

**ВЗРЫВОЗАЩИТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ
ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ГАЗОВЫХ СРЕДАХ**

Солнцев В.Б.
Пономарёв М.В.
Подсевалов Д.С.

Ознакомительное пособие

12+

В. Б. Солнцев

**Взрывозащита
электрооборудования во
взрывоопасных газовых средах.
Ознакомительное пособие**

«Автор»

2021

Солнцев В. Б.

Взрывозащита электрооборудования во взрывоопасных газовых средах. Ознакомительное пособие / В. Б. Солнцев — «Автор», 2021

ISBN 978-5-532-92816-9

В работе изложена авторская точка зрения на концепцию обеспечения взрывозащиты электрооборудования для газовых сред. В пособии изложены ответы на такие вопросы: «Что такое взрывозащита? Зачем она нужна и её применение». Текст ознакомительного пособия основан на текстах технического регламента ЕАЭС «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах» (ТР ТС 012/2011) и Таможенного союза «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах» (ТР ТС 012/2011). Работа не претендует на универсальное и полномасштабное освещение вопросов по обеспечению взрывозащиты электрооборудования, а является лишь ознакомительным пособием для осуществления первых шагов в изучении проблем безопасности оборудования для работы во взрывоопасных газовых средах. Пособие предназначено для разработчиков, изготовителей и пользователей взрывозащищенного электрооборудования, а также для всех интересующихся лиц.

ISBN 978-5-532-92816-9

© Солнцев В. Б., 2021

© Автор, 2021

Содержание

Введение	5
1. Взрывоопасные газовые среды	6
1.1. Горение	7
1.2. Взрыв	8
1.3. Взрывоопасная газовая среда	9
1.4. Потенциальные источники воспламенения взрывоопасных газовых сред	13
1.5. Электрооборудование как источник воспламенения	14
1.6. Возникновение взрывоопасной газовой среды	15
2. Обеспечение взрывозащиты оборудования	16
Конец ознакомительного фрагмента.	19

В. Солнцев, М. Пономарев, Д. Подсевалов

Взрывозащита электрооборудования во взрывоопасных газовых средах. Ознакомительное пособие

Введение

Что нас сподвигло написать это ознакомительное пособие?

Перед специалистом, желающим получить представление о взрывозащите электрооборудования в газовых средах, встает вопрос, с чего начать и где найти базовые источники информации. И тут далеко все не так просто. Если обратиться к ИНТЕРЕНЕТУ, то на соответствующий запрос любой поисковой системы сразу вывалится огромный объем рекламы различных производителей взрывозащищенного оборудования и органов по сертификации. Почерпнуть что-либо ценное становится очень трудоемким делом. Но это еще не единственная проблема.

Для изучения можно перейти к самим стандартам. Но общепринятая форма изложения в них материала такова, что стандарты содержат конечные постулаты и утверждения без указаний причин их использования. Стандарты на взрывозащищенное электрооборудование вынужденно воспринимаются специалистами «на веру», как библия. В них недостаточно объясняются (а иной раз совсем не объясняется) причины выдвигаемых требований к конструкциям устройств и их узлам.

При первоначальном чтении стандартов по взрывозащите возникают вопросы – зачем категоризируются взрывоопасные газовые среды; из-за чего эти категории связаны с видами взрывозащиты электрооборудования; почему разные виды взрывозащиты привязаны к разным категориям взрывоопасных газовых сред; почему электрооборудование с одним и тем же видом взрывозащиты должно применяться в разных категориях сред.

Эти вопросы и освещаются, в том числе, в нашем ознакомительном пособии. При этом их рассмотрение опирается на вероятностные характеристики, т. к. сам взрыв газовой среды является, как правило, лишь вероятным событием, а анализировать ситуацию необходимо до взрыва, оценивая степень его вероятности (ведь после того, как взрыв произошел, защищать уже нечего и не от чего). Для этого нами применяются элементы Теории Вероятности.

Для удобства чтения пособия в **Приложении А** приведены элементы Теории Вероятности и все используемые обозначения, связанные с Теорией Вероятности.

В данном ознакомительном пособии рассматривается не сама взрывозащита детально, а идеологический подход к ее построению, в частности, с использованием элементов Теории Надежности. Для удобства чтения пособия в **Приложении Б** приведены элементы Теории Надежности.

Ознакомительное пособие рассчитано на тех, кто реально хочет понять, почему надо делать так, как сказано в стандартах, т. е. помочь людям разобраться в вопросах взрывозащиты на начальном этапе.

Пособие написано с учетом опыта работы с взрывозащищенным оборудованием в ООО «Техбезопасность».

С уважением к читателям, авторы.

1. Взрывоопасные газовые среды

Рассмотрим основные понятия и определения, связанные с объектом применения взрывозащищенного электрооборудования – опасными по воспламенению газовыми средами.

1.1. Горение

Некоторые вещества могут гореть в воздушной среде.

Этот процесс часто сопровождается выделением значительного количества тепла и может сопровождаться повышением давления и выбросом опасных горючих веществ.

Легковоспламеняющимися и/или горючими следует считать вещества, способные сформировать взрывоопасную среду, если в смеси с воздухом они способны к самоподдерживающемуся распространению пламени.

1.2. Взрыв

Взрыв – это быстро протекающая реакция окисления или распада, вызывающая резкое повышение температуры, давления или одновременно того и другого вместе.

После воспламенения веществ может последовать взрыв.

В отличие от обычного горения, взрыв является самоподдерживающимся распространением зоны реакции (пламени) во взрывоопасной среде.

Взрыв характеризуется следующими показателями:

- а) максимальное давление взрыва;
- б) максимальная скорость нарастания давления взрыва.

(скорость нарастания и давления взрыва меняются в зависимости от конфигурации объема, в котором происходит взрыв (происходит искривление фронта распространения пламени с возникновением конвекции, поджатия и т. п.))

При взрыве следует рассматривать следующие возможные поражающие факторы, например:

- а) пламя;
- б) тепловое излучение;
- в) ударная волна;
- г) разлетающиеся осколки;
- д) опасные выбросы веществ.

1.3. Взрывоопасная газовая среда

Взрывоопасная газовая среда – это смесь горючих веществ в виде газов, паров, тумана или пыли с воздухом при атмосферных условиях, в которой после воспламенения происходит самоподдерживающееся распространение горения.

Характеристики смеси горючего вещества с воздухом дают информацию о поведении вещества при горении и показывают, способно ли вещество спровоцировать горение или взрыв. Такими характеристиками являются:

- а) минимальная энергия воспламенения (минимальный воспламеняющий ток – МВТ, смотри описание вида защиты – искробезопасная цепь);
- б) температура воспламенения взрывоопасной среды.
- в) безопасный экспериментальный максимальный зазор (БЭМЗ).

Безопасный экспериментальный максимальный зазор (БЭМЗ) – это максимальный зазор в соединении между двумя частями внутренней камеры испытательной установки, которая при воспламенении внутренней газовой смеси и при заданных условиях предотвращает воспламенение внешней газовой смеси через соединение длиной 25 мм для любых концентраций газа или паров, проходящих испытания в воздушной среде.

Сказанное проиллюстрировано на рис. 1.1, где отображено, что при наличии БЭМЗ в защищающей от взрыва оболочке, взрыв внутренней газовой смеси не распространяется во внешнюю окружающую оболочку взрывоопасную среду, в отличие от взрывоопасного зазора, через который внутренний взрыв, прорываясь наружу из оболочки, воспламеняет окружающую взрывоопасную среду.

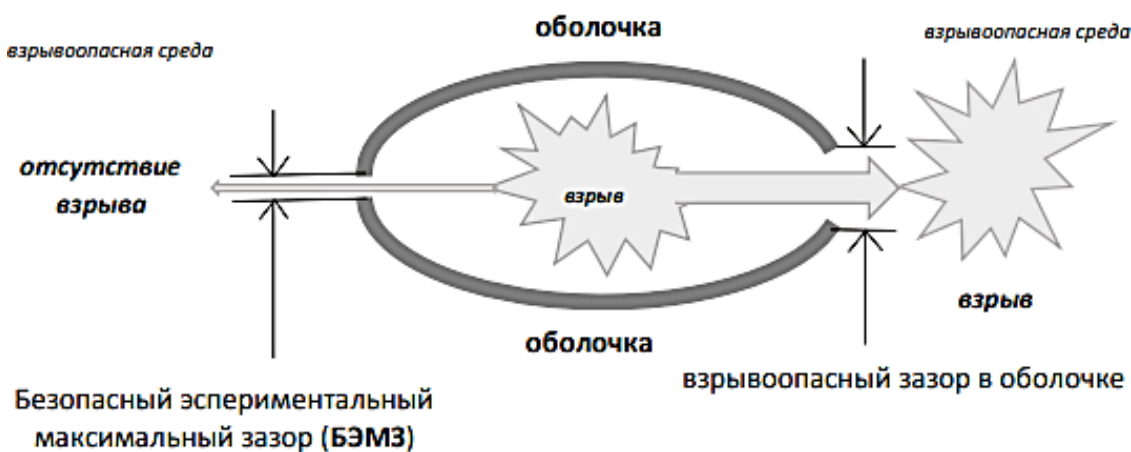


Рис. 1.1

БЭМЗ является характеристикой соответствующей газовой смеси.

Как показано на рис. 1.2, чем взрывоопаснее газовая смесь, тем меньше допустимая величина БЭМЗ.

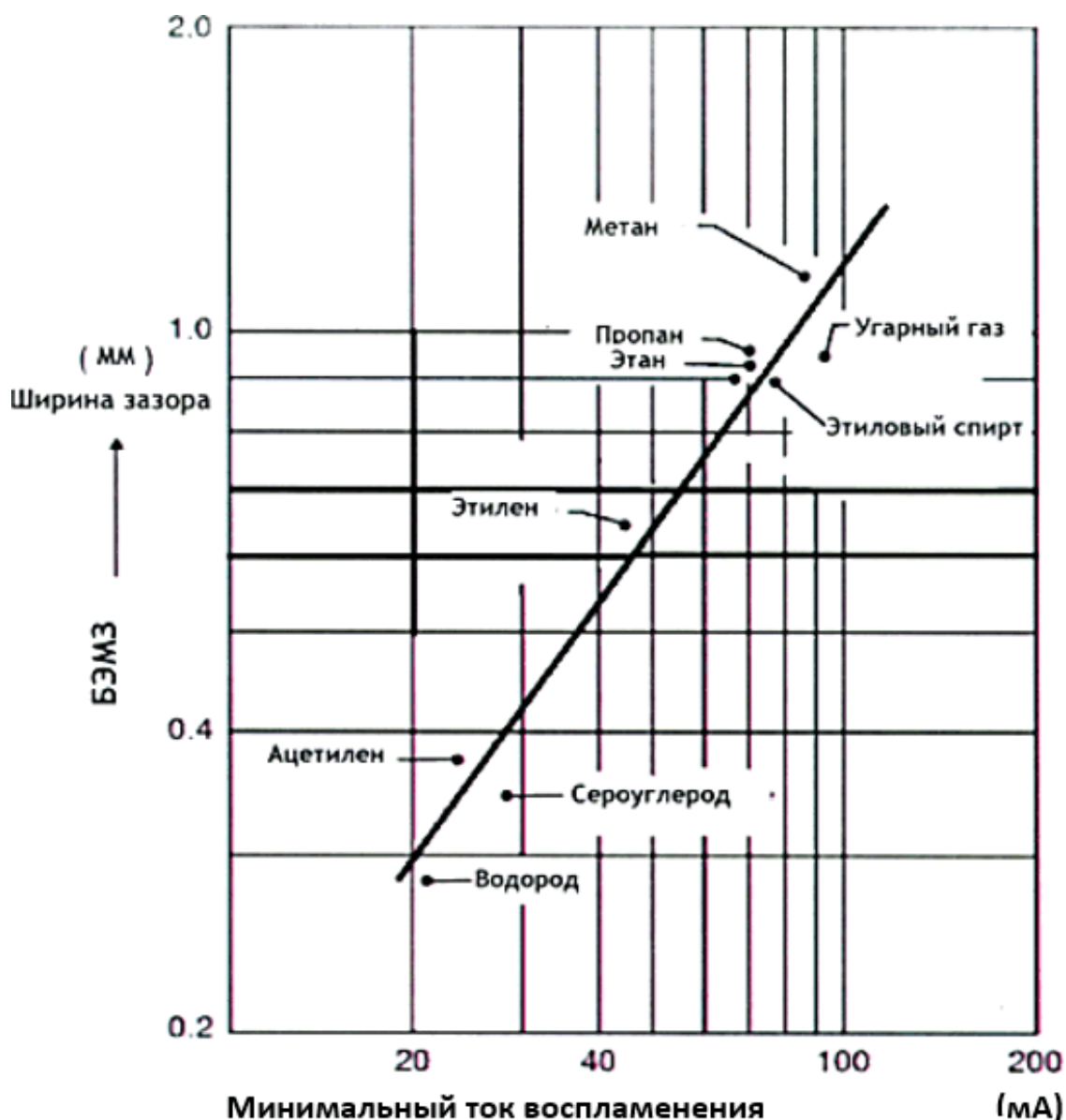


Рис. 1.2

Существует также понятие потенциально взрывоопасного объекта.

«Правила разработки критериев отнесения объектов всех форм собственности к потенциально опасным объектам», утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 14 августа 2020 года, № 1226, относят к потенциально опасным те объекты, аварии на которых могут стать источником возникновения чрезвычайной ситуации федерального, регионального, локального характера.

Потенциально взрывоопасные объекты – это предприятия, на которых производятся, хранятся, транспортируются взрывоопасные продукты или продукты, приобретающие при определенных условиях способность к возгоранию или взрыву.

Поэтому к потенциально взрывоопасным объектам относятся предприятия химической, газовой, нефтеперерабатывающей, лакокрасочной промышленности, предприятия, использующие газо- и нефтепродукты в качестве сырья или энергоносителей, все виды транспорта, перевозящие взрывоопасные вещества, топливозаправочные станции, газопроводы.

Из сказанного следует, что потенциально взрывоопасная среда – это среда, которая может стать взрывоопасной под воздействием местных условий (например, места, где начали хра-

ниться и/или транспортироваться взрывоопасные продукты) или условий эксплуатации (места, где производятся продукты, приобретающие при определенных условиях способность к возгоранию или взрыву).

Все взрывоопасные среды подразделяются на три группы.

Группа I охватывает подземные выработки шахт и рудников, опасных по природному газу (метану) и/или горючей (угольной) пыли.

К группе III относятся среды, опасные по воспламенению горючей пыли (кроме подземных выработок шахт и рудников и их наземных строений).

Группа II распространяется на взрывоопасные газовые среды. *Данная работа ориентирована на рассмотрение только взрывоопасных газовых сред.*

Группа II разделяется на подгруппы IIА, IIВ и IIС в соответствии с видом присутствующей взрывоопасной газовой смеси:

- подгруппа IIА – типовым газом является пропан;
- подгруппа IIВ – типовым газом является этилен;
- подгруппа IIС – типовым газом является водород.

Взрывоопасные газовые смеси с концентрациями приведены в таблице 1.1

Таблица 1.1

Подгруппы взрывоопасных смесей	Газ или пар	Оптимальная концентрация горючего компонента (остальное – воздух) в процентах
IIА	Метан (промышленный)	8,0-8,6%
	Пентан	4,3-4,9%
	Хлористый этил	6,7-7,7%
	Гексан, изогексан	122 мг/л
	Циклогексан	143 мг/л
	Бутан	4,2%
	Ацетон	7,0%
	Метилацетат	315 мг/л (10,2%)
	Метанол	15,0-17,3%
	Бензол	158 мг/л
	Ацетальдегид	7,9-9,8%
	Пропан	5,0-6,0%
	н-Пропиловый спирт	7,8-9,0%
	Хлористый винил	8,0-9,0%
	Хлористый этилен	8,0-9,0%
	Циклопропан	5,2-6,2%
IIВ	Циклогексин	128 мг/л
	Этилен	7,8%
	Диэтиловый эфир	5,5%
	Оксид этилена	11,0%
IIС	Оксид пропилена	7,0%
	Водород	19,0-22,0%
	Ацетилен	9,0%
	Сероуглерод	252 мг/л
	Каменноугольный газ	7,7%

Взрывоопасная зона – это часть замкнутого или открытого пространства, в котором присутствует взрывоопасная среда в объеме, требующем специальных мер защиты при конструировании, изготовлении, монтаже и эксплуатации оборудования.

Взрывоопасные зоны подразделяются на классы в зависимости от частоты и длительности присутствия в них взрывоопасной газовой среды.

Зона класса 0 – это зона, в которой взрывоопасная газовая среда присутствует постоянно (в течение длительных периодов времени) или часто.

Зона класса 1 – это зона, в которой существует вероятность периодического или случайного присутствия взрывоопасной газовой среды в нормальных условиях эксплуатации.

Зона класса 2 – это зона, в которой вероятность образования взрывоопасной газовой среды в нормальных условиях эксплуатации маловероятна, а если она возникает, то существует непродолжительное время.

Частоту возникновения и длительность присутствия взрывоопасной газовой среды допускается определять по правилам (нормам) для соответствующих отраслей промышленности или информацией с мест использования оборудования.

Поэтому допустимо принять, что для каких-то мест использования оборудования в зоне класса 0 вероятность присутствия взрывоопасной газовой смеси равна 100 %; в зоне класса 1 вероятность присутствия взрывоопасной газовой смеси равна 50 %; в зоне класса 2 вероятность присутствия взрывоопасной газовой смеси не превышает 25 %.

Если сказанное выразить в понятиях Теории Вероятности (элементы Теории Вероятности приведены в Приложении А), то получится:

для зоны класса 0:

$$P_{\text{зона 0}} = 1,$$

для зоны класса 1:

$$P_{\text{зона 1}} = 0,5,$$

для зоны класса 2:

$$P_{\text{зона 2}} \leq 0,25,$$

где P – вероятность присутствия взрывоопасной газовой смеси (для конкретной зоны).

Методы категорирования зон изложены в стандарте ГОСТ IEC 60079–10–1–2013 «Взрывоопасные среды. Часть 10–1. Классификация зон. Взрывоопасные газовые среды».

1.4. Потенциальные источники воспламенения взрывоопасных газовых сред

Ниже систематизированы основные потенциальные источники воспламенения взрывоопасных газовых сред:

1) нагретые поверхности – способность нагретой поверхности вызывать воспламенение, зависит от типа и концентрации конкретного горючего вещества в смеси с воздухом. Для воспламенения от нагретых тел с выпуклыми, а не вогнутыми поверхностями, необходима более высокая температура поверхности;

2) пламя, горячие газы и горячие частицы;

3) искры, образованные механическим путем – трение между черными металлами и между определенными видами керамики может образовать зоны высокой температуры и искры, аналогичные искрению при дроблении или шлифовке. Они могут вызвать воспламенение взрывоопасных сред. Соударения при наличии ржавчины и легких металлов (например алюминия и магния) и их сплавов могут инициировать термитную реакцию, которая может вызвать воспламенение взрывоопасных сред. Легкие металлы титан и цирконий также могут образовывать воспламеняющие искры при соударении или трении с любым достаточно твердым материалом, даже при отсутствии ржавчины;

4) электрические искры – могут быть вызваны, например:

а) замыканием и размыканием электрических цепей,

б) ослабленными контактами,

в) блуждающими токами;

5) статическое электричество – разряд заряженных, изолированных частей, выполненных из электропроводящих материалов, может привести к появлению воспламеняющих искр. Когда электрически заряженные части выполнены из непроводящих материалов, таких как пластмассы, возможны кистевые разряды и, в особых случаях, в процессах быстрого разъединения (например, ленты, движущиеся по роликам, ремни приводов) или комбинациях электропроводящих и неэлектропроводящих материалов возможно возникновение распространяющихся кистевых разрядов;

6) удары молнии;

7) электромагнитные волны – излучают все системы, которые генерируют и используют электрическую энергию радиочастотного диапазона, например радиопередатчики, промышленные или медицинские генераторы радиочастот, используемые для обогрева, сушки, затвердевания, сварки и резки. Но взрывоопасными являются электромагнитные волны радиочастотного диапазона от 10^4 до $3 \cdot 10^{12}$ Гц;

8) ионизирующее излучение – генерируется, например, рентгеновскими трубками и радиоактивными веществами. Сам источник радиоактивного излучения может нагреваться вследствие внутреннего поглощения лучевой энергии до такой степени, что минимальная температура воспламенения окружающей взрывоопасной среды будет превышена;

9) ультразвуковые волны – значительная доля энергии ультразвуковых волн поглощается твердыми или жидкими веществами. В результате вещество, подвергнутое их воздействию, нагревается настолько, что может произойти воспламенение взрывоопасной среды;

10) адиабатическое сжатие и ударные волны – при них могут иметь место такие высокие температуры, что взрывоопасные среды могут быть воспламенены. Повышение температуры зависит, главным образом, от степени сжатия, а не от перепада давления.

1.5. Электрооборудование как источник воспламенения

Само электрооборудование как единое целое к источникам воспламенения отнести трудно, но в нем могут возникать из вышеперечисленных следующие потенциальные источники воспламенения:

- нагретые поверхности;
- электрические искры;
- статическое электричество;
- электромагнитные волны.

Нагрев поверхностей может происходить по причине перехода электрической (магнитной, электромагнитной) энергии в тепловую.

Электрические искры могут возникать из-за нарушений электрических зазоров за счет появления непредусмотренных при эксплуатации оборудования замыканий.

Статическое электричество может возникать на изоляционных покрытиях токоведущих частей. Изоляционные покрытия проводников могут быть также подвержены электрическому пробую.

Примером электромагнитного потенциального источника воспламенения могут служить генерируемые осветительными устройствами синусоидальные токи третьей гармоники.

1.6. Возникновение взрывоопасной газовой среды

Возникновение взрывоопасной газовой среды может носить природо-технический характер – природо-технический объект возникновения взрывоопасной среды (ПТО), и бесприродо-технический характер – бесприродо-технический объект возникновения взрывоопасной среды (БТО).

Примером ПТО является горючий газ, естественным образом образующийся в шахте. К ПТО относятся взрывоопасные смеси газов, относящиеся к группе I.

Примером БТО являются утечки из технологического (или иного) оборудования горючего газа, пара, тумана или жидкости в атмосферу в объеме, достаточном для образования взрывоопасной газовой среды.

Существуют три основные степени утечки:

а) постоянная утечка – утечка, которая существует постоянно (часто или длительное время);

б) утечка первой степени – утечка, появление которой носит периодический или случайный характер при нормальном режиме работы технологического оборудования;

в) утечка второй степени – утечка, которая отсутствует при нормальном режиме работы технологического оборудования, а если она возникает, то редко и кратковременно.

Важным показателем является интенсивность (скорость) утечки – количество горючего вещества или пара, высвобождающееся в единицу времени из источника утечки (технологического или иного оборудования).

В классификации зон учитываются только относительно ограниченные утечки или количества веществ применительно к нормальным условиям эксплуатации или прогнозируемым отказам.

Следует стремиться к тому, чтобы число и размеры зон классов 0 или 1 были минимальными. Это может быть обеспечено выбором конструкции технологического оборудования и условиями его эксплуатации. Необходимо обеспечить, чтобы агрегаты и установки в основном относились к зоне класса 2 и не были взрывоопасными. Если утечка горючего вещества неизбежна, необходимо использовать такое технологическое оборудование, которое является источником утечек второй степени, а если и это невозможно, т. е. когда неизбежны утечки первой степени или они постоянные (непрерывные), то их число и интенсивность должны быть минимальными. При классификации зон перечисленные принципы имеют главное значение. Для снижения уровня взрывоопасности зоны конструкция, условия эксплуатации и размещение технологического оборудования должны быть такими, чтобы даже при авариях утечка горючего вещества в атмосферу была минимальной.

2. Обеспечение взрывозащиты оборудования

В зависимости от вида потенциального источника воспламенения могут применяться следующие меры технической защиты:

Изоляция взрыва – взрыв должен быть огражден, и должно быть гарантировано, что оболочка (корпус) является достаточно стойкой к воздействию пламени/взрыва, и распространение пламени во взрывоопасную зону не произойдет.

Изоляция источников воспламенения – как указано выше, для инициации взрыва требуется наличие источника воспламенения. Должны быть приняты меры для изоляции источников воспламенения от взрывоопасной смеси, а также меры для поддержания этого состояния (поддержание давления в случае использования вида защиты продувки или уровня масла, в случае использования вида защиты уровня масла).

Недопущение возникновения источника означает, что приняты меры для недопущения возникновения активного источника воспламенения.

В случае выявления опасностей воспламенения, вызванных ударами молнии, установки должны быть защищены соответствующими средствами молниевой защиты.

В случае выявления опасностей воспламенения, вызванных ионизирующим излучением, излучение должно быть безопасно экранировано оболочкой.

Также должны быть исключены процессы, способные вызывать адиабатическое сжатие или ударные волны, энергия которых может вызвать воспламенение.

Как уже указывалось, взрыв может произойти тогда, когда одновременно присутствуют взрывоопасная (например, газовая) среда и потенциальный источник (источники) воспламенения. Термин «потенциальный источник воспламенения» означает, что существует вероятность, что такой источник может с какой-то вероятностью активизироваться (стать активным источником воспламенения) и воспламенить взрывоопасную среду. Если источник воспламенения из стадии потенциального перешел в активную стадию, то вероятность воспламенения им взрывоопасной среды становится стопроцентной ($P_{ИВ} = 1$, где ИВ – источник воспламенения).

Признаем, что взрыв со стопроцентной вероятностью ($P_{взрыв} = 1$) произойдет, если взрывоопасная среда присутствует постоянно (зона класса 0: $P_{зона 0} = 1$), а источник воспламенения из потенциального стал активным ($P_{ИВ} = 1$).

Укажем общее формальное выражение вероятности возникновения взрыва.

$$P_{взрыв} = P_{зона i} \times P_{ИВ},$$

где i – класс зоны (0; 1; 2)

$\times$ – знак умножения.

Поэтому, при наличии вероятности опасностей воспламенения (и дальнейшего взрыва) должны быть предприняты технические предупредительные и защитные меры по удалению активных источников воспламенения. Технические предупредительные и защитные меры должны нейтрализовать активные источники воспламенения либо снизить вероятность перехода потенциальных источников воспламенения в активные. Это может быть обеспечено средствами технической (конструкционной) защиты.

В зависимости от вида потенциального источника воспламенения могут применяться следующие меры технической защиты:

Меры, требующие внесение конструкционных дополнений:

Пламя должно быть ограждено, и гарантировано, что оболочка (корпус) является достаточно стойкой к воздействию пламени, и распространение пламени во взрывоопасную зону не произойдет.

В случае выявления опасностей воспламенения, вызванных ударами молнии, установки должны быть защищены соответствующими средствами молниевой защиты.

В случае выявления опасностей воспламенения, вызванных ионизирующим излучением, излучение должно быть безопасно экранировано оболочкой.

Должны быть исключены процессы, способные вызывать адиабатическое сжатие или ударные волны, энергия которых может вызвать воспламенение, например, внесением в конструкцию систему постепенного открывания заслонок и клапанов, установленных между секциями системы с высокими перепадами давления.

Т.е., меры, требующие внесение конструкционных дополнений, заключаются в том, что дополнительно к уже существующей конструкции, например, усиливается оболочка, оснащается средствами молниевой защиты, или в конструкцию добавляется система постепенного открывания заслонок и клапанов, и пр.

Меры, требующие изменений в существующей конструкции:

В случае выявления опасностей воспламенения, вызванных искрами, образованными механическим путем, необходимо не допускать трения между алюминием или магнием (исключая сплавы с содержанием алюминия менее 10 %, или лакокрасочные покрытия с массовой долей алюминия менее 25 %) и черными сплавами (кроме нержавеющей стали, когда присутствие частиц ржавчины может быть исключено). Трение и соударения титана или циркония с любым твердым материалом следует исключать.

В случае выявления опасностей воспламенения, вызванных статическим электричеством, наиболее важной защитной мерой является соединение между собой электропроводящих частей и их заземление. При наличии электроизоляционных материалов такая защитная мера является недостаточной. В этом случае нельзя допускать накопления опасных зарядов на электроизоляционных материалах, включая твердые тела, жидкости и пыль.

В случае выявления опасностей воспламенения, вызванных радиочастотными электромагнитными волнами с частотой от 10^4 до $3 \cdot 10^{12}$ Гц, общей защитной мерой от воспламеняющего воздействия электромагнитных волн является поддержание безопасного расстояния во всех направлениях между ближайшими излучающими частями и принимающей антенной в том месте, в котором может образоваться взрывоопасная среда.

Для отсутствия опасностей воспламенения, вызванных ультразвуковыми волнами, плотность потока в генерируемом акустическом поле не должна превышать 1 мВт/мм^2 , если не доказано, что воспламенение при этом невозможно.

Т.е., меры, требующие изменений в существующей конструкции, заключаются в том, что в существующую конструкцию вносятся изменения, например, в материалах изготовления, в соединении между собой электропроводящих частей и их заземлении, конструктивном ограничении энергии излучения, и пр.

Во многих производственных процессах нефтегазового, химического и пр. производства используется электрическое оборудование. По причинам наличия утечек (в ПТО) и возникновения взрывоопасной среды само электрооборудование становится потенциальным источником воспламенения, имеющим вероятность перехода в активный источник (источники) воспламенения. Активная стадия воспламенения характеризуется наличием электрических искр, которые могут быть вызваны замыканием и размыканием электрических цепей, ослаблением

контактов, блуждающими токами; статическим электричеством. Поэтому к электрооборудованию также необходимо применение мер защиты, в первую очередь, технических средств взрывозащиты (или просто – средств взрывозащиты). Они также могут основываться на мерах по доработке (добавлению и/или изменению) конструкции устройств, работающих во взрывоопасных средах. При этом надо иметь в виду, чтобы средства, нейтрализуя имевшиеся до этого источники воспламенения, сами не стали новыми источниками воспламенения. Например, при наличии в оборудовании источников воспламенения, вызванных пламенем и/или горячими газами, средством взрывозащиты может служить специальная защитная оболочка. Но сама эта оболочка может стать новым источником воспламенения, например, по причине статического электричества или образования искр механических путем. Поэтому, при создании средств взрывозащиты необходим комплексный подход.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.