

4 Вторичные меры взрывозащиты

4.1	Классификация зон	4-1
4.2	Типы защиты	4-5
4.2.1	Общие условия (DIN EN 50014/VDE 0170/171 часть 1)	4-5
4.2.2	Погружение в масло "о" (DIN EN 50015/VDE 0170/0171 часть 2)	4-5
4.2.3	Герметичная камера "р" (DIN EN 50016/VDE 0170/0171 часть 3)	4-6
4.2.4	Устройство, заполненное песком "q" (DIN EN 50017/VDE 0170/0171 часть 4)	4-7
4.2.5	Взрывозащищенная (невозгораемая) камера "d" (DIN EN 50018/VDE 0170/0171 часть 5)	4-7
4.2.6	Повышенная безопасность "е" (DIN EN 50019/VDE 070/0171 часть 6)	4-8
4.2.7	Искробезопасность "i" (DIN EN 50020/VDE 0170/0171 часть 7)	4-9
4.2.8	Герметизация "м" (DIN EN 50028/VDE 0170/0171 часть 9)	4-13
4.2.9	Искробезопасные электросистемы "i" (DIN EN 50039/VDE 0170/0171 часть 10)	4-14
4.3	Характеристики безопасности	4-15
4.3.1	Группы взрывов	4-17
4.3.2	Классы температур	4-20
4.4	Правила взрывобезопасности, существующие вне стран-членов CENELEC	4-22

Рисунки

4.1	Пример зонной классификации, вентиляция резервуара	4-4
4.2	Тип защиты "о" с погружением в масло	4-5
4.3	Герметизированная камера "р"	4-6
4.4	Устройство, заполненное песком "q"	4-7
4.5	Огнестойкая (несгораемая) камера "d"	4-8
4.6	Повышенная безопасность "е"	4-9
4.7	Искробезопасность "i"	4-10
4.8	Искробезопасная схема (пример)	4-11
4.9	Герметизация "м"	4-14
4.10	Искробезопасные системы "i-SYST"	4-15

Таблицы

4.1	Зоны для огнеопасных газов, паров и туманов /1/	4-2
4.2	Зоны для горючей пыли /1/	4-2
4.3	Характеристики сгорания и взрыва в пыли	4-3
4.4	Зоны для помещений, используемых в медицинских целях /1/	4-3
4.5	Характеристики безопасности некоторых огнеопасных газов	4-17
4.6	Характеристики безопасности для горючих газов и паров	4-18
4.7	Классификация веществ по проценту в температурных классах и группах веществ	4-20
4.8	Температурные классы	4-21
4.9	Сводная таблица типов защиты при искробезопасности "i" в странах, не входящих в CENELEC	4-23

4 Вторичные меры взрывозащиты

Хотя методы первичной взрывозащиты предпочтительны для применения, если идет речь о взрывозащите, во многих случаях все же нельзя избежать опасности взрыва. Тогда используются меры вторичной взрывобезопасности, а они определены в конструкционных требованиях для различных типов защиты взрывобезопасных электроустройств.

Степень использования вторичных мер зависит от вероятности возникновения опасной взрывчатой среды. Оценка вероятности основывается, прежде всего, на зонной классификации зон риска.

4.1 Зонная классификация

Опасные площади делятся на разные зоны согласно зависимой от времени и местных условий вероятности присутствия опасной взрывчатой среды. Определение зон дается в ElexV и в установочных спецификациях DIN VDE 0165/2.91.

Условия конструкционных требований, озаглавленные "Электроустройства для опасных зон" (DIN EN 50014 и т.п.), также будут разными в зависимости от применения в определенной зоне.

Существует два основных показателя при классификации на зоны: во-первых, - причины, связанные с безопасностью. Во-вторых, - экономические причины, поскольку выделение зон в пределах данной площади позволяет обосновать разные степени требований к имеющимся устройствам в зависимости от степени опасности. Это означает, что устройства в зонах постоянного риска взрыва подлежат более высоким требованиям, а в зонах меньшего риска - менее высоким.

Как правило, 95% оборудования установлено в Зоне 1 и только 5% в Зоне 0. В определении зон должен принять участие эксперт.

Определения зон описаны в таблицах 4.1 и 4.2. Пример дан на рисунке 4.1.

Таблица 4.1 Зоны для огнеопасных газов, паров и туманов /1/

Зона	Покрываемая площадь	Примеры
Зона 0	Площадь, на которой есть постоянная или долговременная опасная взрывчатая среда.	Внутри сосудов или устройств (испарителей, реакционных сосудов и пр.).
Зона 1	Площадь, на которой мож-но ожидать случайного возникновения опасной взрывчатой среды.	Непосредственная близость к зоне 0; непосредственная близость к загрузочным люкам; на площадках заполняющего или разгружающего оборудования; в зонах с хрупким оборудованием или линиями, сделанными из стекла, керамики и т.п.; вблизи от недостаточно плотных прокладок, напр., на помпах, задвижках, внутри устройств типа испарителей, реакционных сосудов
Зона 2	Площадь, на которой можно ожидать появления опасной взрывчатой среды, но очень редко и на короткое время .	Зоны вокруг Зон 0 и 1; вблизи от фланцевых соединений с плоскими сальниками обычной конструкции на трубах в замкнутых помещениях.

Таблица 4.2 Зоны для сгораемой пыли /1/

Зона	Покрываемая площадь	Примеры
Зона 10	Площадь, на которой есть долговременная или частая опасная взрывчатая среда.	Внутри устройств, таких как мельницы, сушилки, смесители, силосохранилища, питающие трубы и т.п., где может образоваться опасная концентрация пыли.
Зона 11	Площади, на которых по причине вихревой, осаж-денной пыли можно ожи-дать случайного появле-ния опасной взрывчатой среды на короткое время .	В непосредственной близости от устройств, содержащих пыль, из которых пыль может утекать и скапливаться в опасных концентрациях (напр., в помещениях мельниц).

Оценка риска взрыва в зонах 10 и 11

Пыль может оседать и скапливаться. При взрыве пыли с малой концентрацией, находящейся в среде, головная волна сжатия взрыва может вызвать вихревое движение осажденной пыли, что дает большую концентрацию горючего материала.

В таблице 4.3 показан фрагмент характеристик сгорания и взрыва пыли по сравнению с минимальными энергиями зажигания ацетилена, метана и водорода. Можно сделать вывод, что риск взрыва пылевой смеси гораздо меньше газовой, паровой или туманной. Следует также заметить, что газообразные вещества, высвобожденные процессом или являющиеся результатом отказа устройства, обычно очень быстро смешиваются с присутствующим воздухом, тогда как в случае горючей пыли такого не бывает.

Таблица 4.3 Характеристики горения и взрыва пыли ¹⁾

Вещество	Температура зажигания [C°]	Температура тления [C°]	Мин.энергия зажигания [микроДж]
Лигнит	410-430	230-250	150-400
Уголь	460-850	240-450	-
Дерево	470-520	290-320	7 - 100
Порошковое молоко			50-490
Пшеничная мука	450-610	280-400	100-500
Метиловая целлюлоза	390-430	320-450	более 2000
Алюминий	560-840	270-430	29
Ацетилен	305 ²⁾		0,019 ²⁾
Метан	595 ²⁾		0,28 ²⁾
Водород	560 ²⁾		0,016 ²⁾

¹⁾ фрагмент из материалов страхования ответственности нанимателей Института безопасности работ и шахтной лаборатории (издание 1987)/14/.

²⁾ согласно Редекеру, Шену (на немецком). Характеристики безопасности огнеопасных газов и паров /3/).

Таблица 4.4 Зоны для помещений, используемых в медицинских целях

Зона	Покрываемая площадь
Зона G	Известна также как "замкнутая медицинская газовая система"; представляет полости, необязательно ограниченные со всех сторон, в которых производятся, перемещаются или применяются в малых количествах либо постоянно, либо время от времени взрывчатые смеси (в отличие от взрывчатых сред).
Зона M	Известна как "медицинская среда"; представляет часть помещения, в которой взрывчатая среда может возникнуть в малых концентрациях и только на короткое время из-за применения анестезирующих, коже-очищающих или дезинфекционных средств.

Замечания по зонной классификации для Зон 0 и 1

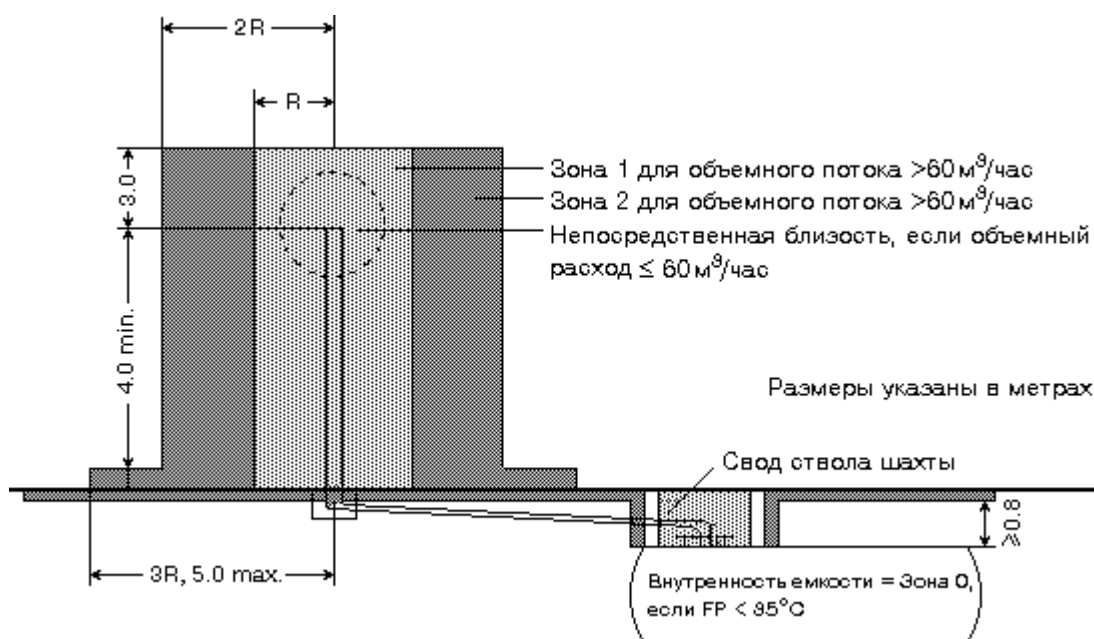


Рисунок 4.1 Пример зонной классификации - вентиляция емкости

Замечание

Свод примеров EX-RL страхования ответственности нанимателей для химической промышленности полезен там, где на практике необходимо определять отдельные зоны опасной площади и даже неопасной площади на зонном плане взрывобезопасности (см. Приложение В "Пособия для конфигурации"). Оценка и, следовательно, зонная классификация опасной области дается пользователем и ответственным лицом, осуществляющим надзор (например, из Производственного инспектората, Технического инспектората).

В целом, следует отметить, что в Зонах 0 и 1 можно устанавливать только те электроустройства, у которых имеется специальный тестовый сертификат от уполномоченной тестовой лаборатории. Устройства для Зоны 0 должны быть сертифицированы для этой зоны.

Устройства, сертифицированные для Зон 0 и 1, можно также использовать в Зоне 2. Более того, в этой зоне можно использовать также устройства, соответствующие требованиям DIN VDE 0165/2.91 раздел 6.3.

Подробное обсуждение установочных спецификаций для отдельных зон содержится в главе 7.

4.2 Типы защиты

Ниже кратко описаны характерные типы защиты для электроустройств. Эти типы включают все специальные меры, связанные с конструкцией или со схемой, которые препятствуют зажиганию окружающей взрывчатой среды от искры или излишнего температурного разогрева электроустройства; т.е. целью является исключить одновременное появление источника зажигания и опасной концентрации взрывчатой среды.

4.2.1 Общие условия (DIN EN 50014/VDE 0170/171 часть 1)

В общих условиях определяются требования, относящиеся к конструкции взрывозащищенного электроустройства для всех типов защиты. Требования относятся, например, к пайке, соединительным элементам, клеммным ячейкам, кабельной прокладке и предохранителям; приведены также тестовые требования и маркировка устройств.

4.2.2. Погружение в масло "о" (DIN EN 50015/VDE 0170/0171 часть 2)

При таком типе защиты электроустройство или его части погружены в масло, что обеспечивает таким образом невозможность зажигания взрывчатой среды над поверхностью масла или вне корпуса устройства (рис.4.2). Следовательно, предотвращается распространение пламени на пространство, находящееся выше поверхности масла.

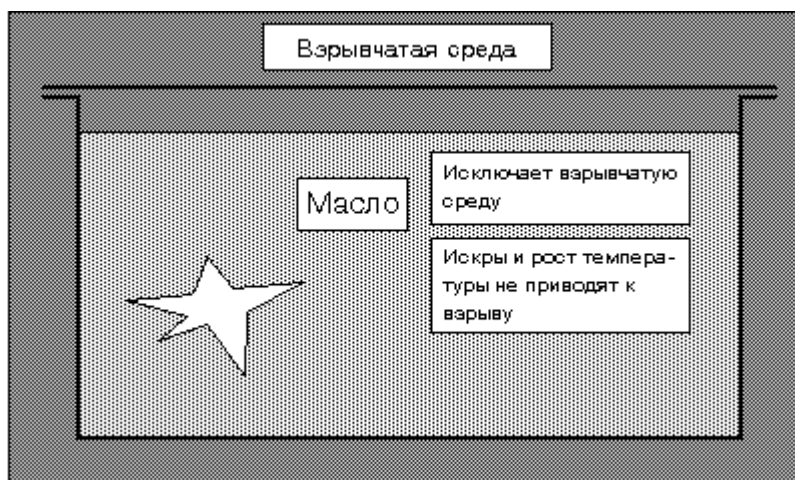


Рисунок 4.2 Тип защиты "о" с погружением в масло

Такой тип защиты применяется в основном к электроустройствам в энергетике, которые во время работы или при неисправности производят искры и/или опасные температуры (например, моторы, трансформаторы, переключатели). Его редко используют для электроустройств в измерительных и контрольных системах.

4.2.3 Герметичная камера "р" (DIN EN 50016/VDE 0170/0171 часть 3).

При таком типе защиты проникновению взрывчатой среды в корпус электроустройства препятствуют путем ввода и удержания в корпусе инертного газа, воздуха и пр. под давлением (больше или равного 0,5 мбар относительно окружающей среды). Давление сохраняется с или без непрерывного продувания инертным газом или воздухом.

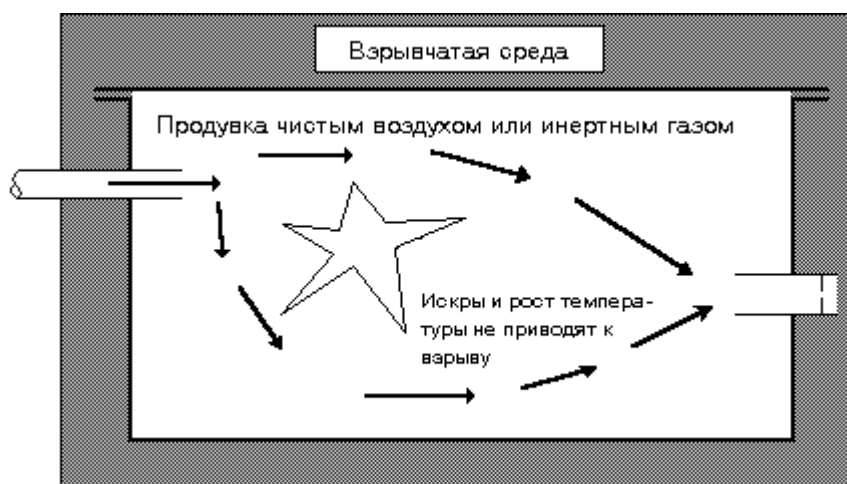


Рисунок 4.3 Гермокамера "р".

Давление инертного газа или воздуха нужно отслеживать посредством отдельного прибора, который в случае падения давления немедленно отключает все неискробезопасные цепи. Когда уровень давления восстановлен, цепи можно вновь включить при условии, что возможная взрывчатая среда внутри корпуса будет доведена адекватной продувкой до уровня меньше, чем нижняя граница взрыва. Система слежения должна иметь сертификат с соответствующим типом защиты.

Такой тип защиты используется для больших взрывонезащищенных электроустройств типа моторов, трансформаторов, высокомоощных блоков, светильников и программируемых контроллеров, действующих в опасных зонах.

Различаются следующие типы гермокамер:

- гермокамеры с непрерывной продувкой;

- гермокамеры с компенсацией потерь, связанных с утечкой.

4.2.4 Устройства, заполненные песком "q" (DIN EN 50017/VDE 0170/0171 часть 4)

При таком методе корпус электроустройств заполняется мелкозернистым материалом, обеспечивающим то, что в случае соответствующего использования дуга, возникшая внутри корпуса, не подожжет окружающую взрывчатую среду. На поверхности корпуса не должно быть зажигания от пламени или высокой температуры (Рис.4.4).

Такую меру часто применяют к конденсаторам, батареям, трансформаторам и контрольным схемам с горячими или искрящими частями.



Рисунок 4.4 Устройство, заполненное песком "q"

4.2.5 Несгораемая камера "d" (DIN EN 50018/VDE 0170/0171 часть 5)

При таком типе защиты части, которые могут поджечь взрывчатую среду, заключаются в корпус. Конструкция его такова, что в случае поджигания взрывчатой смеси внутри корпуса, он сможет выдержать соответствующее давление и предотвратит выход взрыва в окружающую взрывчатую среду (Рис.4.5).

В этом случае, следовательно, взрыв внутри корпуса допустим; конструкция выдерживает давление взрыва и препятствует его выходу наружу за счет так называемой несгораемой плоскости соприкосновения (например, зазора). В условиях этого типа защиты предусмотрен выбор материала, толщины стенок, ширины зазора, его длины и т.д.

Такой тип защиты весьма распространен; его используют для устройств, производящих во время работы искры и/или значительные температуры, например, в переключателях, моторах, нагревателях, лампах накаливания и анализаторах.



Рисунок 4.5 Несгораемая камера "d"

4.2.6 Повышенная защищенность "е" DIN EN 50019/VDE 070/0171 часть 6)

При этом типе защиты принимаются меры, препятствующие с большой степенью надежности риску возникновения очень высоких температур и появления искр или дуги на тех внутренних и внешних частях электроустройства, на которых при нормальной работе их не бывает.

Целью этих мер является полностью исключить образование источников зажигания (Рис.4.6). Особенно важно, чтобы максимально допустимая температура поверхности соответствовала означенным температурным классам T1 - T6 (см. раздел 4.3.3) в том числе на всех поверхностях внутри корпуса. Таким образом, этот тип защиты можно использовать, в частности, для электроустройств и их частей, которые не производят искр или дуг и не дают опасных температур в условиях нормальной работы и чье номинальное напряжение не превышает 11 кВ.

Используется этот тип, например, на индукционных моторах с короткозамкнутыми роторами, бесщетковых маломощных и миниатюрных моторах, для пускателей в системах управления и для преобразователей или трансформаторов. Кроме того, его можно встретить на соединительных элементах в распределительных коробках, типа контактных пластин.

Во избежание превышения допустимых температур часто используются дополнительные защитные элементы, такие как прерыватели цепи на моторах. Важными для этих элементов являются следующие параметры:

- начальное токовое отношение I_a/I_n
- время замкнутого ротора TE.

Прерыватели цепи моторов обычно устанавливаются вне взрывоопасной зоны.



Рисунок 4.6 Повышенная защищенность "е"

4.2.7 Искробезопасность "i" (DIN EN 50020/VDE 0170/0171 часть 7)

Электроустройства называются искробезопасными, когда все схемы, которые они включают, искробезопасны. Искробезопасная схема - это схема, в которой ток короткого замыкания и ток холостого хода ограничены так, что искры и тепловые эффекты, способные вызвать зажигание, не могут иметь место при нормальной работе или при сбое (рис.4.7). Это означает, что энергия в искробезопасной схеме меньше минимальной энергии зажигания, необходимой для поджигания горючей смеси.

Категории "ia" и "ib", факторы безопасности

При указанном типе защиты электроустройства и искробезопасные схемы соответствующих электроустройств делятся на две категории. Во время тестирования схем на искровое зажигание либо к напряжению, либо к току, либо комбинации обеих переменных применяется коэффициент безопасности.

При следующих коэффициентах безопасности:

- | | | |
|-----|---|---|
| 1,5 | : | при нормальной работе и при сбое |
| 1,0 | : | при сбое, если устройство не содержит незащищенных переключающих контактов. |

Категория "ia"

Зажигания не должно быть при следующих режимах работы:

- при нормальной работе
- при неисправности
- при произвольной комбинации двух неисправностей.

Замечание

Искробезопасные схемы категории "ia" предназначены для работы в Зоне 0. Для этого они должны быть специально сертифицированы тестовой лабораторией для работы в Зоне 0.

Конструкционные требования для электроустройств, используемых в Зоне 0, ныне разрабатываются (проект DIN 57071, часть 12).

Категория "ib"

Зажигания не должно быть при следующих режимах работы:

- при нормальной работе
- при происшедшей неисправности.

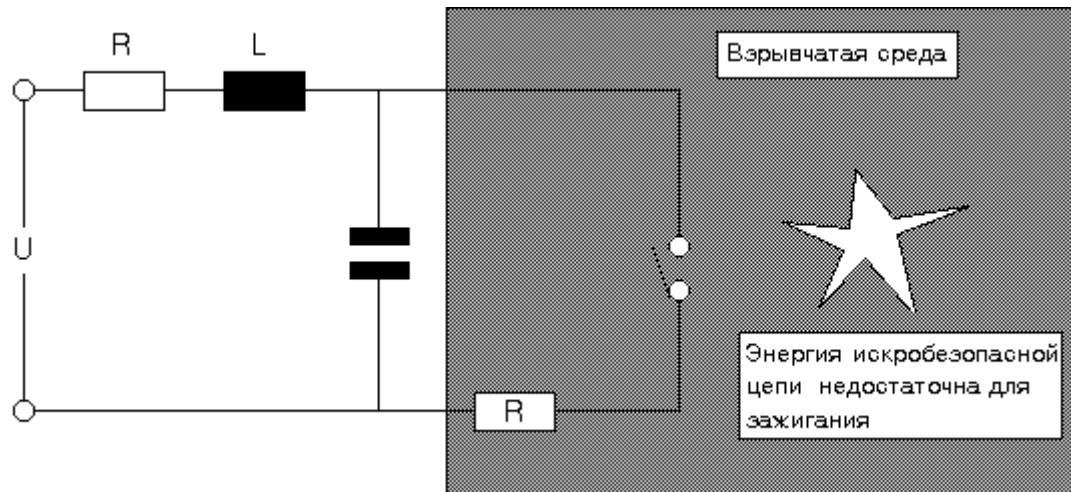


Рисунок 4.7 Искробезопасность "i"

Замечание

Схемы категории "ib" предназначены для установки в Зонах 1 и 2.

Ниже рассматривается полностью искробезопасная схема, включающая (см. рис. 4.8):

- соединенное электроустройство
- кабели
- искробезопасное электроустройство.

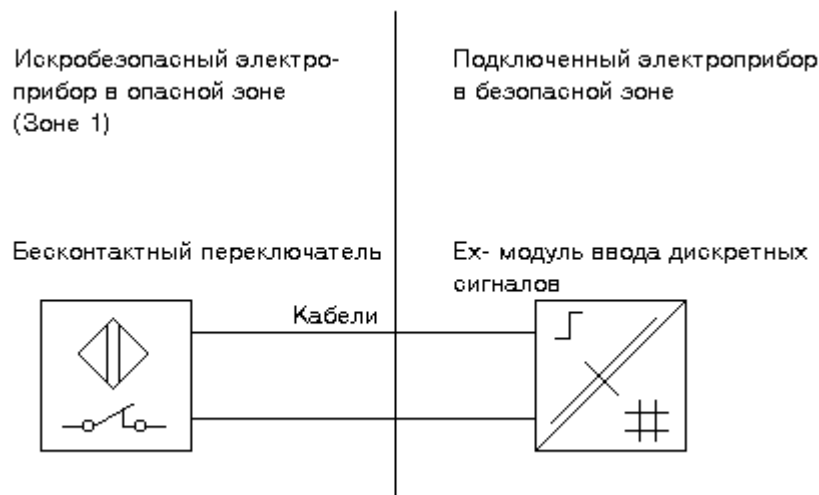


Рисунок 4.8 Искробезопасная схема (пример)

Искробезопасное электроустройство

Согласно приведенному определению все схемы такого устройства являются искробезопасными, т.е. минимальная энергия зажигания достигается путем ограничения величин напряжения и тока в искробезопасном электроустройстве, а также путем установленных тестом характеристик, связанных с накоплением энергии и ростом температуры.

Искробезопасные электроустройства можно устанавливать в опасных зонах без дополнительных мер защиты.

Искробезопасные электроустройства также делятся на:

- пассивные без накопления энергии
- пассивные с накоплением энергии
- активные искробезопасные устройства

Соединенное электроустройство

Таковым называется устройство, в котором не все схемы являются искробезопасными, но в котором есть, по крайней мере одна искробезопасная схема, связанная с опасной зоной. Обычно искробезопасный сигнал преобразуется в неискробезопасный или наоборот, причем ток может втекать или вытекать в/из опасной зоны. Таким образом, подключенное устройство имеет задачу разделения сигнала (например, защитные барьеры), преобразования сигнала (преобразователь; развязывающий усилитель) или источника (блок питания). Например, модули SIMATIC Ex можно считать подключенными устройствами. Они имеют характеристики и преобразования сигналов и источника питания.

Соединенные электроустройства разделяются на:

- оборудованные одним или более иными типами защиты, обозначенными в Евро-стандарте EN50014. **Устройство можно устанавливать в опасной зоне**, если оно сертифицировано соответствующим образом, например, имеет следующую маркировку: EEx deq[ib] IIC T5.
- **не** защищенные соответственным образом и, таким образом, **не** разрешенные к установке в опасной зоне. Их можно определить по квадратным скобкам вокруг кода типа защиты и по отсутствию температурного класса (например, [EEx ib] IIC).

Кабели

При выборе и установке кабелей следует руководствоваться DIN VDE 0165/2.91. Особое внимание нужно уделять, например, таким характеристикам кабеля, как электрическая прочность и минимальное поперечное сечение, а также в случае длинных кабелей емкости и индуктивности (см. также главу 7). Точки подсоединения и кабели для искробезопасных схем нужно обозначить (голубые кабели) и отделить от прочих точек соединения и кабелей неискробезопасных схем.

Наконец, искробезопасные схемы сделаны так, что они не могут производить искры, способные вызвать зажигание во время замыкания, размыкания, короткого замыкания и замыкания на землю, даже тогда, когда имеет место несколько указанных сбоев.

Преимущества типа защиты "искробезопасность"

Такой тип защиты предлагает пользователю многие преимущества: он не требует специального обращения, т.к. природа искробезопасных схем такова, что они не могут производить искры, способные вызвать зажигание; их можно замыкать/размыкать во время работы. Пользователь системы имеет при этом возможность заменять компоненты, ремонтировать и расширять систему без ее отключения. Обращение во время работы и обслуживания почти такое же, как у невзрывозащищенных систем. Более того, кабели искробезопасных схем также имеют взрывозащиту. Кроме того, искробезопасный тип защиты предполагает значительно более экономичное решение, поскольку электроустройства, используемые здесь, не

требуют сложных специальных конструкций типа взрывобезопасных камер или герметизации в особых веществах.

Недостатком этого типа защиты является то, что искробезопасность налагает по сравнению с другими типами более высокие требования на проектирование и установку системы. Нужно не только соблюдать конструкционные требования к отдельному устройству, но и тщательно и точно планировать взаимосвязь всех устройств в искробезопасной схеме. Более того, необходимость правильной установки заключается, в частности, еще и в том, что она должна предотвращать приток внешней энергии к искробезопасной цепи.

Искробезопасный тип защиты стал рассматриваться как отдельный вид защиты в Германии только с 1965 года и сильно вырос по значимости за последние годы в результате его применения в электронных модулях, предназначенных для измерения, управления и анализа, а также в телекоммуникациях и обработке данных. В таких применениях требуемый низкий уровень электрических переменных весьма нередок во многих случаях.

4.2.8 Герметизация "м" (DIN EN 50028/VDE 0170/0171 часть 9)

При таком типе защиты части, которые могут поджечь взрывчатую среду, заключаются в герметизирующее вещество, имеющее достаточное сопротивление действию окружающей среды. Следовательно, взрывчатая среда вокруг устройства не может быть подожжена искрами или высокой температурой.

Существует два метода герметизации электрокомпонентов: заключение их в оболочку или заделка в вещество. Герметизирующими веществами являются дюромеры, термопластики и эластомеры.

Используют такую защиту, в частности, в электронных модулях, предназначенных для измерения, контроля и анализа, в случаях, когда уровни мощности и энергии настолько велики, что условия искробезопасной защиты не могут быть выполнены. Например, это характерно для малых трансформаторов, предохранителей, реле и линейных выпрямителей напряжения.

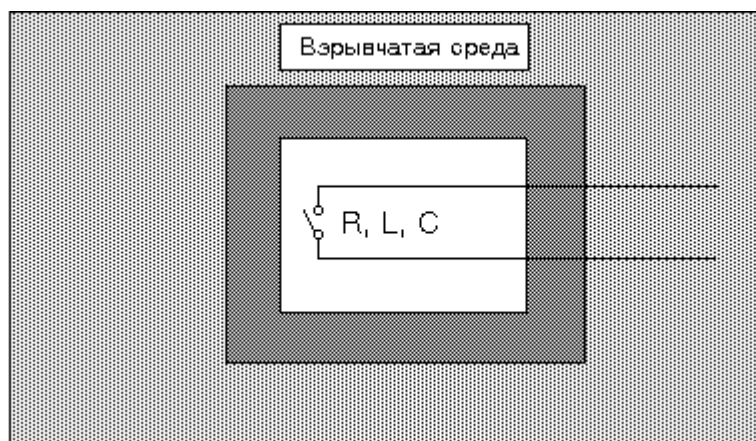


Рисунок 4.9 Герметизация "м"

4.2.9 Искробезопасные электросистемы "i" (DIN EN 50039/VDE 0170/0171 часть 10)

При таком типе защиты сертификацию проходит подсоединение двух или более искробезопасных схем, которые полностью или частично расположены в опасной зоне. Тестирование проходит вся система; маркировка "SYST" с названием тестовой лаборатории и сертификата системы ставится на самом заметном месте.

Различают:

- сертифицированные искробезопасные системы
- несертифицированные искробезопасные системы

У **сертифицированных искробезопасных электросистем** сертификатом подтверждается соответствие типа электросистемы Стандарту EN 50039; сертификат не требуется для каждого отдельного устройства системы, если оно может быть легко определено в составе системы.

У **несертифицированных систем** все компоненты, за исключением самых простых, должны иметь свои сертификаты.

Для любой искробезопасной системы разработчик системы готовит полный план системы, в котором описываются электроустройства, их электрические характеристики и характеристики соединительных линий. Для установщика это означает, что все оборудование и кабели, принадлежащие системе, точно определены. Пользователь не вправе делать каких-либо изменений или модификаций.

На практике искробезопасные системы используются для измерительных систем, систем замкнутого и разомкнутого управления, включающих соединенные

искробезопасные и связанные с ними электроустройства, а также аксессуары и кабели.

Замечание

Практикой в Великобритании является выпускать тестовые сертификаты для "самозащищенных систем". В ФРГ соединения самозащищенных схем, находящихся в опасных зонах, оцениваются только согласно установочной спецификации DIN EN 0165/2.91 и не требуют системного сертификата.

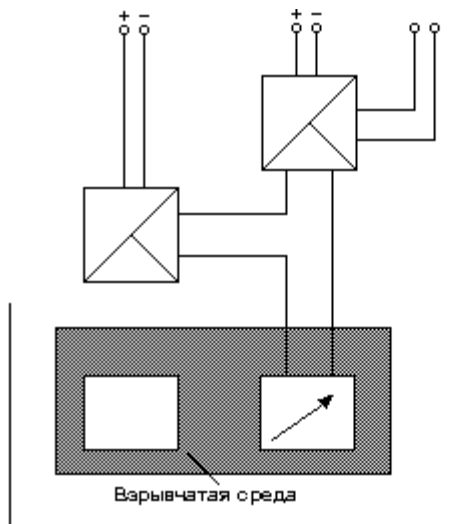


Рисунок 4.10 Искробезопасная система "i-SYST".

4.3 Характеристики безопасности

Рабочие условия обсуждаемых здесь устройств (кроме устройств для шахт) характеризуются присутствием множества горючих газов, которые отличаются, иногда значительно, по своему химическому и физическому поведению. Газы характеризуются и классифицируются по признакам так называемых характеристик безопасности, из которых самыми важными являются:

- температура зажигания
- минимальная энергия зажигания
- минимальный ток зажигания (MIC)
- интервал безопасности (MESG)
- пределы взрыва

Температура **зажигания показывает**, что горючая воздушногазовая смесь может быть подожжена от горячей поверхности (ср. раздел 1.2). Температура определяется в специальном тестовом устройстве и имеет пределы для горючих газов от менее 100°C до более 600 °C.

Минимальная энергия зажигания определяет минимальную энергию (например, электроискры), необходимую для поджигания конкретной воздушно-газовой смеси при наиболее предрасположенных к взрыву, т.е. самых критических условиях.

Минимальный ток зажигания (MIC) для горючей газо-воздушной смеси - это ток, который едва лишь поджигает контрольную смесь в схеме искрового лабораторного устройства.

Горючие газозавоздушные смеси меняют свое поведение по признаку распространения при использовании зазоров в корпусе устройств. Так называемые несгораемые поверхности подавляют распространение реакции горения. В тестовой установке максимальная ширина зазора - **интервала безопасности** (MESG) - при которой распространение более невозможно, определяется как функция концентрации смеси для конкретной газо-воздушной смеси.

Пределы взрыва представляют нижнее и верхнее предельные значения концентрации горючего вещества в смеси газов, паров, туманов и/или пыли, при которых пламя, независимо от источника зажигания, не может распространяться после зажигания.

Типичные характеристики, связанные с веществами, такие как восприимчивость к зажиганию и распространению пламени, накладывают разные ограничения на конструкцию взрывобезопасных электроустройств. Возможно также провести градацию этих ограничений в зависимости от задуманного применения. Условия описываются в конструкционных требованиях для отдельных типов защиты и выражаются в форме разных предельных значений для поверхностных температур, размеров зазора (для несгораемой камеры "d") и кривых зажигания (для искробезопасности "i"). Поэтому интервал безопасности (MESG) и минимальный ток зажигания (MIC) применяются в качестве классификационных критериев.

Характеристики безопасности (см. таблицу 4.5) экспериментально определены для самых распространенных веществ на специальной тестовой установке, что позволило провести их классификацию на группы для разных веществ.

Соответственно, взрывозащищенные электроустройства классифицируются по группам взрывов (см. раздел 4.3.2) и температурным классам (см. раздел 4.3.3) в зависимости от применения и требований, в частности, экономических.

Таблица 4.5 Характеристики безопасности некоторых огнеопасных газов

Вещество	Темпера- тура зажигания	Мин. энергия зажигания	Мин. ток зажи- гания	Зазор безопас- ности	Границы взрыва % объема в воздухе	
	[°C] 1)	[μJ] 1)	[mA] 3)	[мм] 2)	нижняя	верхняя 1)
Ацетон	540	550	-	1,02	2,5	13,0
Ацетилен	305	19	24	0,37	2,3	100
Этилэфир	170	190	75	0,87	1,7	36,0
Этилен	425	82	45	0,65	2,3	32,4
Аммиак	630	14000	-	3,17	1,4	33,6
Бутан	365	250	80	0,98	1,4	9,3
Гексан	240	240	75	0,93	1,0	8,1
Метан	595	280	85	1,14	4,4	16,5
Пропан	470	250	70	0,92	1,7	10,6
Бисульфид углерода	95	9	-	0,34	0,6	60,0
Водород	560	16	21	0,29	4,0	77,0

1)согласно Наберту, Шену (Характеристики безопасности отдельных горючих газов.)

2)согласно IEC 79-1A/1975

3)согласно IEC/TC 31 (секретариат) 165

4.3.1 Группы взрыва

Согласно Европейским стандартам различаются две группы устройств:

Группа взрыва I

- касается электроустройств, используемых в **шахтах, подверженных риску гремучих газов**; ниже не обсуждается.

За тестирование и утверждение отвечает DMT/BVS.

Группа взрыва	Тестируемый газ
I	Метан

Группа взрыва II

- электроустройства для всех прочих опасных зон
- по причине большого числа огнеопасных газов производится дальнейшее подразделение этой группы на следующие **группы взрыва** (согласно критерию интервала безопасности MESG для типа защиты "d" с огнестойкой камерой и

отношению между MISC и минимальным током зажигания метана для типа защиты "i" с искробезопасностью).

Группа взрыва	Тестируемый газ
II A	Пропан
II B	Этилен
II C	Водород

Опасная природа газов нарастает от группы взрыва IIA к IIC; соответственно увеличиваются требования к электроустройствам.

Электроустройства, одобренные для группы взрыва IIC, могут, конечно, использоваться для других групп взрыва.

В таблице 4.6 приведена классификация различных газов и паров на группы взрыва. Относительно неуказанных здесь веществ лучше проконсультироваться в РТВ или в иной тестирующей лаборатории.

Таблица 4.6 Характеристики безопасности для огнеопасных газов и паров ¹⁾

Вещество	Температура зажигания [°C]	Температура вспышки [°C]	Температурный класс	Группа взрыва
Ацетальдегид	140	≤ 20	T4	IIA
Ацетон	540	≤ 20	T1	IIA
Ацетилен	305	(газ)	T2	IIC
Этан	515	(газ)	T1	IIA
Этилацетат	460	-4	T1	IIA
Этилэфир	180	≤ 20	T4	IIB
образ. пероксида				
Этиловый спирт	425	12	T2	IIA/IIB
Этил хлорид	510	(газ)	T1	IIA
Этилен	425	(газ)	T2	IIB
Оксид этилена	440	(газ)	T2	IIB
спонт. разлож.				
Этилгликоль	235	40	T3	*)
Аммиак	630	(газ)	T1	IIA
i-амилацетат	380	25	T2	IIA
Автобензин (нач. точка кип. >135°C)	220-300	21	T3	IIA
Бензин (нач. точка кип. >135°C)	220-300	21	T3	IIA
Бензол(чист.)	555	11	T1	IIA

¹⁾ Заимствовано из /1/ и из Приложения A, DIN VDE 0165/2.91

*) еще не определено

Таблица 4.6 (продолжение)

Вещество	Температура зажигания [°C]	Температура вспышки [°C]	Температурный класс	Группа взрыва
п-бутан	365	(газ)	T2	IIA
п-бутиловый спирт	340	35	T2	IIA
Циклогексанон	430	43	T2	IIA
1,2-дихлорэтан	440	13	T2	IIA
Дизельное топливо DIN51601/04.78	220-300	55	T3	IIA
Реактивное топливо	220-300	20-60	T3	IIA
Уксусная кислота	485	40	T1	IIA
Уксусный ангидрид	330	49	T2	IIA
Мазут EL DIN 51603 часть 1/2.81	220-300	55	T3	IIA
Мазут L DIN 51603 часть 2/10.76	220-300	55	T3	IIA
Мазуты M и S DIN 51603 часть 2/10.76	220-300	65	T3	IIA
п-гексан	240	20	T3	IIA
Оксид углерода	605	(газ)	T1	IIA
Метан	595(650)	(газ)	T1	IIA
Метанол	455	11	T1	IIA
Метилхлорид	625	(газ)	T1	IIA
Нафталин	520	80	T1	IIA
Масляная кислота	360	189	T2	*)
	спонт. разлож.			
Фенол	595	82	T1	IIA
Пропан	470	(газ)	T1	IIA
п-пропиловый спирт	405	15	T2	*)
Бисульфид углерода	95	20	T6	IIC
Сульфид водорода	270	(газ)	T3	IIB
Бытовой газ	560	(газ)	T1	IIB

*) еще не определено

Таблица 4.6 (продолжение)

Вещество	Температура зажигания [°C]	Температура вспышки [°C]	Температурный класс	Группа взрыва
Тетралин (Тетрагидро- нафталин)	425	77	T2	*)
Толуэн	535	6	T1	IIA
Водород	560	(газ)	T1	IIC

*) еще не определено

Температурные данные опубликованы в Вестнике 79-8 "Классификация наивысшей поверхностной температуры". Во время работы и измерения эталоном является окружающая температура 40 °C.

4.3.2 Температурные классы

При таком типе классификации основой служит температура зажигания, экспериментально определенная для газов и паров; это температура, при которой может иметь место тепловое зажигание, например, от горячей поверхности устройства. На практике максимальная температура поверхности электроустройства должна быть всегда ниже температуры зажигания взрывчатой смеси, в которой оно используется.

Таблица 4.7 Классификация веществ по их доле в температурных классах и в группах взрыва

Температурный класс						
T1	T2	T3	T4	T5	T6	Всего
28%	37.6%	30.5%	3.1%	0%	0.3%	351
96.5%						
Группа взрыва						
IIA	IIB	IIC				Всего
80.2%	18.1%	0.7%				436

Следовательно, для электроустройств группы II введены **температурные классы T1 -T6**; каждое устройство классифицируется здесь по своей максимальной поверхностной температуре (см. таблицу 4.8). Однако, взрывчатые смеси могут также распределяться по температурным классам в зависимости от температуры зажигания. Максимальная поверхностная температура конкретного класса не должна достигать температуры зажигания конкретной взрывчатой смеси, т.е. температура зажигания взрывчатой смеси должна быть всегда выше температурного класса устройства.

Замечание

Устройства, относящиеся к более высокому температурному классу, можно использовать для применений, требующих более низкого температурного класса.

В таблице 4.5 приведена классификация различных газов и паров в отдельных температурных классах.

На практике взятая за основу максимальная температура поверхности электроустройства образуется из суммы максимальной окружающей температуры и прироста, вызванного увеличением температуры (включая состояние неисправности).

Замечание

Нижняя температура зажигания взрывчатой среды должна быть выше максимальной температуры поверхности. Этилен, например, имеет температуру зажигания 510°C; следовательно, можно использовать устройства температурных классов T1 -T6.

Для искробезопасных электроустройств сертификат соответствия определяет лишь допустимую окружающую температуру, если она будет выше 40° C. Если, например, в переключающей коробке ожидается более высокая окружающая температура, искробезопасность в смысле, обозначенном сертификатом, больше не гарантируется и значит будет необходим новый тест. Поэтому, на практике в одном сертификате соответствия электроустройства можно сертифицировать разные температурные классы при разных окружающих температурах.

Таблица 4.8 Температурные классы

Температурный класс	Макс. температура поверхности устройства	Температуры зажигания огнеопасных веществ
T1	450°C	>450°C
T2	300°C	>300°C
T3	200°C	>200°C
T4	135°C	>135°C
T5	100°C	>100°C
T6	85°C	>85°C

4.4 Правила взрывобезопасности, действующие вне стран-членов CENELEC

Вне указанных стран основу правил взрывобезопасности образуют Рекомендации IEC 79-0 - 79-16. Национальные организации и стандарты определяют техническую реализацию мер взрывозащиты.

Нижеприведенные отдельные правила касаются США и Канады. В отличие от европейских стандартов здесь имеется иная классификация зон и групп взрывов. Зоны 0 и 1 объединены и обозначены как Подразделение 1, а зона 2 - как Подразделение 2 (таблица 4.9).

Для групп взрывов существует более подробное подразделение, чем в европейских стандартах. Температурные классы T1 и T6 совпадают с европейскими стандартами.

Применение устройства в США возможно после его одобрения Производственным соглашением (FM) или уполномоченными лабораториями (UL). Устройство помечается соответственно возможному применению кодом Подразделения 1 или 2 и кодом класса/группы.

Тестирующие лаборатории работают по собственным стандартам. Например, искробезопасное устройство тестируется Производственным соглашением по FM3610, который основан на национальном стандарте NFPA 493. Напротив, уполномоченными лабораториями пользуются UL 913, который основан на ANSI/UL 913.

Таблица 4.9 Сводная таблица типа защиты "i"- искробезопасность, применяемого вне стран-членов CENELEC

	IEC	США и Канада
Категории	<p>Категория ia: Не должно быть зажигания при нормальной работе, сбое или произвольной комбинации двух сбоев. Работа проходит в Зоне 0, что позволяет также работать в Зонах 1 и 2.</p> <p>Категория ib: Не должно быть зажигания при обычной работе или сбое; самобезопасное устройство предназначено для зон 1 и/или 2.</p>	<p>Только одна категория Безопасность для одно-двух компонентных или иных сбоев. Самозащищенное устройство может быть в опасных зонах Подразделений 1 или 2 и может быть подсоединено к устройствам в иных зонах.</p>
Зонная классификация	<p>Зона 0: Сюда входят зоны, в которых опасная взрывчатая среда присутствует постоянно или долго.</p> <p>Зона 1: Сюда входят зоны, в которых можно ожидать случайного появления опасной взрывчатой среды.</p> <p>Зона 2: Сюда входят зоны, в которых можно ожидать редкого и кратковременного появления опасной взрывчатой среды.</p> <p>Зона 10 (для пыли): Сюда входят зоны, в которых опасная взрывчатая среда присутствует часто или долгое время.</p> <p>Зона 11 (для пыли): Сюда входят зоны, в которых можно ожидать случайного, кратковременного появления опасной взрывчатой среды в результате завихрения осажденной пыли.</p>	<p>Подразделение 1: Сюда входят зоны, в которых постоянно, время от времени или регулярно в обычных рабочих условиях присутствует опасная концентрация горючих газов, паров или пыли во взвешенном состоянии.</p> <p>Подразделение 2: Сюда входят зоны, в которых содержатся летучие огнеопасные жидкости или газы, которые обычно находятся в закрытых сосудах или системах, из которых они могут вырваться только при ненормальной работе или сбое. Горючая пыль, которая обычно не находится во взвешенном состоянии и для которой это состояние не возможно.</p>
Особенности газов	<p>Подробно о классификации (С) и температуре зажигания (Т) часто используемых газов и паров см. следующие стандарты: IEC 79-12 (С)</p>	<p>Подробно о классификации (С) и температуре зажигания (Т) часто используемых газов и паров см. следующие стандарты: NFPA 325M (Т) NFPA 497M (СТ) (вкл.пыль) CSA C22.1 (СТ)</p>

Таблица 4.9 (Продолжение)

	IEC	США и Канада
Классификация газов	Горючие газы, пары и туманы классифицируются согласно искровой энергии, нужной для поджигания самой легко воспламенимой смеси с воздухом. Устройство относится к той группе газа, с которым оно может работать. Прочие опасные зоны: Газ тарирования Группа IIC: ацетилен (наиболее легко воспламеняемый) Группа IIC: водород Группа IIB: этилен Группа IIA: пропан	Горючие газы, пары и туманы, а также пыль, волокна и взвешенные вещества классифицируются согласно искровой энергии, нужной для поджигания самой легко воспламенимой смеси с воздухом. Газ тарирования Класс I, группа A: ацетилен (наиболее воспламеняемый) Класс I, группа B: водород Класс I, группа C: этилен Класс I, группа D: пропан Класс II, группа E: метал.пыль Класс II, группа F: уголь.пыль Класс II, группа G: мука, крах-мал, зерно. Класс III: волокна и взвешенные вещества.
	Горное дело: Газ тарирования Группа I: метан	Газ тарирования Не классифицирован: метан
Классификация температур	Устройства для опасных зон классифицируются по максимальной повер-хностной температуре при сбое и при окружающей температуре 40°C: T1 T2 T3 T4 T5 T6 450 300 200 135 100 85°C	
Разреше-ние	Для разрешенного устройства национальная организация выдает сертификат, указывающий разрешенные зоны применения.	FM и UL (США), CSA (Канада) выпускают вестники и списки разрешенных устройств, где указываются разрешенные области применения.
Стандарты	Все страны Западной Европы руководствуются Стандартами EN 50020 (устройства) и EN 50039 (системы). Страны CENELEC выпускают сертификаты, основанные на этих стандартах, и покупают сертифицированные устройства у других стран-членов. Прочие страны руковод-ствуются своими стандартами, основанными на IEC 79-11 (Австралия, Бразилия, СНГ, Япония) или покупают устройства и системы, сертифицированные по европейским и/или американским (США/Канада) стандартам.	FM и UL работают по своим стандартам. FM3610 основан на национальном стандарте США NFPA 493, а UL913 основан на ANSI/UL 913. Канада руководст-вуется стандартом CSA C22.2, No.157

Процедур- ные специ- фикации	IEC 79-14: DIN VDE 0165	ANSI/ISA-RP 12.6-1987
------------------------------------	----------------------------	-----------------------