

Взрывобезопасное оборудование (взрывозащищённое оборудование) и взрывозащита.

Понятие взрывозащищенности (Ex)

Введение

Взрыв внутри оборудования и производственных помещений - одна из наиболее опасных аварийных ситуаций, типичных для предприятий химической и смежных отраслей промышленности. Статистика показывает, что в химической промышленности 20- 25% аварий связано со взрывами и загораниями получаемых продуктов или перерабатываемого сырья. Взрывам в производственных помещениях, как правило, предшествуют взрывы в оборудовании. Поэтому взрывозащита технологического оборудования позволяет предотвратить взрывы в зданиях и обеспечить взрывобезопасность всего производства.

Технологические регламенты большинства процессов по переработке горючих материалов в химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей и в других отраслях промышленности предназначены для того, чтобы не допустить образования газов взрывоопасных концентраций. Однако практика показывает, что, несмотря на это, взрывоопасные смеси в аппаратах и трубопроводах образуются довольно часто, что является следствием нарушения движения потоков смешиваемых газов, обусловленного отсутствием или отказами в работе регуляторов давления и расхода, обратных и отсечных клапанов, блокировок, а также ошибками персонала, обслуживающего технологический процесс.

В оборудовании по переработке горючих порошков очень часто взрывоопасные пылевоздушные смеси содержатся постоянно при нормальном ходе технологического процесса, и то, что на этих производствах взрывы происходят не столь часто, можно объяснить лишь тем, что для инициирования взрывов-пылей требуются весьма мощные источники энергии. Поэтому профилактика взрывов в таких производствах направлена на недопущение мощных электрических искр, открытого пламени, перегрева деталей машин и т. д. Анализ показывает, что из всех взрывов в промышленности только 10% связано со взрывами пылей, однако это, как правило, наиболее тяжелые по материальному ущербу и числу человеческих жертв аварии.

Для крупных пылевых взрывов характерна многостадийность процесса: взрыв пыли в оборудовании приводит к его разрушению, взрывная волна переводит во взвешенное состояние пыль в помещении, которой, даже несмотря на частые уборки, обычно бывает достаточно много, и, наконец, взрыв пыли в объеме помещения, сопровождающийся разрушением здания. На практике редки случаи, когда в помещении содержится взвешенная пыль в концентрациях, достаточных для взрыва, поэтому опасность таких аварий всегда заключается в оборудовании. Для обеспечения взрывобезопасности основное внимание необходимо уделять предупреждению взрывов, т. е. необходимо исключать возможность образования взрывоопасных сред и источников их зажигания. Поскольку возможность взрыва не может быть полностью исключена, в промышленности широко используют средства взрывозащиты технологического оборудования, предотвращающие его разрушение даже в случае возникновения в нем взрыва.

В настоящей работе приведено краткое описание конструкций устройств взрывозащиты и предпринята попытка систематизировать их расчет, правила конструирования, а также особенности их применения и тем самым оказать методическую помощь инженерно-техническим работникам проектных и конструкторских организаций, а также промышленных предприятий в решении практических задач обеспечения взрывобезопасности производств. В книге отсутствуют сведения о правилах конструирования электрооборудования во взрывобезопасном исполнении и о других мерах предупреждения возникновения взрывов на производствах. Эти сведения, безусловно, представляют большой практический интерес, однако они уже получили достаточное

отражение в литературе, и, кроме того, существуют официальные руководящие технические материалы. Широкое и умелое применение устройств взрывозащиты технологического оборудования позволяет значительно повысить безопасность труда в промышленности.

Что такое взрывозащита и взрывозащищённое оборудование (Взрывобезопасное оборудование).

Основные принципы взрывобезопасности универсальны во всех странах мира. Они основаны на рекомендациях Международной Электротехнической Комиссии (МЭК), которая предложила методы проверки аппаратуры радиосвязи на соответствие этим требованиям и методы ее сертификации соответствующим центрам в Европе и в США. И хотя стандарты в разных странах имеют различные названия (ГОСТ в России, АТЕХ в Европе, FM в США), подходы и методы классификации у них практически совпадают. Именно поэтому, если аппаратура имеет присвоенный сертификационным центром Европы или США класс взрывозащищенности, пройдя в них соответствующую проверку, это дает основание полагать, что данная аппаратура успешно пройдет сертификацию и в Госгортехнадзоре России. Необходимо подчеркнуть, что получение российского сертификата является обязательным, независимо от наличия сертификата международного образца.

В настоящее время в России действуют следующие ГОСТы взрывобезопасности аппаратуры связи: 112.020; 12.2.020; с 22782.1 по 22782.6. В Европе – АТЕХ; в США – ANSI/UL-913 американского национального института стандартов.

Классификация взрывоопасных зон

Класс взрывоопасной зоны, в соответствии с которым производится выбор электрооборудования, определяется технологами совместно со специалистами проектной или эксплуатирующей организации.

Согласно российским нормативным документам выделяют следующие классы взрывоопасных зон:

- зоны класса В-1 – расположены в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары ЛВЖ в таком количестве и с такими свойствами, что могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы;
- зоны класса В-1а – расположены в помещениях, в которых взрывоопасные смеси горючих газов (независимо от нижнего концентрационного предела воспламенения) или паров ЛВЖ с воздухом не образуются при нормальной эксплуатации, а только в результате аварий или неисправностей;
- зоны класса В-1б – аналогичны В-1а, но отличаются от них тем, что при авариях горючие газы обладают высоким нижним пределом воспламенения (15% и выше), а также при опасных концентрациях резким запахом. В этот класс входят зоны лабораторных и других помещений, в которых горючие газы и ЛВЖ имеются в малых концентрациях, недостаточных для создания взрывоопасной смеси и где работа производится без применения открытого пламени. Зоны не относятся к взрывоопасным, если работы с опасными веществами производятся в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтиками;

- зоны класса В-1г – пространства у наружных установок: технологических установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ, открытых нефтеловушек, надземных и подземных резервуаров с ЛВЖ или горючими газами (газгольдеров), эстакад для слива и налива ЛВЖ, прудов-отстойников с плавающей нефтяной пленкой и т. п.
- зоны класса В-2 – расположены в помещениях, где выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна в таком количестве и с такими свойствами, что могут создавать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы;
- зоны класса В-2а – такие, где опасные условия при нормальной работе не возникают, но могут возникнуть в результате аварий или неисправностей.

Нормативные документы содержат определение геометрических размеров каждого класса зон. Взрывозащищенное оборудование, предназначенное для работы в пределах зоны того или иного класса, должно иметь соответствующий уровень взрывозащиты.

Уровень взрывозащищенности оборудования

Уровни взрывозащищенности электрооборудования имеют в российской классификации обозначения 2, 1 и 0:

- Уровень 2 – электрооборудование повышенной надежности против взрыва: в нем взрывозащита обеспечивается только в нормальном режиме работы;
- Уровень 1 – взрывобезопасное электрооборудование: взрывозащищенность обеспечивается как при нормальных режимах работы, так и при вероятных повреждениях, зависящих от условий эксплуатации, кроме повреждений средств, обеспечивающих взрывозащищенность;
- Уровень 0 – особо взрывобезопасное оборудование, в котором применены специальные меры и средства защиты от взрыва.

Степень взрывозащищенности оборудования (2, 1, или 0) ставится в РФ как первая цифра перед европейской маркировкой взрывозащищенности оборудования.

Методы обеспечения взрывобезопасности оборудования

Существует несколько методов обеспечения взрывобезопасности, цель которых - предотвратить возможность контакта внутренних искрообразующих или тепловыделяющих элементов аппаратуры с внешней взрывоопасной средой, либо препятствовать выходу наружу взрыва, возникшего внутри наружной оболочки аппаратуры путем его локализации:

- локализация, или сдерживание взрыва - предотвращение распространения взрыва за пределы оболочки;
- изоляция, или герметизация – заливка компаундом, лаком, поддержание высокого давления внутри оболочки продувкой оборудования сжатым воздухом или инертным газом;
- заполнение оболочки кварцевым песком, погружение оборудования в масло, применяемое, например, для обмоток трансформаторов;

- предотвращение, или ограничение электрической и тепловой выделяемой энергии - применение в методе защиты «искробезопасной электрической цепи».

В европейской классификации приводится детализация примененного в оборудовании типа взрывозащиты (она признается в РФ и встречается в сертификатах на взрывозащищенное оборудование):

- d – взрывонепроницаемая оболочка;
- e – повышенная безопасность;
- ia – искробезопасная электрическая цепь (Zone 0 – взрывоопасная атмосфера);
- ib - искробезопасная электрическая цепь (Zone 1 – взрывоопасная атмосфера, например, в случаях аварий);
- h – герметическая изоляция;
- m – герметизация;
- o – отсутствие искрообразования;
- p – метод повышенного давления;
- q – заполнение порошком;
- s – спецзащита.

Действует следующая российская классификация уровней взрывозащиты оборудования:

Категория взрывоопасности смеси		Требуемый уровень взрывозащиты
I (рудничный метан)	II (все газы)	
Иа	ia	Особо взрывобезопасный
Иб	ib	Взрывобезопасный
Ис	ic	Повышенная надежность против взрыва

Категории взрывоопасности смеси

В существующей классификации предусмотрены две категории: I и II.

Категория I определяет требования к оборудованию, предназначенному для работы в шахтах и рудниках, где имеется опасность взрыва рудничного метана.

К категории II относится оборудование, применяемое для работы в условиях возможного образования промышленных взрывоопасных смесей газов и взвесей.

Существуют три подкатегории категории II: ПА, ПВ, ПС. Каждая последующая подкатегория включает (может заменить) предшествующую, то есть, подкатегория С является высшей и соответствует требованиям всех категорий – А, В и С. Она, таким образом, является самой «строгой».

Категории взрывоопасности смеси детализируются в зависимости от температуры самовоспламенения взрывоопасных газов и смесей.

Согласно ГОСТу, действует следующая классификация по температуре самовоспламенения:

Группа смеси	Температура самовоспламенения, °С
T1	Более 450
T2	От 300 до 450
T3	От 200 до 300
T4	От 135 до 200
T5	От 100 до 135
T6	От 85 до 100

Объединенные требования к аппаратуре по категориям взрывоопасности газовых смесей и температуре самовоспламенения смесей газов.

Категория ПС взрывоопасности смеси применяется к группам:

- T1 – водород, водяной газ, светильный газ, водород 75% + азот 25%»;
- T2 – ацетилен, метилдихлорсилан;
- T3 – трихлорсилан;
- T4 – не применяется;
- T5 – сероуглерод;
- T6 – не применяется.

Категориям А и В соответствуют взрывоопасные смеси

ПА:

- T1 – аммиак, ..., ацетон, ..., бензол, 1,2-дихлорпропан, дихлорэтан, диэтиламин, ..., доменный газ, изобутан, ..., метан (промышленный, с содержанием водорода в 75 раз большим, чем в рудничном метане), пропан, ..., растворители, сольвент нефтяной, спирт диацетоновый, ..., хлорбензол, ..., этан;
- T2 – алкилбензол, амилацетат, ..., бензин Б95\130, бутан, ... растворители..., спирты, ..., этилбензол, циклогексанол;
- T3 – бензины А-66, А-72, А-76, «галоша», Б-70, экстракционный. Бутилметакрилат, гексан, гептан, ..., керосин, нефть, эфир петролейный, полиэфир, пентан, скипидар, спирты, топливо Т-1 и ТС-1, уайт-спирит, циклогексан, этилмеркаптан;
- T4 – ацетальдегид, альдегид изомасляный, альдегид масляный, альдегид пропионовый, декан, тетраметилдиаминометан, 1,1,3 – триэтоксидбутан;
- T5 и T6 – не применяются.

ПВ:

- T1 – коксовый газ, синильная кислота;
- T2 – дивинил, 4,4 – диметилдиоксан, диметилдихлорсилан, диоксан, ..., нитроциклогексан, окись пропилена, окись этилена, ..., этилен;
- T3 – акролеин, винилтрихлорсилан, сероводород, тетрагидрофуран, тетраэтоксисилан, триэтоксисилан, топливо дизельное, формальглицоль, этилдихлорсилан, этилцеллозольв;
- T4 – дибутиловый эфир, диэтиловый эфир, диэтиловый эфир этиленгликоля;
- T5 и T6 – не применяются.

Как видно из приведенных данных, категория ПС является избыточной для большинства случаев применения аппаратуры связи на реальных объектах.

Дополнительная информация.

Категории ПА, ПВ и ПС определяются следующими параметрами: безопасным экспериментальным максимальным зазором (БЭМЗ – максимальный зазор между фланцами оболочки, через который не происходит передача взрыва из оболочки в окружающую среду) и величиной МТВ (отношением минимального тока воспламенения смеси взрывоопасного газа и минимального тока воспламенения метана).

Категория взрывоопасной смеси	БЭМЗ (мм)	МТВ
I (рудничный метан)	более 1,0	1,0
ПА	0,9 и более	0,8
ПВ	от 0,5 до 0,9	от 0,4 до 0,8
ПС	0,5 и менее	менее 0,45

Температурный класс.

Температурный класс электрооборудования определяется предельной температурой в градусах Цельсия, которую могут иметь при работе поверхности взрывозащищенного оборудования.

Температурный класс оборудования устанавливается исходя из минимальной температуры соответствующего температурного диапазона (его левой границы): оборудование, которое может применяться в среде газов с температурой самовоспламенения класса Т4, должно иметь максимальную температуру элементов поверхности ниже 135 градусов; Т5 – ниже 100, а Т6 – ниже 85.

Рассмотрим пример маркировки (применявшейся в Европе до 1 июля 2003 года) согласно стандарту “CENELEC”:

1ExdIIAT3

	1	Ex	d	ПВ	Т4
ГОСТ	Знак уровня взрывозащиты	Знак соответствия стандартам	Знак вида взрывозащиты	Знак подгруппы (категория смеси)	Знак температурного класса (группа смеси)

Ex – знак взрывозащищенного оборудования по стандарту CENELEC; d – тип взрывозащиты (взрывонепроницаемая оболочка); ПВ – категория взрывоопасности газовой смеси II вариант В (см. выше); Т4 - группа смеси по С).°температуре воспламенения (температура не выше 135)

Обозначения взрывозащищенности по американскому стандарту FM.

Factory Mutual (FM) по своей сути тождественны европейскому и российскому

стандартам, но отличаются от них по форме записи. В американском стандарте также указываются условия применения аппаратуры: класс взрывоопасности среды (Class), условия эксплуатации (Division) и группы смеси по их температуре самовоспламенения (Group).

Class может иметь значения I, II, III: Class I – взрывоопасные смеси газов и паров, Class II – горючая пыль, Class III – горючие волокна.

Division может иметь значения 1 и 2: Division 1 – это полный аналог зоны B1(B2) - взрывоопасная смесь присутствует при нормальных условиях работы; Division 2 – аналог зоны B1A (B2A), в которой взрывоопасная смесь может появиться только в результате аварии или нарушений технологического процесса.

Для работы в зоне Div.1 требуется особо взрывобезопасное оборудование (в терминах стандарта - intrinsically safe), а для работы в зоне Div.2 - взрывобезопасное оборудование класса Non-Incendive.

Взрывоопасные воздушные смеси, газы, пары образуют 7 подгрупп, у которых есть прямые аналогии в российском и европейском стандартах:

- Group A – смеси, содержащие ацетилен (ПС T3, T2);
- Group B – смеси, содержащие бутadiен, акролеин, водород и окись этилена (ПС T2, T1);
- Group C – смеси, содержащие циклопропан, этилен или этиловый эфир (ПВ T4, T3, T2);
- Group D - смеси, содержащие спирты, аммиак, бензол, бутан, бензин, гексан, лаки, пары растворителей, керосин, природный газ или пропан (ПА T1, T2, T3, T4);
- Group E – воздушные взвеси частиц горючей металлической пыли вне зависимости от ее электрической проводимости, либо пыль с подобными характеристиками опасности, имеющая удельную объемную проводимость менее 100 КОм – см.
- Group F – смеси, содержащие горючую пыль сажи, древесного угля или кокса с содержанием горючего вещества более 8% объема, или взвеси, имеющие проводимость от 100 до 100 000 ом-см;
- Group G – взвеси горючей пыли, имеющие сопротивление более 100 000 ом-см.

Электрические аккумуляторы, имеющие сертификацию FM, могут применяться в следующих случаях:

- Division 1; Classes I, II, III; Groups D, F, G (Intrinsically safe);
- Division 2; Class I; Groups A, B, C, D (Non-Incendive).

ATEX - новый европейский стандарт взрывозащищенного оборудования.

В соответствии с директивой Евросоюза 94/9/ЕС с 01 июля 2003 года вводится новый стандарт АТЕХ. Новая классификация заменит старую CENELEC и вводится в действие на территории европейских стран.

АТЕХ – сокращение от АТmospheres Explosibles (взрывоопасные смеси газов). Требования АТЕХ распространяются на механическое, электрическое оборудование и защитные средства, которые предполагается использовать в потенциально взрывоопасной

атмосфере, как под землей, так и на поверхности земли.

В стандарте АТЕХ ужесточены требования стандартов EN50020/EN50014 в части IS (Intrinsically Safe) оборудования. Эти ужесточения предусматривают:

- ограничение емкостных параметров схемы;
- использование других классов защиты;
- новые требования к электростатике;
- использование защитного кожного чехла.

Классификационную маркировку взрывозащищенного оборудования по АТЕХ рассмотрим на следующем примере: II 2 G EEx ib IIB T4

Ex в шестиграннике – маркировка взрывозащищенного оборудования по АТЕХ. Следующий элемент маркировки определяет группу оборудования:

- I – шахтное;
- II – другое (не шахтное): химиндустрия, НХЗ, НПЗ и т. п. Третий элемент - арабская цифра - определяет допустимую зону работы оборудования, она может принимать значения 0,1 или 2:
 - 0 – при частом возникновении взрывоопасных или воспламеняющихся концентраций опасных газов или смесей (газов, взвесей);
 - 1 – то же, что и 0, но указанные концентрации могут возникать лишь время от времени (например, при аварийных ситуациях);
 - 2 – то же, что и 1, но при редких случаях возникновения этих ситуаций.

Четвертый элемент: G – для газов, D – для горючих пылей, волокон и взвесей.

Дальнейшие символы (после E E x) были рассмотрены ранее.

Отличия стандарта АТЕХ от используемых в РФ категорий взрывоопасности смеси газов (класс I и II).

Для категории I стандарт АТЕХ и требования российского ГОСТа совпадают. Рудничное оборудование должно иметь в своей маркировке индекс «..... I T1».

Различия имеются в трактовке категории II:

IIA:

- T1 – ацетон, этан, этилацетат, аммиак, бензин (чистый), уксусная кислота, окись углерода, метанол, пропан, толуол;
- T2 – этиловый спирт, амилацетат, бутаны, бутилы, спирты;
- T3 – бензины, дизтопливо, авиационное топливо, керосин, нефть, топливо T1 и ТС-1, гексаны;
- T4 – ацетальдегид, этиловые эфиры;
- T5 и T6 – не применяются.

IIВ:

- T1 – коксовый газ;
- T2 – этилен;
- T3 и T4 – могут применяться, но названия химвеществ отсутствуют;
- T5 и T6 – не применяются.

ПС:

- T1 – водород;
- T2 – ацетилен;
- T3, T4 – могут применяться, но названия химвеществ отсутствуют;
- T5 – сероуглерод;
- T6 – этилнитрат.