловый эфир — 3,4 % объема или пропан в воздухе — 4 % объема; разделить минимальную полученную с пропаном воспламеняющую энергию на 1,2 для дальнейшего использования.

6.3.2.4 Для специальных применений

Среда рассматривается.

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

Применять схему испытаний в соответствии с 6.3.1, а затем схему в соответствии с 6.3.2; поглотители и смеси — как указано в 6.1—6.3.

7 Маркировка

7.1 Общие требования

Оборудование, использующее оптическое излучение, должно иметь следующую дополнительную маркировку.

7.2 Информация, содержащаяся в маркировке

Маркировка должна включать:

a) символы, применяемые для обозначения вида защиты:

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

b) символ группы оборудования:

- для защиты вида «искробезопасное оптическое излучение «op is» используют символы A, B или C;
- для оборудования, не подходящего для установки в опасной 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 T4 Gb] IIC;

c) уровень защиты оборудования Ga, Gb или Gc (см. таблицу 4);

d) серийный номер, за исключением:

- соединительных принадлежностей; волоконно-оптических кабелей и т. д.,
- миниатюрного оборудования с ограниченной площадью поверхности.

7.3 Примеры маркировки

Оборудование, соответствующее уровню защиты Ga:

Ex op is IIC T6 Ga

Оборудование, соответствующее уровню защиты Gb:

Ex op pr II T4 Gb

Оборудование, установленное за пределами опасной зоны, но создающее оптическое излучение, попадающее в опасную зону (предельные значения взяты из таблицы 2):

[Ex op is T3 Ga] IIA

В сертификате должен быть указан соответствующий уровень защиты оборудования (возможно несколько уровней защиты для разных частей оборудования).

Приложение А
(обязательное)

Данные контрольного испытания

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

Диаметр сердцевины волокна, мкм	Минимальная воспламеняющая мощность при 1064 нм (поглощение — 83 %, 5 % пропана от объема), мВт	Минимальная воспламеняющая мощность при 805 нм (поглощение — 93 %, 4 % пропана от объема), мВт
62,5 (оболочка 125 мкм)	250	
400	842	690
600		1200
1500		3600
Примечание — Поглотитель был нанесен на конец оптического волокна и постоянно облучался.		

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*

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

- длины волны лазера (свойства поглощения);
- поглощающего материала (инертный, реактивный);
- топлива;
- давления;
- облучаемой площади;
- времени 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 составляет 35 мВт, с учетом коэффициента безопасности, который должен также учитывать абсорбцию неидеального серого тела 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. N-алканы не вызывают воспламенения при мощности ниже 200 мВт (150 мВт, включая коэффициент безопасности). Для больших площадей облучения допустимое значение 5 мВт/мм² 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 [26], с энергией, приближающейся к минимамальной энергии воспламенения (МЭВ), способна воспламенить взрывоопасную смесь в оптимизированных условиях (микросекундные и наносекундные импульсы).

Эффективность этого процесса воспламенения зависит от следующих факторов:

- длины импульса и скорости 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 значение МЭВ. Здесь инертное серое тело является идеальным поглотителем.

Импульсы более 1 с должны рассматриваться как непрерывное излучение.

---

* Информация, приведенная в настоящем приложении, взята из [17].

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)

Группа см IEC 60079-0	Горючее вещество (повышенная температура смеси)	ТСВ, °С	БЭМЗ, мм	Концентрация горючего вещества при минимальной воспламеняющей мощности PTB* (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* (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	—	—	—	—
	n-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
	n-гептан (110 °С)	220	0,91	3,0	—	502	—	—	—	—
	Метан/водород	595	0,90	6,0	259	848	—	—	—	—
IIB	Диэтиловый эфир/ n-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
	Пропанол (110 °С)	190	0,84	2,0	—	617	—	—	—	—

Окончание таблицы В.1

Группа см. IEC 60079-0	Горючее вещество (повышенная температура смеси)	ТСВ, °С	БЭМЗ, мм	Концентрация горючего вещества при минимальной воспламеняющей мощности PTB* (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* (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
	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**	149	—	—	—	—
	Ацетилен	305	0,37	25,0	110	167	—	—	—	—
	Водород	560	0,29	10,0	140	331	8,0	340	500	1620

Примечание — ТСВ и БЭМЗ взяты из публикации [25] списка литературы.

* HSL = Лаборатория по охране труда Инспекции по охране труда и технике безопасности Великобритании PTB = Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Германия).

** Значение 24 мВт было получено для горючего облучаемого вещества (угля).

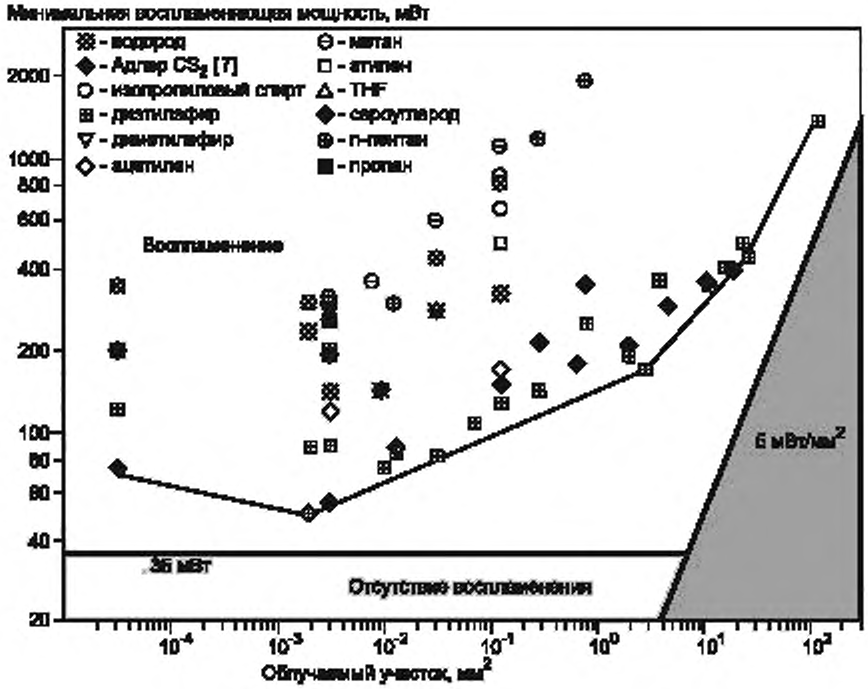

Рисунок В.1 — Минимальная воспламеняющая мощность излучения с инертным поглотителем в качестве облучаемого материала ($\alpha_{1064\ нм}$ = 83 %, $\alpha_{805\ нм}$ = 93) при непрерывном облучении в волновом диапазоне 1064 нм

Примечание 1 — Данные взяты из [17], [23].

Примечание 2 — Приведенные значения даны для каждого горючего вещества в его наиболее легко воспламеняемой смеси.

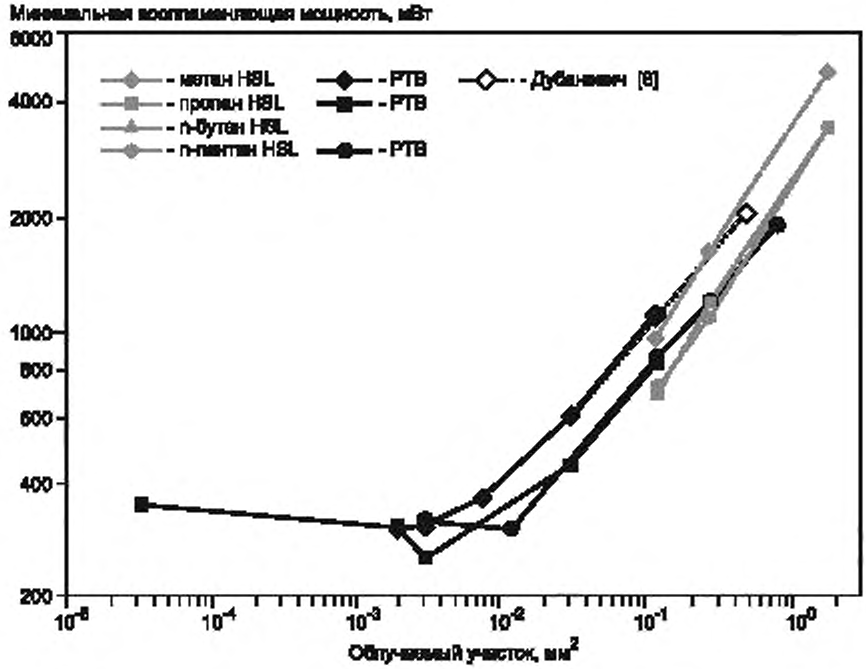

Рисунок В.2 — Минимальная воспламеняющая мощность излучения с инертным поглотитетем в качестве облучаемого материала ($\alpha_{1064\ нм}$ = 83 %, $\alpha_{805\ нм}$ = 93) при непрерывном облучении (PTB: 1064 нм, HSL: 805 нм, [24]: 803 нм) для некоторых *n*-алканов

Таблица В.2 — Сравнение минимальной измеренной воспламеняющей оптической импульсной энергии ($Q_{э.и}^{L\ мин}$) при диаметре пучка 90 мкм и значениях температуры самовоспламенения (ТСВ) и минимальной энергии воспламенения (МЭВ), [25] при концентрации в объемных долях (φ)

Горючее вещество	$Q_{э.и}^{L\ мин}$, мкДж	φ, %	ТСВ, °С	МЭВ, мкДж	$\varphi^{МЭВ}$, %	$Q_{э.и}^{L\ мин/МЭВ}$
Остроконечный импульс 70 мкс						
n-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
Наносекундные импульсы (от 20 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.						

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 [20], 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 > 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.

Приложение С
(обязательное)

Оценка опасности воспламенения

Взрывоопасная воздушная 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 применяют условия разрыва волокна (превышение порога энергетической освещенности). См. рисунок С.1

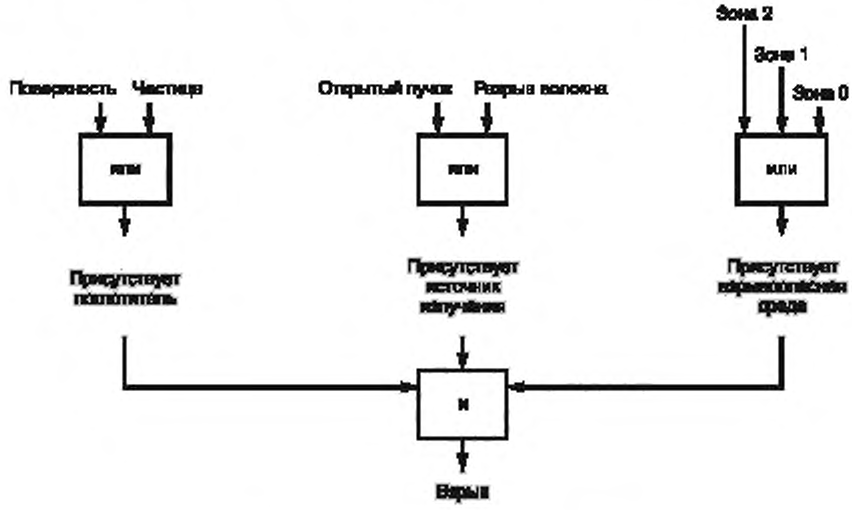

Рисунок С.1 — Оценка опасности воспламенения

Если эти условия существуют, следует применять виды защиты b) и c), приведенные в 5.1.

Если эти условия отсутствуют, опасности воспламенения может не существовать.

Необходимо осуществить дополнительную оценку с учетом всех условий, необходимых для воспламенения:

- в особых случаях или для специального оборудования.
- с учетом требований для разных уровней защиты оборудования в соответствии с 4.2 и принять соответствующие меры.

Примечание 1 — Хотя это не регламентируется настоящим стандартом, все возможные способы воспламенения взрывоопасной смеси оптическим излучением (см. Введение и настоящее приложение С) должны быть проверены, прежде чем исключить этот источник воспламенения.

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.

Примечание 2 — Например, система газового анализа, 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 относится также к применению самих принципов защиты. Если пучок используется внутри оболочки, это не позволяет твердым материалам попадать в него (хотя это не препятствует попаданию взрывоопасной среды), возникновение источника воспламенения внутри такой оболочки исключается, при условии, что внутри нет другого облучаемого материала.

Если допускают разрыв волокна, когда используют блокировки разрывом волокна, для безопасности можно использовать время отключения, принятое для защиты зрения (IEC 60825-2), если маловероятно, что пучок с зажигающей энергией попадет на облучаемый материал.

Приложение D
(справочное)

Типовая конструкция волоконно-оптического кабеля

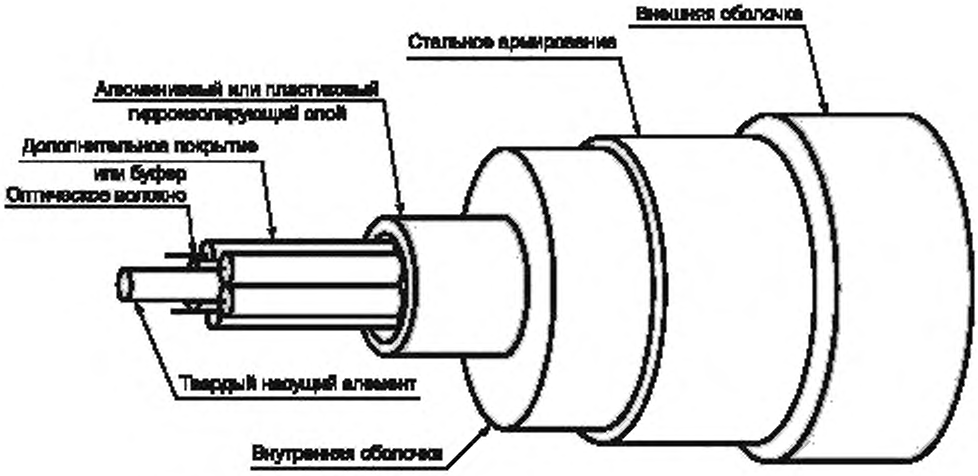

Рисунок D.1 — Пример конструкции многоволоконного оптического кабеля для эксплуатации в тяжелых условиях

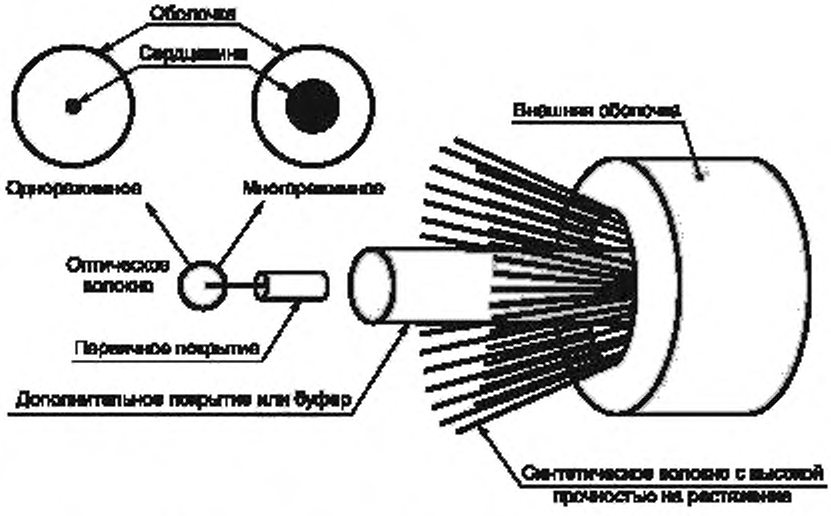

Рисунок D.2 — Типовая конструкция одноволоконного оптического волокна

Приложение Е
(справочное)

Представление альтернативного метода оценки риска, охватывающего уровни защиты оборудования для Ex-оборудования

Е.0 Введение

В настоящем приложении дано объяснение метода оценки риска, охватывающего уровни защиты оборудования (УЗО). Эти УЗО введены, чтобы сделать возможным применение альтернативного метода выбора Ex-оборудования по сравнению с существующими методами.

Е.1 Исторические предпосылки

Традиционно признано, что не все виды защиты гарантируют одинаковый уровень защиты от возможности возникновения условия воспламенения. Стандарт по электроустановкам IEC 60079-14 [8] определяет конкретные виды защиты для конкретных зон на основе статистических данных исходя из того, что чем больше вероятность или частота присутствия взрывоопасной среды, тем более высокий уровень безопасности необходим для предотвращения активизации источника воспламенения.

Разделение на взрывоопасные зоны (за исключением угольных шахт) осуществляется в соответствии со степенью опасности. Степень опасности определяют, исходя из вероятности появления взрывоопасной среды. Обычно не учитывают ни потенциальные последствия взрыва, ни другие факторы, например, токсичность материалов. Истинная оценка риска учитывает все факторы.

Принято, что допуск оборудования в каждую зону зависит от вида защиты. В некоторых случаях вид защиты может разделяться на несколько уровней защиты, которые также соотносятся с зонами. Например, вид защиты «искробезопасная электрическая цепь» разделен на уровни ia и ib. Стандарт по виду защиты «герметизация компаундом "m"» предусматривает два уровня защиты — «ma» и «mb».

В прошлом технические требования для выбора оборудования устанавливали тесную связь между видом защиты оборудования и зоной, в которой оборудование можно использовать. Как было отмечено ранее, нигде в системе взрывозащиты IEC не учитываются потенциальные последствия взрыва, если он произойдет.

Однако владельцы предприятий часто принимают интуитивные решения относительно расширения (или ограничения) зон на своем предприятии, чтобы компенсировать этот недостаток. Типичным примером является установка оборудования для навигации для зоны класса 1 в зоне класса 2 на морских нефтяных платформах, чтобы навигационное оборудование продолжало функционировать даже в присутствии неожиданного продолжительного газовыделения. С другой стороны, для владельца удаленной небольшой и безопасной насосной станции приемлемо установить электродвигатель для зоны класса 2 в зоне класса 1, если общее количество газа при взрыве будет небольшим, и риск для жизни или собственности от такого взрыва можно не принимать в расчет.

Ситуация стала более сложной с публикацией первого издания IEC 60079-26, который ввел дополнительные требования к оборудованию, предназначенному для применения в зоне класса 0. До этого Ex ia рассматривали как единственный вид защиты, приемлемый для зоны класса 0.

Было признано, что полезно идентифицировать и маркировать все изделия в соответствии с риском воспламенения, который они представляют. Это облегчит выбор оборудования и даст возможность лучше применять метод оценки риска, когда уместно.

Е.2 Общие требования

Метод оценки риска для Ex оборудования был введен как альтернатива существующему директивному и относительно негибкому методу, связывающему оборудование с зонами. Для облегчения задачи была создана система уровней защиты оборудования, чтобы четко показать присущий оборудованию риск воспламенения независимо от используемого вида защиты.

Система уровней защиты оборудования следующая.

Е.2.1 Угольная промышленность (группа I)

Е.2.1.1 Уровень защиты оборудования Ma

Оборудование для установки в угольной шахте, которое имеет очень высокий уровень защиты, обеспечивающий достаточную безопасность, и для которого маловероятно стать источником воспламенения, даже если оно будет находиться под напряжением при внезапном выделении газа.

Примечание — Обычно линии связи и газоанализаторы конструируют в соответствии с требованиями Ma (например, телефонная линия Ex ia).

Е.2.1.2 Уровень защиты оборудования Mb

Оборудование для установки в угольной шахте, которое имеет высокий уровень защиты, обеспечивающий достаточную безопасность, и для которого маловероятно стать источником воспламенения в период времени между выбросом газа и отключением напряжения.

Примечание — Обычно все угледобывающее оборудование конструируют в соответствии с требованиями Mb, например, электродвигатели и распределительные устройства Ex d.

E.2.2 Газы (группа II)

E.2.2.1 Уровень защиты оборудования Ga

Оборудование для взрывоопасных газовых сред, которое имеет очень высокий уровень защиты и не является источником воспламенения в нормальных условиях эксплуатации, при учитываемых неисправностях или при редких отказах.

E.2.2.2 Уровень защиты оборудования Gb

Оборудование для взрывоопасных газовых сред, которое имеет высокий уровень защиты и не является источником воспламенения в нормальных условиях эксплуатации или при учитываемых неисправностях, которые возникают нерегулярно.

Примечание — Большинство стандартных видов защиты обеспечивают этот уровень защиты оборудования.

E.2.2.3 Уровень защиты оборудования Gc

Оборудование для взрывоопасных газовых сред, которое имеет повышенный уровень защиты и не является источником воспламенения в нормальных условиях эксплуатации, и которое может быть снабжено дополнительной защитой для того, чтобы оно не становилось источником воспламенения при часто и регулярно возникающих неисправностях, таких как разрушение лампы.

Примечание — Обычно это оборудование Ex n.

E.2.3 Пыль (группа III)

E.2.3.1 Уровень защиты оборудования Da

Оборудование для применения в среде горючей пыли, которое имеет очень высокий уровень защиты и не является источником воспламенения в нормальных условиях эксплуатации или при редких неисправностях.

E.2.3.2 Уровень защиты оборудования Db

Оборудование для применения в среде горючей пыли, которое имеет высокий уровень защиты и не является источником воспламенения в нормальных условиях эксплуатации или при учитываемых неисправностях, которые возникают нерегулярно.

E.2.3.3 Уровень защиты оборудования Dc

Оборудование для применения в среде горючей пыли, имеющее повышенный уровень защиты, которое не является источником воспламенения в нормальных условиях эксплуатации и может быть снабжено дополнительной защитой для того, чтобы оно не становилось источником воспламенения при часто и регулярно возникающих неисправностях.

В большинстве ситуаций с типичными потенциальными последствиями взрыва следует руководствоваться следующими правилами применения оборудования в зонах. (Это не относится к угольным шахтам, для которых принцип зон обычно не применяется). См. таблицу E.1

Таблица E.1 — Традиционная взаимосвязь уровней защиты оборудования и зон (без дополнительной оценки риска)

Уровень защиты оборудования	Класс зоны
Ga	0
Gb	1
Gc	2
Da	20
Db	21
Dc	22

E.3 Обеспечиваемая защита от риска воспламенения

Разные уровни защиты оборудования должны действовать в соответствии с рабочими параметрами, установленными изготовителем для данного уровня защиты.

Таблица Е.2 — Описание обеспечиваемой защиты от риска воспламенения

Обеспечиваемая защита	Уровень защиты оборудования / Группа	Характеристики защиты	Условия работы
Очень высокая	Ma / I	Два независимых средства защиты или безопасность при двух независимо возникающих неисправностях	Оборудование работает в присутствии взрывоопасной среды
Очень высокая	Ga / II		Оборудование работает в зонах 0,1 и 2
Очень высокая	Da / III		Оборудование работает в зонах 20,21 и 22
Высокая	Mb / I	Подходит для нормальных и тяжелых условий эксплуатации	Оборудование отключают от напряжения в присутствии взрывоопасной среды
Высокая	Gb / II	Подходит для нормальных условий эксплуатации и условий часто возникающих неисправностей или для оборудования, неисправности которого обычно учитывают	Оборудование работает в зонах 1 и 2
Высокая	Db / III		Оборудование работает в зонах 21 и 22
Повышенная	Gc / II	Подходит для нормальных условий эксплуатации	Оборудование работает в зоне 2
Повышенная	Dc / III		Оборудование работает в зоне 22

Е.4 Осуществление

В четвертом издании IEC 60079-14 (включающем требования IEC 61241-14) будут введены уровни защиты оборудования, чтобы дать возможность применения системы «оценки риска» в качестве альтернативного метода выбора оборудования (см. таблицу Е.2). Соответствующая ссылка будет также включена в стандарты по классификации взрывоопасных зон IEC 60079-10 и IEC 61241-10 [14].

Дополнительная маркировка и взаимосвязь существующих видов защиты вводятся в исправленные издания следующих стандартов IEC [3-7], [9-11]:

IEC 60079-0 (включает прежние требования IEC 61241-0 [12]);
IEC 60079-1;
IEC 60079-2 (включает прежние требования IEC 61241-4 [13]);
IEC 60079-5;
IEC 60079-6;
IEC 60079-7;
IEC 60079-11 (включает прежние требования IEC 61241-11 [15]);
IEC 60079-15;
IEC 60079-18 (включает прежние требования IEC 61241-18 [16]);
IEC 60079-26;
IEC 60079-28.

Для видов защиты для взрывоопасных газовых сред необходима дополнительная маркировка уровней защиты оборудования. Для среды взрывчатой пыли существующая система маркировки зон на оборудовании заменяется маркировкой уровней защиты оборудования.

Библиография

[1] IEC 60050-426:1990 International electrotechnical vocabulary — Chapter 426: Electrical apparatus for explosive atmospheres (Международный электротехнический словарь (МЭС). Глава 426. Электрооборудование для взрывоопасных сред)

[2] IEC 60050-731:1991 International electrotechnical vocabulary — Chapter 731: Optical fibre communication (Международный электротехнический словарь (МЭС). Глава 731. Волоконно-оптическая связь)

[3] IEC 60079-1 Electrical apparatus for explosive gas atmospheres — Part 1: Flameproof enclosures «d» (Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред. Часть 1. Взрывонепроницаемая оболочка «d»)

[4] IEC 60079-2 Electrical apparatus for explosive gas atmospheres — Part 2: Pressurized enclosures «p» (Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред. Часть 2. Оболочки под избыточным давлением «p»)

[5] IEC 60079-5 Electrical apparatus for explosive gas atmospheres — Part 5: Powder filling «q» (Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред. Часть 5. Кварцевое заполнение оболочки «q»)

[6] IEC 60079-6 Electrical apparatus for explosive gas atmospheres — Part 6: Oil-immersion «o» (Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред. Часть 6. Масляное заполнение оболочки «o»)

[7] IEC 60079-7 Explosive atmospheres — Part 7: Equipment protection by increased safety «e» (Взрывоопасные среды. Часть 7. Повышенная защита вида «e»)

[8] IEC 60079-14 Electrical apparatus for explosive gas atmospheres — Part 14: Electrical installations in hazardous areas (other than mines) (Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред. Часть 14. Электроустановки во взрывоопасных зонах (кроме подземных выработок)

[9] IEC 60079-15 Electrical apparatus for explosive gas atmospheres — Part 15: Construction, test and marking of type of protection «n» electrical apparatus (Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред. Часть 15. Конструкция, испытание и маркировка неискрящего электрооборудования с видом защиты «n»)

[10] IEC 60079-18 Explosive atmospheres — Part 18: Equipment protection by encapsulation «m» (Взрывоопасные среды. Часть 18. Электрооборудование. Требования к герметизации компаундом «m»)

[11] IEC 60079-26:2004 Electrical apparatus for explosive gas atmospheres — Part 26: Construction, test and marking of Group II Zone 0 electrical apparatus (Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред. Часть 26. Конструкция, испытание и маркировка электрооборудования группы II для зоны класса 0)

[12] IEC 61241-0 Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust — Part 0: General requirements (Электрооборудование для применения в присутствии горючей пыли. Часть 0. Общие требования)

[13] IEC 61241-4 Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust — Part 4: Type of protection «pD» (Электрооборудование для применения в присутствии горючей пыли. Часть 4. Защита вида «pD»)

[14] IEC 61241-10 Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust — Part 10: Classification of areas where combustible dusts are or may be prepresent (Электрооборудование, применяемое в зонах, опасных по воспламенению горючей пыли. Часть 10. Классификация зон, где присутствует или может присутствовать горючая пыль)

[15] IEC 61241-11 Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust — Part 11: Protection by intrinsic safety «iD» (Электрооборудование, применяемое в зонах, опасных по воспламенению горючей пыли. Часть 11. Защита вида искробезопасная цепь в присутствии пыли «iD»)

[16] IEC 61241-18 Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust — Part 18: Protection by encapsulation «mD» (Электрооборудование, применяемое в зонах, опасных по воспламенению горючей пыли. Часть 18. Защита герметизацией компаундом «mD»)

[17] Carleton, F.B., Bothe, H., Proust, C., and Hawksworth, S., Prenormative Research on the use of optics in potentially explosive atmospheres, European Comission Report EUR 19617 EN, 2000 (Карлтон, Ф.Б., Боте, Г., Пруст, К., и Хаукворт, С., Исследование о предварительной нормализации по использованию оптики в потенциально взрывоопасных средах, Отчет Европейской Комиссии EUR 19617 EN, 2000)

[18] Mc GEEHIN, P., Optical techniques in industrial measurements: safety in hazardous environments, European Comission Report EUR 16011 EN, 1995 (МакДжин, П., Оптические методы промышленных измерений: безопасность в опасных средах, Отчет Европейской Комиссии ЕС 16011 EN, 1995)

[19] Welzel, M.M., Entzündung von explosionsfähigen Dampf/Luft- und Gas/Luft-Gemischen durch kontinuierliche optische Strahlung, PTB-Report W-67, ISBN 3-89429-812-X, 1996 (Вельцел М.М. Воспламенение взрывоопасных паровоздушных и газовоздушных сред при воздействии непрерывного оптического излучения, PTB-Доклад W-67, ISBN 3-89429-812-X, 1996)

[20] Schenk, S., Entzündung explosionsfähiger Atmosphäre durch gepulste optische Strahlung, PTB-Report Th-Ex 17, ISBN 3-89701-667-2, 2001 (Шенк, С., Воспламенение взрывоопасных сред при воздействии импульсного оптического излучения, PTB-Доклад Th-Ex 17, ISBN 3-89701-667-2, 2001)

[21] Welzel, M.M., Schenk, S., Hau, M., Cammenga, H.K., and Bothe, H., J. Hazard. Mater. A72:1 (2000) (Велзел М.М., Шенк, С., Хау, М.б Каменга, Г.К., и Бозеб Г. Дж. Опасность. A72:1 (2000))

[22] Schenk, S., Bothe, H., and Cammenga, H.K., in Bradley, D.C., Proc. Third International seminar on fire and explosion hazards 2000, 2001, p. 495 (Шенк, С., Боте, Г., Камменга, Г.К., Бредли, Д., Труды третьего международного семинара по опасности пожара и взрыва 2000, 2001, стр. 495)

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

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

[25] DECHEMA, PTB, BAM: ChemSafe: Sicherheitstechnische Datenbank, Karlsruhe. STN Datenbank, 1995 (DECHEMA, PTB, BAM: ChemSafe: Банк данных по технике безопасности, г. Карлсруэ. Банк данных по технике безопасности, 1995)

[26] Syage, J.A., Fournier, E.W., Rianda, R. and Cohen, R.B., J. Appl. Phys. 64: 1499 (Сьяж, Дж.А., Фурнье, Е.В., Риан-да, Р. и Кохен, Р. Б., J. Appl. Phys. 64:1499)

[27] Wilday, A.J., Wray, A.M., Eickhoff, F., Unruh, M., Halama, S., Fae, E., Conde lazaro, E., Reina Perbal, Determination of Safety Categories of Electrical Devices Used in Potentially Explosive Atmospheres (SAFEC) Contract SMT4-CT98-2255, gost.e-ecolog.ru (Safetynet, Prosicht, Germany, 2000) (Р.А.Дж. Вилдей, А. М. Рей, Ф. Айкхоф, М. Унрух, С. Халама, Е. Фэ, Е. Конде Лазаро, П. Рейна Пербал, Определение категорий безопасности электрических устройств, используемых в потенциально взрывоопасных средах (SAFEC) Контракт SMT4-CT98-2255, gost.e-ecolog.ru (Safetynet, Prosicht, Germany, 2000)

[28] Determination of Safety Categories of Electrical Devices Used in Potentially Explosive Atmospheres (SAFEC) Contract SMT4-CT98-2255, gost.e-ecolog.ru (Safetynet, Prosicht, Germany, 2000) (Определение категорий безопасности электрических устройств, используемых в потенциально взрывоопасных средах (SAFEC) Контракт SMT4-CT98-2255, http://gost.e-ecolog.ru (Safetynet, Prosicht, Германия, 2000)

[29] ANSI/ISA-TR 12.21.01-2004 Use of Fiber Optic Systems in Class I Hazardous (Classified) Locations. ISA, Research Triangle Park, North Carolina, USA, 2004 (Применение волоконно-оптических систем в опасных зонах класса I. ISA, Research Triangle Park, Северная Каролина, США, 2004)

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта
IEC 60050-426 Международный электротехнический словарь. Часть 426. Электрооборудование для взрывоопасных сред	IDT	ГОСТ IEC 60050-426—2011 Международный электротехнический словарь. Часть 426. Электрооборудование для взрывоопасных сред
IEC 60079-0:2004 Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред. Часть 0. Общие требования	MOD	ГОСТ 31610.0—2012 (IEC 60079-0:2004) Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред. Часть 0. Общие требования
IEC 60079-10 Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред. Часть 10. Классификация взрывоопасных зон	IDT	ГОСТ 31610.10-2012/IEC 60079-10:2002 Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред. Часть 10. Классификация взрывоопасных зон
IEC 60079-11 Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред. Часть 11. Искробезопасносная электрическая цепь	—	*
IEC 60825-2:2000 Безопасность лазерных изделий. Часть 2. Безопасность волоконно-оптических систем связи	—	*
IEC 60050-731:1991 Международный электротехнический словарь. Глава 731. Волоконно-оптическая связь	—	*
IEC 61508 Части 1-7 Функциональная безопасность электрических/электронных/программируемых электронных систем безопасности	—	*
IEC 61511:2003 Части 1 и 3 Функциональная безопасность. Оснащенные измерительными приборами системы безопасности для обрабатывающей промышленности	—	*

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

Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения соответствия стандартов:
- IDT — идентичные стандарты;
- MOD — модифицированные стандарты.

УДК 621.3.002.5:006.354 МКС 29.260.20 IDT

Ключевые слова: передающие системы, оптическое излучение, импульсное излучение, непрерывное излучение, воспламенение, опасные зоны, устройство оконечное волоконно-оптическое, кабель волоконно-оптический, система связи волоконно-оптическая, энергия излучения

Редактор М.И. Максимова
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *В.И. Грищенко*

Сдано в набор 30.06.2014. Подписано в печать 21.07.2014. Формат 60×84 $^{1}/_{8}$. Гарнитура Ариал. Усл. печ. л. 3,72.
Уч.-изд. л. 3,20. Тираж 72 экз. Зак. 2705.

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru

gost.e-ecolog.ru