

Министерство Российской Федерации
по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям
и ликвидации последствий стихийных бедствий

Академия Государственной противопожарной службы

В. Н. Черкасов, Г. Н. Малашенков, А. В. Ильин

Нормативная и аналитическая оценки соответствия электрооборудования взрывоопасным и пожароопасным зонам

Под общей редакцией кандидата технических наук, профессора
В. Н. Черкасова

Допущено Министерством Российской Федерации
по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям,
и ликвидации последствий стихийных бедствий
в качестве учебного пособия для курсантов, студентов и слушателей
высших образовательных учреждений МЧС России

Москва

2013

УДК 621.33:614.8(075.8)

ББК 38.96

Ч48

Р е ц е н з е н т ы:

В. И. Слуев, доктор технических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы РФ;

Г. И. Смелков, доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки и техники РФ

Черкасов В. Н.

Ч48 Нормативная и аналитическая оценки соответствия электрооборудования взрывоопасным и пожароопасным зонам : учеб. пособие / В. Н. Черкасов, Г. Н. Малашенков, А. В. Ильин ; под общ. ред. В. Н. Черкасова. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2013. – 133 с.

ISBN 978–5–9229–0069–0

В учебном пособии даны рекомендации по нормативно-аналитической оценке соответствия электрооборудования требованиям ПБ и нормам.

Рекомендации сопровождаются решением практических задач с использованием учебника, учебных пособий по курсу, а также нормативных источников: технических регламентов, ГОСТ Р, ГОСТ Р МЭК, правил устройства электроустановок (ПУЭ), РД по молниезащите и др.

Учебное пособие предназначено для слушателей и курсантов высших образовательных учреждений МЧС России пожарно-технического профиля.

УДК 621.33:614.8(075.8)

ББК 38.96



© Академия Государственной противопожарной
службы МЧС России, 2013

Предисловие

Использование электрической энергии связано с пожарной опасностью, а также опасностью взрывов при эксплуатации электроустановок во взрывоопасных производствах.

Обеспечение пожаро- и взрывобезопасности электроустановок регламентируется «Техническими регламентами о требованиях пожарной безопасности», «Техническим регламентом о безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах», а также такими нормативными документами, как ГОСТ Р, ГОСТ Р МЭК, ПУЭ (6-го и 7-го изданий), СП и др.

В области задач по обеспечению молниезащиты зданий и сооружений следует использовать такие инструкции, как РД 34.21.122–87 и СО 153-34.21.122–2003.

При этом необходимо учитывать разъяснение Управления по надзору в электроэнергетике Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) от 01.12.2004 № 10-03-04/182.

В этом разъяснении указано, что:

– Приказ Минэнерго России от 30.06.2003 № 280 не отменяет действие инструкции РД 34.21.122–87, а слово «взамен» в предисловии отдельных изданий инструкции СО 153-34.21.122–2003 не означает недопустимость использования РД. Проектные организации вправе использовать при определении исходных данных и при разработке молниезащитных мероприятий положения любой из упомянутых инструкций или их комбинацию.

– Приказ РАО «ЕЭС России» от 14.08.2003 № 422 является корпоративным документом и не имеет силы для организаций, не входящих в структуру РАО «ЕЭС России».

Настоящее учебное пособие является дополнением к учебнику «Пожарная безопасность электроустановок» и имеющимся учебно-методическим пособиям и позволяет более глубоко изучать программу курса и успешно выполнять задания по курсовому и дипломному проектированию.

Предисловие и глава 1 написаны к. т. н., профессором В. Н. Черкасовым; глава 2 написана А. В. Ильиным; главы 3 и 4 – совместно к. т. н., профессором В. Н. Черкасовым и к. т. н., доцентом Г. Н. Малашенковым; глава 5 написана к. т. н., доцентом Г. Н. Малашенковым.

Глава 1

Нормативная и аналитическая оценки соответствия электрооборудования взрывоопасных и пожароопасных зон требованиям пожарной безопасности и нормам

Выбор и применение электрооборудования для взрыво- и пожароопасных сред предопределяет необходимость использования соответствующих нормативно-технических источников, а также современный опыт их применения в проектно-эксплуатационной практике.

Необходимо иметь в виду, что взрыво- и пожароопасность среды оценивается классами взрывоопасных и пожароопасных зон.

К основным нормативным источникам следует отнести: технические регламенты [1, 244]; ГОСТ Р МЭК [3, 5, 6, 7]; серии ГОСТ Р 52350 [4], и т. д.; ПУЭ 7-го и 6-го изданий; РД; СП и т. п.

Целью нормативной и аналитической оценки соответствия нормам электрооборудования является выявление нарушений требований правил пожарной безопасности и норм, допущенных в проектах или на действующих объектах, и разработка соответствующих рекомендаций по их устранению.

Для выполнения такой цели необходимо, прежде всего, использовать и правильно понимать соответствующие термины и определения в современных нормативных и литературных источниках.

1.1. Термины и определения

Ех-оборудование (т. е. взрывозащищенное электрооборудование или электротехническое устройство) – электрооборудование, в котором предусмотрены конструктивные меры с целью устранения или затруднения возможности воспламенения окружающей взрывоопасной среды в определенных условиях.

Электрооборудование (электротехническое устройство) общего назначения – электрооборудование, выполненное без учета требований, специфических для определенной отрасли хозяйства и технологического процесса или без определенного назначения.

Максимальная температура поверхности – наибольшая температура, которая может возникнуть в процессе эксплуатации при наиболее неблагоприятных условиях (но в пределах регламентированных отклонений) на любой части или поверхности электрооборудования и которая может привести к воспламенению окружающей взрывоопасной среды.

Примечание. Наиболее неблагоприятные условия работы включают перегрузки и любое условие повреждения.

Взрывоопасная среда – смесь горючего газа, пара, тумана или твердых частиц горючего вещества (пыли или волокон) с воздухом при нормальных атмосферных условиях, в которой при воспламенении горение распространяется на весь объем несгоревшей смеси.

Взрывоопасная газовая среда – смесь горючего газа или пара с воздухом при нормальных атмосферных условиях, в которой при воспламенении горение распространяется на весь объем несгоревшей смеси.

Сжиженный горючий газ – горючее вещество, которое хранится или транспортируется как жидкость и которое при температуре окружающей среды и атмосферном давлении представляет собой горючий газ.

Взрывоопасная пылевая среда – среда, представляющая собой смесь атмосферного воздуха с горючими веществами в виде пыли, волокон или летучих частиц, в которой после воспламенения горение распространяется через неизрасходованную часть смеси.

Пылезащитная оболочка – части технологического оборудования, предназначенные, например, для предотвращения утечки пыли в окружающую среду, внутри которых осуществляют обработку, транспортировку или хранение материалов.

Пыль – среда, включающая в себя как горючую пыль, так и горючие летучие частицы.

Горючая пыль – твердые частицы номинальным размером 500 мкм или менее, которые могут находиться в воздухе, оседать из атмосферы под действием своего веса (массы), гореть или тлеть в воздухе, образовывать взрывоопасную смесь с воздухом при атмосферном давлении и нормальной температуре.

Электропроводящая пыль – горючая пыль с удельным электрическим сопротивлением не более 10^3 Ом·м.

Неэлектропроводящая пыль – горючая пыль, электрическое сопротивление которой более 10^3 Ом·м.

Температура самовоспламенения взрывоопасной газовой среды – наименьшая температура нагретой поверхности, при которой в предписанных ГОСТ Р 51330.5 [8] условиях происходит воспламенение горючих веществ в виде газо- или паровоздушной смеси.

Температура самовоспламенения слоя пыли – наименьшая температура горячей поверхности, при которой происходит самовоспламенение слоя пыли заданной толщины на этой поверхности [10].

Температура воспламенения облака пыли – наименьшая температура горячей внутренней стенки печи, при которой происходит самовоспламенение облака пыли в содержащемся внутри печи воздухе [10].

Нижний концентрационный предел распространения пламени (воспламенения) (НКПР) – минимальное содержание горючего газа или пара в воздухе, при котором возможно распространение пламени по смеси на любое расстояние от источника.

Верхний концентрационный предел распространения пламени (воспламенения) (ВКПР) – максимальное содержание газа или пара в воздухе, при котором возможно распространение пламени по смеси на любое расстояние от источника.

Температура вспышки – самая низкая температура жидкости, при которой в условиях специальных испытаний над ее поверхностью образуются смеси паров с воздухом, способные воспламеняться (вспыхивать) от источника зажигания.

1.2. Классификация Ex-оборудования по группам для соответствующих взрывоопасных сред

Группа Ex-оборудования – система классификации электрооборудования по отношению к взрывоопасной газовой или пылевой средам, для применения в которых оно предназначено.

Электрооборудование по отношению к соответствующим взрывоопасным средам подразделяется на три группы [2, 3]:

Электрооборудование группы I – предназначено для применения в шахтах, опасных по воспламенению рудничного газа (метана).

Электрооборудование, предназначенное для шахт, атмосфера которых может содержать, кроме рудничного газа, примеси других горючих газов (т. е. кроме метана), должно быть сконструировано и испытано согласно требованиям, установленным для группы I, а также для той подгруппы группы II, которая соответствует другим горючим газам. Такое электрооборудование затем должно быть соответствующим образом маркировано, например, Ex d I Mb/Ex d IIB T3 Gb или Ex d I Mb/Ex d II(NH₃) Mb.

Электрооборудование группы II – предназначено для применения во взрывоопасных газовых средах в помещениях и наружных установках (кроме шахт, опасных по воспламенению рудничного газа (метана)) классов 0, 1, 2, 1н и 2н.

Электрооборудование группы II подразделяется на подгруппы в соответствии с категорией взрывоопасности смесей (по БМЗ или кратности МТВ [9]), для которой оно предназначено:

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

Электрооборудование группы III – предназначено для применения во взрывоопасных пылевых средах (кроме шахт, опасных по воспламенению рудничного газа (метана)) в помещениях и наружных установках классов 20, 21, 22, 21н, 22н.

Электрооборудование группы III может быть подразделено на подгруппы в соответствии с характеристикой конкретной взрывоопасной среды, для которой оно предназначено:

- подгруппа IIIА – в среде, содержащей горючие летучие частицы;
- подгруппа IIIВ – в среде, содержащей *непроводящую* пыль (в виде осевшего слоя пыли);
- подгруппа IIIС – в среде, содержащей *проводящую* пыль (в виде осевшего слоя пыли).

1.3. Классификация взрывоопасных зон

В проектно-эксплуатационной и нормативной практике классификация взрывоопасных зон применяется в целях выбора Ех-оборудования по его уровню взрывозащиты, обеспечивающему безопасную эксплуатацию такого оборудования в соответствующей взрывоопасной зоне.

Взрывоопасная зона (газа или пара) – зона, в которой имеется или может образоваться взрывоопасная смесь газа или пара в объеме, требующем специальных мер защиты при конструировании, изготовлении и эксплуатации электроустановок.

Размеры взрывоопасной зоны зависят от предполагаемого или рассчитанного расстояния, в котором существует взрывоопасная газовая смесь до того, как она будет разбавлена до нижнего концентрационного предела воспламенения (НКПР), и должны оцениваться с участием эксперта.

Взрывоопасная зона (пылевая) – зона, в которой горючая пыль в виде облака присутствует постоянно или ожидается в количествах, требующих принятия особых мер предосторожности по конструкции и использованию электрооборудования для предотвращения воспламенения взрывоопасной пылевоздушной смеси.

Классификация взрывоопасных зон должна проводиться специалистами, знакомыми со свойствами горючих газов и паров, горючих пылей и волокон, знающими технологический процесс оборудопроизводства совместно с инженерами по безопасности, экологами, электриками и другим техническим персоналом [5].

1.3.1. Классы взрывоопасных зон с взрывоопасной газовой средой

Взрывоопасные зоны подразделяются на классы 0, 1 и 2 в зависимости от частоты и длительности присутствия взрывоопасной газовой смеси [2, 5, 11]:

Зона класса 0 – зона, в которой взрывоопасная газовая среда присутствует постоянно или в течение длительного периода времени.

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

Зона класса 2 – зона, в которой присутствие взрывоопасной газовой среды в нормальных условиях эксплуатации маловероятно или она возникает редко и на непродолжительное время.

Примечания:

1. Непродолжительное время – это полное время существования опасной газовой среды. Это время будет включать общее время утечки плюс время рассеивания горючей атмосферы после прекращения ее утечки.

2. Частоту возникновения и длительность присутствия взрывоопасной газовой смеси допускается определять по правилам (нормам) соответствующей отрасли промышленности.

Нормативной и проектно-эксплуатационной практикой установлено, что вероятность присутствия взрывоопасной газовой смеси в зоне, а следовательно, и ее класс зависят в основном от степени утечки и уровня вентиляции.

Ниже представлены некоторые термины и определения, характеризующие степени и источники утечки, а также уровни вентиляции.

Источником утечки является элемент технологического оборудования, из которого горючий газ, пар или жидкость могут высвободиться в атмосферу в объеме, достаточном для взрывоопасной газовой смеси.

Для установления класса взрывоопасной зоны должны быть определены источники и интенсивность утечек.

Так как взрывоопасная горючая смесь может возникнуть только при смешивании горючего газа или пара с воздухом, необходимо установить наличие любого из горючих материалов в рассматриваемой зоне. В первую очередь должно быть установлено, находится ли горючий газ или пар (также горючие жидкости и твердые вещества, которые могут образовывать газ или пар) внутри технологического оборудования, которое может быть полностью закрытым или не закрытым. Кроме того, должно быть выявлено технологическое оборудование, содержащее внутри взрывоопасную газовую смесь, и определены источники утечки горючих веществ, из-за которых взрывоопасная газовая смесь может образоваться снаружи.

Каждый элемент технологического оборудования (например, резервуар, насос, трубопровод, химический реактор и др.) должен рассматриваться как возможный источник утечки горючего вещества. Если какой-либо элемент оборудования не содержит горючего вещества, он не является источником образования взрывоопасной зоны вокруг него. То же относится к элементам, содержащим горючие вещества, утечка из которых в атмосферу исключена (например, трубопровод с высоким качеством сварки не рассматривают как источник утечки).

Если тот или иной элемент оборудования является источником утечки горючего материала в атмосферу, прежде всего необходимо определить степень утечки согласно приведенным определениям на основании частоты и длительности утечки. Вскрытие отдельных частей технологического оборудования, заключенных в корпус (например, во время замены фильтра или периодического заполнения), необходимо также рассматривать как утечку.

Источник утечки может иметь любую степень утечки или их сочетание.

Степень утечки – характеристика выделения горючего вещества во взрывоопасную зону из источника утечки в порядке убывания интенсивности, т. е. убывания образования взрывоопасной газовой смеси.

Постоянная (непрерывная) утечка – утечка, существующая непрерывно или длительное время.

Утечка первой степени – утечка, появление которой носит периодический или случайный характер при нормальном режиме работы технологического оборудования.

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

Если общее количество горючего вещества, утечка которого может произойти, например, при лабораторном исследовании, незначительно, несмотря на возможность существования потенциальной опасности, использование вышеизложенного при классификации зон может быть неуместно. В таких случаях необходимо учитывать конкретные риски.

При классификации зон для технологического оборудования, в котором горючее вещество сжигается, например, топки для обогрева печей, бойлеров, газовых турбин и т. д., необходимо учитывать цикл продувки, условия пуска и выключения (см. п. 7.3.48 ПУЭ [12]).

Установив степень утечки, необходимо определить ее интенсивность и другие факторы, влияющие на класс и размеры зоны.

Интенсивность (скорость) утечки – количество горючего вещества, способного образовать с воздухом взрывоопасную смесь, высвобождаемое источником в единицу времени.

От величины интенсивности зависят размеры взрывоопасной зоны. Интенсивность утечки определяется следующими свойствами источника утечки (см. п. 4 ИЕС [11]):

- а) геометрией источника вещества;
- б) скоростью истечения горючего вещества;
- в) концентрацией горючего вещества;
- г) испаряемостью горючей жидкости.

Нормальный режим работы технологического оборудования – режим работы технологического оборудования, характеризующийся рабочими значениями всех параметров.

Примечания:

1. Незначительная утечка горючего вещества, способного образовывать с воздухом взрывоопасную смесь, должна рассматриваться как нормальный режим. Например, утечку из уплотнений, находящихся в контакте с горючим веществом внутри оборудования, рассматривают как незначительную.

2. Аварии (например, повреждение уплотнений насосов, прокладки фланцев или случайный выброс горючего вещества, способного образовать взрывоопасную смесь), требующие срочной остановки и ремонта оборудования, не рассматривают как нормальный режим.

3. Нормальный режим работы включает и пусковые режимы.

Горючие материалы (вещества) – материалы, способные гореть, а также образовывать горючий пар, газ и туман.

С учетом изложенного по классификации взрывоопасных зон для взрывоопасной газовой среды следует отметить: постоянная (непрерывная) утечка горючего вещества образует, как правило, зону класса 0; утечка первой степени – зону класса 1; утечка второй степени – зону класса 2.

На рис. 2.2 учебника [13] рассматриваются классы зон, места их расположения и размеры для металлического резервуара со стационарной крышей, дыхательными клапанами, без понтона. Для такого объекта характерны следующие классы зон, места их расположения и размеры: $a = 3$ м – над клапанами; $b = 3$ м – над крышей; $c = 3$ м – в горизонтальном направлении от стенок резервуара. При этом учитывались факторы, указанные в ГОСТ Р МЭК [5]:

1) вентиляция: тип – естественная; уровень – средний; готовность – хорошая;

2) источники утечки: поверхность жидкости и степень утечки – постоянная; выпускные отверстия дыхательных клапанов – первая степень утечки; фланцы – вторая степень утечки.

1.3.2. Классы взрывоопасных зон для пылевой среды

В настоящем параграфе рассматривается классификация зон горючей пыли [2, 7]. При этом для оценки риска воспламенения и взрыва облака пыли использованы те же принципы, что и при классификации зон горючих газов или пара (см. параграф 1.3.1). Горючая пыль образует взрывоопасные среды только тогда, когда ее концентрация находится во взрывоопасном диапазоне. Несмотря на то, что облако с очень высокой концентрацией пыли не может быть взрывоопасным, тем не менее, существует опасность, что при уменьшении концентрации будет достигнут взрывоопасный диапазон. Не каждый источник утечки в зависимости от среды обязательно синтезирует горючую пылевоздушную смесь.

Пыль, которая не удаляется механической вытяжной вентиляцией, оседает в количестве, зависящем от таких особенностей, как размеры частицы, соединения в виде слоя или скопления. Следует принять во внимание, что источник постоянного пылевыделения в небольшом количестве или разбавленном виде со временем может образовать потенциально взрывоопасный слой пыли.

Горючая пыль может представлять собой опасность при следующих условиях:

1) при образовании облака пыли из источника пылевыделения, включая слой или скопление, образующее взрывоопасную среду (см. раздел 5 ГОСТ Р МЭК [7]);

2) при образовании слоев пыли, которые вероятно не образуют облако пыли и которые могут воспламениться вследствие саморазогревания или из-за горячих поверхностей и могут стать причиной возгорания или перегрева оборудования; это может стать источником воспламенения (см. раздел 7 ГОСТ Р МЭК [7]).

Таким образом, могут существовать горючие облака и слои пыли, и поэтому следует удалять источники воспламенения.

Если это невыполнимо, тогда должны быть приняты меры по ограничению возможности появления горючей пыли или источников воспламенения, чтобы вероятность их одновременного присутствия была невелика и чтобы она находилась в допустимых пределах.

Дополнительно следует учитывать изложенное в гл. 2 учебника [13].

На классификацию зон для пылевых сред могут влиять многие факторы. Основными из них являются *источники утечки* и *степень пылевыделения* из них горючей пыли.

Источник пылевыделения – точка или место, из которого горючая пыль может выделяться в окружающую среду.

Примечания:

1. Источником пылевыделения может являться пылезащитная оболочка или слой пыли.
2. Источники пылевыделения характеризуются *степенью* пылевыделения горючей пыли в порядке уменьшения вероятности пылевыделения.

Различают следующие *степени пылевыделения* из источника:

а) *постоянное образование облака пыли* – места, в которых облако пыли может существовать постоянно или часто образуется на длительные и короткие периоды;

б) *первая степень пылевыделения* – источник, из которого горючая пыль выделяется периодически при нормальном режиме работы;

в) *вторая степень пылевыделения* – источник, из которого горючая пыль выделяется при нормальном режиме работы, и если выделение горючей пыли имеет место, то оно происходит редко и только на короткое время.

В зависимости от вероятности образования потенциально взрывоопасных пылевоздушных смесей зоны могут быть обозначены в соответствии с табл. 1.1.

Таблица 1.1

Определение зон, зависящих от присутствия горючей пыли

| Степень присутствия горючей пыли | Классификация зон облаков пыли |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| Постоянное присутствие облаков пыли | 20 |
| Первая степень пылевыделения | 21 |
| Вторая степень пылевыделения | 22 |

Зоны, классифицированные как взрывоопасные пылевые среды, подразделяются на классы 20, 21 и 22 в зависимости от частоты и продолжительности распространения взрывоопасных пылевоздушных смесей.

При этом скопления горючей пыли следует рассматривать как источники, которые могут образовать взрывоопасную среду.

Зона класса 20 – зона, в которой взрывоопасная среда в виде облака горючей пыли в воздухе присутствует постоянно, часто или в течение длительного периода времени.

Зона класса 21 – зона, в которой время от времени возможно (вероятно) появление взрывоопасной среды в виде горючей пыли в воздухе при нормальном режиме эксплуатации.

Зона класса 22 – зона, в которой маловероятно появление взрывоопасной среды в виде облака горючей пыли в воздухе при нормальном режиме эксплуатации, но если горючая пыль появляется, то сохраняется только в течение короткого периода времени.

На рис. 2.6 учебника [13] рассматриваются зоны для пункта опорожнения мешков внутри строения без вытяжной вентиляции. В данном примере мешки часто вручную опорожняются в загрузочную воронку, из которой содержимое пневматически транспортируется в какую-то другую часть технологического оборудования. Часть данной загрузочной воронки заполнена продуктом.

Зона класса 20 – внутри загрузочной воронки, потому что взрывоопасная пылевоздушная смесь часто или даже постоянно присутствует во время нормального режима работы и образуются или присутствуют слои пыли неконтролируемой и чрезмерной толщины.

Зона класса 21 – открытый люк является первичным источником пылевыделения, следовательно, зона класса 21 должна быть определена вокруг данного люка и должна составлять 1 м от края люка и глубиной 1 м до его основания.

1.4. Нормативная оценка степени взрывоопасности среды в зонах с горючими газами и парами

Для выбора электрооборудования, соответствующего необходимому уровню взрывозащиты и условиям пожаровзрывобезопасности, необходимо учитывать не только класс взрывоопасной зоны, но и такой параметр, как *группа* взрывоопасной смеси газа или пара.

Взрывоопасные газопаровоздушные смеси подразделяются на *группы* по их температуре самовоспламенения согласно табл. 1.2 ГОСТ Р [14].

Таблица 1.2

Классификация взрывоопасных смесей газов и паров по температуре самовоспламенения

| Группа взрывоопасной смеси | Температура самовоспламенения, °С |
|----------------------------|-----------------------------------|
| T1 | Свыше 450 |
| T2 | » 300 до 450 включительно |
| T3 | » 200 до 300 включительно |
| T4 | » 135 до 200 включительно |
| T5 | » 100 до 135 включительно |
| T6 | » 85 до 100 включительно |

Примеры веществ, образующих с воздухом взрывоопасные смеси разных групп, приводятся в ГОСТ Р МЭК [15] и в других нормативных источниках.

Электрооборудование должно выбираться таким образом, чтобы максимальная температура его поверхности не превышала температуру самовоспламенения любого газа или пара, которые могут присутствовать во взрывоопасной зоне. Для этого в нормы введены *температурные классы*, которые входят в Ex-маркировку электрооборудования.

В табл. 1.3 приведены температурные классы электрооборудования и даны зависимости между температурными классами электрооборудования, максимальными температурами поверхности и температурами самовоспламенения газа или пара.

Таблица 1.3

Температурные классы электрооборудования

| Температурные классы электрооборудования | Максимальная температура поверхности электрооборудования T_{max} , °С | Температура самовоспламенения газа или пара T_{cb} , °С |
|--|---|---|
| T1 | 450 | $T_{cb} > 450$ |
| T2 | 300 | $300 < T_{cb} \leq 450$ |
| T3 | 200 | $200 < T_{cb} \leq 300$ |
| T4 | 135 | $135 < T_{cb} \leq 200$ |
| T5 | 100 | $100 < T_{cb} \leq 135$ |
| T6 | 85 | $85 < T_{cb} \leq 100$ |

Из табл. 1.3 видно, что максимальная температура поверхности T_{\max} электрооборудования не должна быть выше температуры самовоспламенения газа или пара, т. е. взрывоопасной газовой среды, по которой установлены группы взрывоопасных смесей. Однако в п. 5.3.3 [3] для малых компонентов (с малой площадью поверхности до 1000 мм^2) имеется исключение, согласно которому допускается превышение максимальной температуры поверхности (см. также гл. 2 учебника [13]).

Выбор взрывозащищенного электрооборудования должен производиться и с учетом категории взрывоопасной смеси.

На категории взрывоопасные смеси подразделяются по безопасному экспериментальному максимальному зазору (БЭМЗ) [9], при этом надо учитывать, что электрооборудование с взрывозащитой видов «е», «m», «р» и «q» относится к группе электрооборудования II, но на подгруппы не подразделяется. Однако необходимо иметь в виду, что электрооборудование с указанными видами взрывозащиты в некоторых случаях должны быть отнесены к подгруппам IIА или IIВ (см. стандарты на эти виды взрывозащиты и гл. 2 учебника [13]), если оно может стать источником разрядов накопленной энергии или статистического электричества.

Электрооборудование с взрывозащитой «d» или «i» должно относиться к подгруппам IIА, IIВ или IIС и выбираться в соответствии с табл. 1.4.

Таблица 1.4

Категория взрывоопасной смеси газа или пара по величине БЭМЗ

| Категория взрывоопасной смеси газа или пара по величине БЭМЗ, мм | Подгруппа электрооборудования |
|--|-------------------------------|
| IIА (0,9 и более) | IIА, IIВ или IIС |
| IIВ (св. 0,5 но менее 0,9) | IIВ или IIС |
| IIС (0,5 и менее) | IIС |

Примечания:

1. Сущность подгрупп Ex-оборудования и знаки их обозначения одинаковы со знаками категорий взрывоопасных смесей.

2. Электрооборудование со взрывозащитой вида «n» должно, как правило, относиться к группе II, но если оно содержит контактное устройство во взрывонепроницаемой оболочке, не поджигающие компоненты или искробезопасные цепи «i», оно должно относиться к подгруппам IIА, IIВ или IIС и выбираться в соответствии с табл. 1.4.

3. Электрооборудование с взрывозащитой вида «o» должно относиться к подгруппам IIА, IIВ или IIС и выбираться также в соответствии с табл. 1.4.

Безопасный экспериментальный максимальный зазор (БЭМЗ) – максимальный зазор соединения шириной 25 мм, который предотвращает распространение взрыва при 10 испытаниях, проводимых в условиях, указанных в стандарте [9].

1.5. Ех-оборудование: уровни, виды и маркировка взрывозащиты

В параграфе 1.1 данного пособия дано определение Ех-оборудования и показано, чем оно отличается от электрооборудования «общего назначения».

В параграфе 1.5 рассматриваются основные характеристики и факторы, определяющие взрывозащиту электрооборудования.

1.5.1. Уровни взрывозащиты Ех-оборудования

Уровень взрывозащиты электрооборудования – степень взрывозащиты электрооборудования при установленных нормативными документами условиях.

В конструкторской и проектно-эксплуатационной практике в настоящее время используются два варианта обозначений уровня взрывозащиты электрооборудования (см. табл. 1.5), одинаковые по смыслу, но разные по знакам обозначения.

Таблица 1.5

Уровни взрывозащиты электрооборудования

| Уровни по ГОСТ Р МЭК 60079-0-2011 [3] | Группа электрооборудования | Уровни по ГОСТ Р 52350.0-2005 (МЭК 60079-0:2004) [4] |
|---------------------------------------|--------------------------------|--|
| Ma | Электрооборудование группы I | 0 (особо взрывобезопасный) |
| Mb | | 1 (взрывобезопасный) |
| Ga | Электрооборудование группы II | 0 (особо взрывобезопасный) |
| Gb | | 1 (взрывобезопасный) |
| Gc | | 2 (повышенной надежности против взрыва) |
| Da | Электрооборудование группы III | 0 (особо взрывобезопасный) |
| Db | | 1 (взрывобезопасный) |
| Dc | | 2 (повышенной надежности против взрыва) |

Уровень взрывозащиты электрооборудования является важным показателем при выборе электрооборудования для обеспечения необходимой степени защиты от риска воспламенения взрывоопасной среды, т. е. по условиям взрывобезопасности, в тех или иных классах взрывоопасных зон.

Уровни взрывозащиты Ех-электрооборудования, приведенные в табл. 1.5, 1.6 и 1.7 в сравнении с существующими (0, 1 и 2), введены для того, чтобы обеспечить применение альтернативного метода выбора взрывозащищенного Ех-оборудования, по сравнению с существующими методами, с учетом риска воспламенения взрывоопасной газопаропылевоздушной взрывоопасной среды.

Уровень взрывозащиты оборудования Ga – оборудование для взрывоопасных газовых сред, обеспечивающее «очень высокий» уровень защиты, не являющееся источником воспламенения в нормальных условиях или при появлении редких неисправностей.

Таблица 1.6

Взаимосвязь уровней взрывозащиты Ex-оборудования и классов зон (без дополнительной оценки риска)

| Уровень взрывозащиты оборудования | Класс зоны |
|-----------------------------------|---------------------|
| Ga (0) | 0 (-) |
| Gb (1) | 1 (B-I), 1н |
| Gc (2) | 2 (B-Ia), 2н (B-Iг) |
| Da (0) | 20 (-) |
| Db (1) | 21 (B-II), 21н |
| Dc (2) | 22 (B-IIa), 22н |

Примечания:

- 0, 1, 2 – обозначение уровней по ГОСТ Р [4].
- B-I, B-Ia, B-Iг, B-II и B-IIa – обозначение классов зон по ПУЭ (6-го издания).
- 1н, 2н, 21н и 22н – индекс «н» означает, что классы зон для наружных установок.

Уровень взрывозащиты оборудования Gb – оборудование для взрывоопасных газовых сред, обеспечивающее «высокий» уровень защиты, не являющееся источником воспламенения в нормальных условиях или при предполагаемых неисправностях, которые возникают нерегулярно (большинство стандартных видов взрывозащиты обеспечивают именно этот уровень взрывозащиты).

Уровень взрывозащиты оборудования Gc – оборудование для взрывоопасных газовых сред, обеспечивающее «повышенный» уровень защиты, не являющееся источником воспламенения в нормальных условиях, может иметь дополнительную защиту, обеспечивающую ему свойства неактивного источника воспламенения в случае появления предполагаемых регулярных неисправностей, например выхода из строя лампы (обычно это оборудование с видом взрывозащиты «п»).

Уровень взрывозащиты оборудования Da – оборудование, предназначенное для применения в среде горючей пыли и обеспечивающее «очень высокий» уровень защиты, не являющееся источником воспламенения в нормальных условиях эксплуатации или при предполагаемых или редких неисправностях.

Уровень взрывозащиты оборудования Db – оборудование, предназначенное для применения в среде горючей пыли и обеспечивающее «высокий» уровень защиты, не являющееся источником воспламенения в нормальных условиях эксплуатации или при появлении предполагаемых нерегулярных неисправностей.

Уровень взрывозащиты оборудования Dc – оборудование, предназначенное для применения в среде горючей пыли и обеспечивающее «повышенный» уровень защиты, не являющееся источником воспламенения в нормальных условиях эксплуатации, может иметь дополнительную защиту, обеспечивающую ему свойства неактивного источника воспламенения в случае появления предполагаемых регулярных неисправностей, например выхода из строя лампы.

В настоящее время в практику выбора и применения Ex-оборудования для взрывоопасных зон введена необходимость учета риска от воспламенения взрывоопасной среды.

Метод оценки риска для взрывозащищенного оборудования (Ex-оборудования) введен как альтернатива существующему директивно-му и относительно негибкому методу, связывающему оборудование с классами зон. В связи с этим и была создана рассмотренная выше система уровней взрывозащиты оборудования и определения каждого уровня.

В большинстве случаев проектно-эксплуатационной практики взаимосвязь уровней взрывозащиты Ex-оборудования и зон решается так, как это приведено в табл. 2.5, т. е. без дополнительной оценки риска.

В четвертое издание ГОСТ Р МЭК [3] включены «Уровни защиты оборудования», что позволяет использовать систему «Оценки риска» в качестве альтернативного метода при выборе оборудования для взрывоопасных зон.

Обеспечиваемая взрывозащита с учетом риска воспламенения и взаимосвязь уровней и зон, приводится в табл. 1.7.

Таблица 1.7

Уровни взрывозащиты электрооборудования с учетом риска воспламенения и условий их работы (ГОСТ Р МЭК60079-0-2011)

| Степень обеспечиваемой защиты | Уровень взрывозащиты электрооборудования | Характеристика защиты | Условия работы |
|-------------------------------|--|--|--|
| | Группа | | |
| Очень высокая | Ma | Два независимых средства защиты или безопасность даже при появлении двух независимо возникающих неисправностей | Электрооборудование работает в присутствии взрывоопасной среды |
| | Группа I | | |
| Очень высокая | Ga (0) | Два независимых средства защиты или безопасность даже при появлении двух независимо возникающих неисправностей | Электрооборудование работает в зонах: 0 1 2 |
| | Группа II | | |

| Степень обеспечиваемой защиты | Уровень взрывозащиты электрооборудования | Характеристика защиты | Условия работы |
|-------------------------------|--|--|---|
| | Группа | | |
| Очень высокая | Da (0) | Два независимых средства защиты или безопасность при двух независимо возникающих неисправностях | Электрооборудование работает в зонах: 20 21 22 |
| | Группа III | | |
| Высокая | Mb | Подходит для нормальных и тяжелых условий эксплуатации | Электрооборудование отключают от напряжения в присутствии взрывоопасной среды |
| | Группа I | | |
| Высокая | Gb (1) | Подходит для нормальных условий эксплуатации и условий часто возникающих неисправностей или для электрооборудования, неисправности которого обычно учитывают | Электрооборудование работает в зонах: 1 2 |
| | Группа II | | |
| Высокая | Db (1) | Подходит для нормальных условий эксплуатации и условий часто возникающих неисправностей или для электрооборудования, неисправности которого обычно учитывают | Электрооборудование работает в зонах: 21 22 |
| | Группа III | | |
| Повышенная | Gc (2) | Подходит для нормальных условий эксплуатации | Электрооборудование работает в зоне: 2 |
| | Группа II | | |
| Повышенная | Dc (2) | Подходит для нормальных условий эксплуатации | Электрооборудование работает в зоне: 22 |
| | Группа III | | |

Примечания:

1. (0), (1), (2) – знак уровня взрывозащиты согласно ГОСТ Р 51330.0–99 и ГОСТ Р 52350.0–2005.

2. Средство взрывозащиты – конструктивное и схемное решение для обеспечения взрывозащиты электрооборудования.

Оглавление

| | |
|--|----------|
| Предисловие | 3 |
| Глава 1. Нормативная и аналитическая оценки соответствия электрооборудования взрывоопасных и пожароопасных зон требованиям пожарной безопасности и нормам | 4 |
| 1.1. Термины и определения | 4 |
| 1.2. Классификация Ex-оборудования по группам для соответствующих взрывоопасных сред..... | 6 |
| 1.3. Классификация взрывоопасных зон | 7 |
| 1.3.1. Классы взрывоопасных зон с взрывоопасной газовой средой..... | 7 |
| 1.3.2. Классы взрывоопасных зон для пылевой среды | 10 |
| 1.4. Нормативная оценка степени взрывоопасности среды в зонах с горючими газами и парами | 13 |
| 1.5. Ex-оборудование: уровни, виды и маркировка взрывозащиты..... | 15 |
| 1.5.1 Уровни взрывозащиты Ex-оборудования | 15 |
| 1.5.2. Виды взрывозащиты Ex-оборудования | 19 |
| 1.5.3. Маркировка взрывозащиты Ex-оборудования группы I и II..... | 26 |
| 1.5.3.1. Общие положения | 26 |
| 1.5.3.2. Примеры Ex-маркировки электрооборудования группы I и II | 28 |
| 1.5.4. Особенности Ex-маркировки электрооборудования группы III, применяемого в зонах, опасных по воспламенению горючей пыли..... | 30 |
| 1.5.4.1. Общие положения | 30 |
| 1.5.4.2. Термины и определения, характерные для электрообо- рудования группы III | 31 |
| 1.5.4.3. Виды взрывозащиты электрооборудования группы III..... | 32 |
| 1.5.4.4. Ex-маркировка электрооборудования группы III | 33 |
| 1.5.4.5. Примеры Ex-маркировки электрооборудования группы III..... | 34 |
| 1.6. Выбор и условия применения Ex-оборудования во взрывоопасных зонах | 35 |
| 1.6.1. Общие требования | 35 |
| 1.6.2. Выбор Ex-оборудования группы II..... | 37 |
| 1.6.3. Выбор Ex-оборудования группы III..... | 40 |
| 1.7. Выбор и условия применения электрооборудования в пожароопасных зонах..... | 42 |
| 1.8. Нормативная и аналитическая оценки соответствия электрооборудования взрывоопасных и пожароопасных зон требованиям пожарной безопасности и нормам..... | 44 |
| 1.8.1. Основные положения | 44 |
| 1.8.2. Методика решения типовых задач нормативной оценки соответствия силового и осветительного электрооборудования требованиям пожарной безопасности и нормам | 45 |

| | |
|---|-----|
| Глава 2. Проверка соответствия силового и осветительного электрооборудования взрывопожароопасных зон требованиям пожарной безопасности и нормативно-техническим документам | 49 |
| 2.1. Основные положения | 49 |
| 2.2. Инженерные методы решения типовых задач по силовым сетям | 49 |
| 2.3. Инженерные методы решения типовых задач по осветительным сетям | 61 |
| Глава 3. Нормативно-аналитическая оценка соответствия заземляющих устройств электрооборудования взрыво- и пожароопасных зон требованиям пожарной безопасности и ПУЭ | 72 |
| 3.1. Основные теоретические положения, термины и определения..... | 72 |
| 3.2. Защитные заземления и зануления во взрывоопасных зонах | 78 |
| 3.3. Устройство защитных заземлений и занулений | 80 |
| 3.4. Методика расчета заземляющих устройств | 84 |
| 3.5. Примеры решения типовых задач..... | 86 |
| Глава 4. Нормативно-аналитическая оценка соответствия молниезащиты зданий и сооружений требованиям пожарной безопасности и РД | 91 |
| 4.1. Основные теоретические положения, термины и определения..... | 91 |
| 4.2. Обязательность устройства молниезащиты | 95 |
| 4.3. Молниеотводы | 97 |
| 4.4. Методика решения типовых задач по оценке соответствия параметров зон защиты молниеотводов требованиям пожарной безопасности и РД | 104 |
| 4.5. Примеры решения типовых задач..... | 105 |
| Глава 5. Устройство защитного отключения | 114 |
| 5.1. Принцип действия УЗО..... | 114 |
| 5.2. Классификация УЗО | 116 |
| 5.3. Нормативная база применения УЗО | 121 |
| 5.3.1. Требования ПУЭ и стандартов по применению УЗО в электроустановках | 121 |
| 5.3.2. Требования ПУЭ по применению УЗО для защиты переносных электроприемников | 123 |
| 5.3.3. Требования ПУЭ по применению УЗО в передвижных электроустановках | 124 |
| 5.3.4. Требования ПУЭ по применению УЗО в электроустановках помещений для содержания животных | 126 |
| Литература | 128 |
| Оглавление | 131 |

Учебное издание

ЧЕРКАСОВ Владимир Николаевич
МАЛАШЕНКОВ Георгий Николаевич
ИЛЬИН Артур Викторович

**Нормативная и аналитическая оценки
соответствия электрооборудования
взрывоопасным и пожароопасным зонам**

Учебное пособие

Под общей редакцией кандидата технических наук, профессора
В. Н. Черкасова

Редактор *Е. В. Ермакова*
Технические редакторы *Е. А. Пушкина, А. В. Бондаренко, Е. Н. Титкова*
Корректор *А. В. Бондаренко*

Подписано в печать 21.01.2103 г. Формат 60×90¹/₁₆.
Бумага офсетная. Печ. л. 8,25. Уч.-изд. л. 6,0.
Тираж 400 экз. Заказ 36.

Академия ГПС МЧС России
129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, 4