

МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

Академия Государственной противопожарной службы

В. Н. Черкасов, А. С. Харламенков

ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПРОЕКТА

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Издание пятое, переработанное
и дополненное

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

Москва 2016

УДК 614.8
ББК 38.96:31.26
Ч48

Р е ц е н з е н т ы:

Кандидат технических наук
доцент
С.П. Воронов

Кандидат технических наук
доцент
Д.А. Ульев

Доктор технических наук
профессор
В.И. Служев

Черкасов В. Н., Харламенков А. С.

Ч48 Пожарно-техническая экспертиза электротехнической части проекта:
Учеб. пособие. 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Академия ГПС МЧС
России, 2016. – 165 с.

ISBN 5-86472-160-3

Рассмотрена методика проведения пожарно-технической экспертизы электротехнической части проекта. Приведены справочные, каталожные и нормативные данные, позволяющие квалифицированно и быстро дать заключение о соответствии запроектированного электрооборудования, устройств защиты от статического электричества и молниезащиты требованиям пожарной безопасности.

Предназначено для слушателей и курсантов высших пожарно-технических образовательных учреждений и инженерно-технических работников ГПС МЧС России.

УДК 614.8
ББК 38.96:31.26

ISBN 5-86472-160-3

© Академия Государственной противопожарной
службы МЧС России, 2016

© Черкасов В.Н., 2015

© Харламенков А.С., 2016

Предисловие

В основных направлениях экономического и социального развития России выдвинута концепция долгосрочного социально-экономического развития страны, главным фактором которой является интенсификация производства на основе научно-технического прогресса и внедрение инноваций в различных отраслях промышленности.

Эта колоссальная задача будет связана, в частности, с разработкой проектов технической реконструкции, в которых должно уделяться внимание и вопросам безопасности производства, особенно в тех отраслях, где условия технологических процессов предусматривают применение горючих и легковоспламеняющихся жидкостей и газов, что создает повышенную пожаро- и взрывоопасность и приводит к значительному материальному ущербу.

На фоне общего снижения пожаров происходит постепенное увеличение числа пожаров от электроизделий. Ежегодно в результате нарушения устройства и эксплуатации электрооборудования происходит около 25% всех пожаров. Именно эта причина занимает второе место среди прочих причин пожаров. Среди 18 наименований электроизделий более 67% пожаров приходится на провода и кабели.

В связи с этим, для обеспечения пожарной безопасности электроустановок необходимо проводить пожарно-техническую экспертизу электротехнической части проектов, с целью выявления нарушений нормативных требований и проектных решений, в части электроснабжения объектов.

Проведение пожарно-технической экспертизы проектов промышленных и других объектов различной формы собственности позволяет снизить риск возникновения пожаров и взрывов. Практические работники государственного пожарного надзора должны знать порядок проведения пожарно-технической экспертизы всех частей проекта, в том числе электротехнической, методика проведения которой и рассматривается в данном учебном пособии. В нем содержится необходимый минимум современных нормативных, справочных и каталожных данных, позволяющих квалифицированно и быстро сделать заключение о соответствии запроектированного электрооборудования, устройств молниезащиты и защиты от статического электричества требованиям пожарной безопасности.

Переиздание учебного пособия вызвано появлением новых норм и ГОСТов, которые внесли существенные изменения в проектно-монтажную и эксплуатационную практику.

В учебном пособии используются нормативно-технические источники [1-4], содержащие минимально необходимые сведения для проведения пожарно-технической экспертизы электротехнической части проекта.

ГЛАВА 1

Состав рабочей документации.

Методика чтения электротехнических схем и чертежей электроустановок, устройств молниезащиты и защиты от статического электричества

Электротехническая часть рабочего проекта включает в себя следующие основные документы: пояснительная записка; спецификации и сметы на силовое, осветительное электрооборудование, молниезащиту и защиту от статического электричества; структурные, функциональные и принципиальные электрические схемы силового и осветительного электрооборудования; электрические схемы подключения силового и осветительного электрооборудования; планы расположения и прокладки электрических сетей; кабельный журнал; схемы и чертежи молниезащиты и защитного заземления электроустановок; расчетные таблицы силовых и осветительных сетей, молниезащиты; общие данные по рабочим чертежам и др. [5,6]

При необходимости несколько видов чертежей допускается объединять в один документ.

На первом листе общих данных каждого основного комплекта рабочих чертежей в прямоугольной рамке помещают подпись главного инженера проекта, удостоверяющую соответствие рабочей документации действующим нормам и правилам. Для зданий или сооружений с пожароопасным и взрывоопасным характером производства подпись главного инженера проекта подтверждает безопасную эксплуатацию заложенных в рабочую документацию решений, при соблюдении предусмотренных проектом мероприятий.

Электрические схемы и чертежи, по которым осуществляют монтаж и эксплуатацию электрических машин и аппаратов, осветительных арматур, установочной аппаратуры, электрических сетей и т.п., также схемы и чертежи заземляющих устройств, защиты от статического электричества и молниезащиты являются основными проектными документами электротехнической части проекта.

Отступление от чертежей и схем (если оно вызвано местными условиями) разрешается только с согласия проектной организации, их разработавшей.

Для правильного чтения схем и чертежей рабочей документации, необходимо знать условные графические обозначения, используемые при построении данных схем и чертежей.

1.1. Графические условные обозначения, применяемые в электротехнических схемах и чертежах

При составлении электрических схем и чертежей руководствуются требованиями соответствующих ГОСТов [7,8], входящих в Единую систему конструкторской документации (ЕСКД).

На рис. 1.1. можно видеть, что на электрической схеме изделия различаются с помощью маркировки.

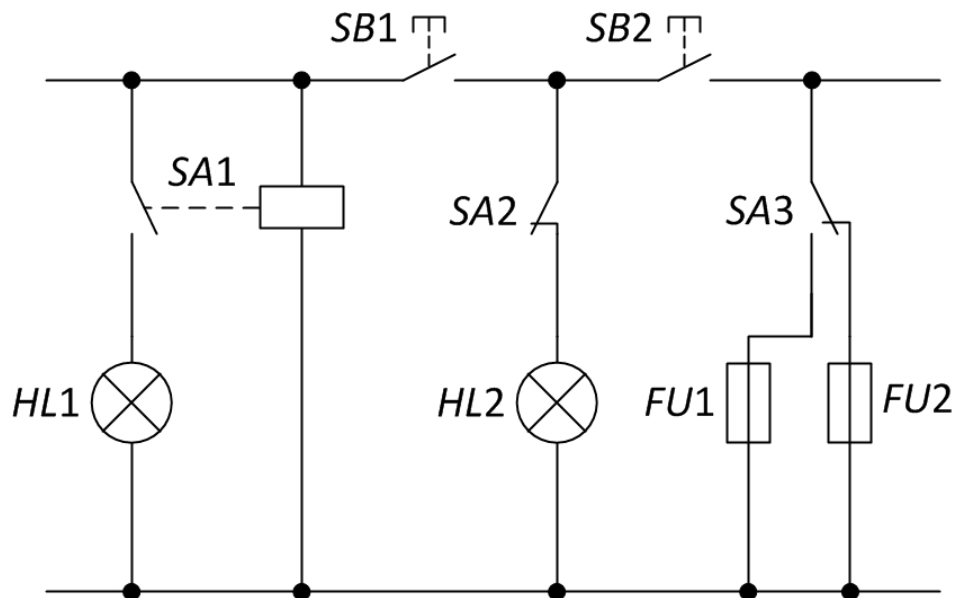


Рис. 1.1. Обозначения электротехнических аппаратов и приборов на электрической схеме:

SA1 – реле замыкающее; *SA2* – выключатель размыкающий; *SA3* – контакт переключающий; *SB1* и *SB2* – выключатель кнопочный нажимной; *HL1* и *HL2* – прибор световой сигнализации (лампа накаливания); *FU1* и *FU2* – предохранитель плавкий.

Условные графические обозначения, используемые в электротехнических чертежах и схемах. Электрооборудование изображают при помощи символов: квадратов, прямоугольников, окружностей, сплошных и штриховых линий, точек. Сочетание этих геометрических фигур позволяет изобразить электрические машины, аппараты, приборы (их составные части), провода, шины, кабели (их пересечения и соединения) и т.д. Все коммутационные аппараты изображают на электрических схемах, как правило, в отключенном состоянии (иногда говорят «в складском положении»). Поэтому все контакты разделяют на замыкающие «з» (нормально открытыми «НО») и размыкающие «р» (нормально закрытые «НЗ»). Функциональные части (элементы, устройства и функциональные группы) на схеме изображают в виде прямоугольников или условных графических

обозначений (УГО). Наиболее употребительные графические обозначения в электрических схемах и чертежах приведены в прил. 1.

Кроме УГО на схемах указывают буквенные коды отдельных видов элементов (см. табл. 1.1).

Таблица 1.1

Первая буква кода (обязательная)	Группа видов элементов	Примеры видов элементов
<i>A</i>	Устройства	Усилители, приборы телеуправления, лазеры, мазеры
<i>B</i>	Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) или наоборот аналоговые или многоразрядные преобразователи или датчики для указания или измерения	Громкоговорители, микрофоны, термоэлектрические чувствительные элементы, детекторы ионизирующих излучений, звукозаписывающие аппараты, сельсины
<i>C</i>	Конденсаторы	
<i>D</i>	Схемы интегральные, микросборки	Схемы интегральные аналоговые и цифровые, логические элементы, устройства памяти, устройства задержки
<i>E</i>	Элементы разные	Осветительные устройства, нагревательные элементы
<i>F</i>	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Дискретные элементы защиты по току и напряжению, плавкие предохранители, разрядники
<i>G</i>	Генераторы, источники питания, кварцевые осцилляторы	Батареи, аккумуляторы, электрохимические и электротермические источники
<i>H</i>	Устройства индикационные и сигнальные	Приборы звуковой и световой сигнализации, индикаторы
<i>K</i>	Реле, контакторы, пускатели	Реле токовые и напряжения, реле электротепловые, реле времени, контакторы, магнитные пускатели
<i>L</i>	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссели люминесцентного освещения
<i>M</i>	Двигатели	Двигатели постоянного и переменного тока

Окончание табл. 1.1

Первая буква кода (обязательная)	Группа видов элементов	Примеры видов элементов
<i>P</i>	Приборы, измерительное оборудование	Показывающие, регистрирующие и измерительные приборы, счетчики, часы
<i>Q</i>	Выключатели и разъединители в силовых цепях	Разъединители, короткозамыкатели, автоматические выключатели (силовые)
<i>R</i>	Резисторы	Переменные резисторы, потенциометры, варисторы, терморезисторы
<i>S</i>	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных	Выключатели, переключатели, выключатели, срабатывающие от различных воздействий
<i>T</i>	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформаторы тока и напряжения, стабилизаторы
<i>U</i>	Преобразователи электрических величин в электрические, устройства связи	Модуляторы, демодуляторы, дискриминаторы, инверторы, преобразователи частоты, выпрямители
<i>V</i>	Приборы электровакуумные, полупроводниковые	Электронные лампы, диоды, транзисторы, тиристоры, стабилитроны
<i>W</i>	Линии и элементы сверхвысокой частоты, антенны	Волноводы, диполи, антенны
<i>X</i>	Соединения контактные	Штыри, гнезда, разборные соединения, токосъемники
<i>Y</i>	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнитные муфты, тормоза, патроны
<i>Z</i>	Устройства оконечные, фильтры, ограничители	Линии моделирования, кварцевые фильтры

Условные графические обозначения электрооборудования и электропроводок на чертежах и схемах. При пожарно-технической экспертизе чаще всего приходится работать с чертежами, на которых изображено силовое и осветительное электрооборудование, электропроводка. Особенность таких чертежей заключается в том, что на них могут быть изображены планы крупных цехов, наружных установок и т.п., размеры которых достигают иногда сотен метров или оборудование (электродвигатели, пускорегулирующая аппаратура и т.д.), размеры

которого невелики (метры, десятые доли метра), либо совсем малые элементы электрических сетей. Поэтому в электротехнических чертежах и схемах строительную часть (планы, разрезы и т.п.), оси механического (или технологического) оборудования вычерчивают с соблюдением масштаба, а само электрооборудование показывают без масштаба – символами по ГОСТ 21.614-88 [7].

Схемы силового и осветительного электрооборудования и электрических сетей (для большей ясности и удобочитаемости) чаще всего выполняют отдельно, но иногда они могут быть совмещены в виде единого чертежа. Силовое и осветительное электрооборудование показывают и на технологических чертежах. Электрические сети (питающие, распределительные, групповые) и ответвления к электроприемникам изображают в виде однолинейной схемы с соблюдением трассы фактической прокладки линии. В однолинейных схемах все соединения между аппаратами, установками и другими приборами, осуществляемые несколькими шинами или проводами, изображают одной линией с указанием на ней числа шин или проводов с помощью отрезков, пересекающих эти линии под углом 45° . В многолинейных схемах каждую шину, провод, соединяющий установки, изображают отдельной линией (сплошной, штриховой, зигзагообразной и т.д.) согласно ГОСТ 21.614-88 [7].

Наиболее распространены следующие масштабы чертежей: 1:100 и 1:200 (для крупных цехов и помещений), 1:50 (для небольших помещений). Строительные чертежи, на которые наносят силовое или осветительное электрооборудование, несколько упрощают: опускают некоторые подробности и детали, оставляют только основные размеры. Длину сетей обычно измеряют непосредственно по чертежу, учитывая масштаб и взаимные вертикальные прокладки. Основные условные графические обозначения электрооборудования и электропроводок приведены в прил. 2.

1.2. Поясняющие надписи на электротехнических схемах и чертежах

ГОСТ 21.614-88 [7] и ГОСТ 21.608-84 [9] предусматривает наличие на электротехнических схемах и чертежах поясняющих надписей. На рис. 1.2,а) показан асинхронный электродвигатель, рядом надпись $1/8,0$. В числителе дроби указывается номер по плану, а в знаменателе – мощность. На рис. 1.2, б) надпись СВ означает сварочный трансформатор, две черточки и буквы АС указывают, что трансформатор двумя проводниками присоединен к фазам А и С. На рис. 1.2, в) числителе дроби указан номер по плану, а в знаменателе – номинальная мощность (кВт; кВ·А).

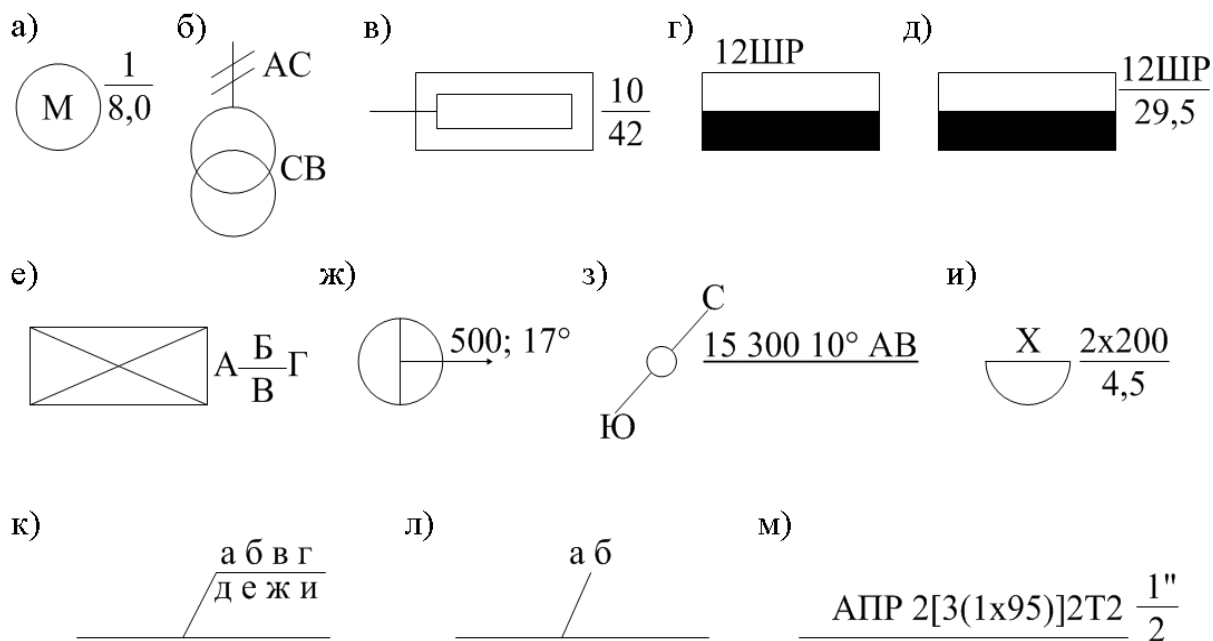


Рис. 1.2. Надписи на планах электропроводок, предусмотренные ГОСТ 21.614-88

Надпись 12ШР на рис. 1.2,г) расшифровывается так: шкаф распределительный № 12 по плану. Обозначение 12 ШР/29,5 на рис.1.2,г) означает величину установленной мощности шкафа. Буквенные обозначения на рис. 1.2,е) указывают: А – номер щитка по плану; Б – установленная мощность; Г – тип щитка; В – потеря напряжения. Надпись на рис. 1.2,ж) означает мощность лампы (500 Вт) и угол наклона (17°). Надпись на рис. 1.2,з) имеет следующее значение: С – север, Ю – юг, 15 – номер прожектора по плану, 300 – мощность лампы, 10 – угол наклона в градусах, АВ – фазы, питающие лампу. Если светильник (см. рис.1.2,и) имеет несколько ламп, надпись показывает их число и мощность. Из рисунка видно, что плафон имеет две лампы по 200 Вт, высота подвеса которого над полом 4,5 м, Х – тип светильника.

Величину нормируемой минимальной освещенности (Люкс) на планах осветительного электрооборудования указывают непосредственно в пределах конкретного помещения.

Способы прокладки электрических сетей обозначают следующим образом: закрытые шинопроводные сети с штепсельными контактами – Шш; закрытые шинопроводные сети с болтовыми контактами – Шб; магистраль – М; линия троллейная – Тр; прокладка в металлических трубах – Т; в трубах полутвердых резиновых – П; в стеклянных – С; в металлорукавах – Мр; прокладка на изоляторах – И; на роликах – Р; на клицах – К; на тросе – Тс. Расстояние между опорами (в метрах) обозначается L.

Надпись у графического изображения линий электрической сети (см. рис. 1.2, к) означает: *a* – расчетная нагрузка (кВт); *b* – коэффициент мощности; *v* – расчетный ток (А); *z* – длина участка (м); *d* – момент нагрузки (кВт·м); *e* – потеря напряжения (%); *ж* – марка проводника; *з* – сечение проводника (мм²); *и* – способ прокладки. На групповой сети освещения (см. рис. 1.2, л): *a* – номер группы; *b* – сечение провода (мм²).

Надпись на рис. 1.2, м) расшифровывается так: АПР – марка провода; цифра 2 перед квадратными скобками – две параллельные цепи, каждая из которых состоит из трех (3 перед круглыми скобками) одножильных (единица в круглых скобках) проводов; 95 – сечение провода (мм²). Каждая цепь прокладывается в отдельной стальной трубе (2Т – две трубы) диаметром 2 1/2".

При чтении электротехнических чертежей, на которых изображена электропроводка, следует учитывать ряд допущений: 1) в двухпроводных осветительных сетях число проводов может быть не указано, т.е. АПР 2х4 можно написать АПР-4; 2) если из чертежа ясен способ прокладки электропроводки в трубах, на изоляторах, известны марки проводов и кабелей, то на линиях электропроводок их не указывают; 3) при наличии кабельного журнала на плане сети никаких надписей, кроме маркировки, не делают; 4) технические данные, характеризующие линию, можно надписывать либо непосредственно над линией (см. рис. 1.2, м)), либо делать выноску (см. рис. 1.2, л)).

Типы электродвигателей, пусковой аппаратуры и распределительных пунктов на планах не обозначают. Их указывают в расчетно-монтажной таблице (схеме) силовых сетей, прилагаемой к проекту. В этой таблице, кроме того, приводят результаты расчета силовых сетей, а также характеристики проводов, кабелей и аппаратов защиты. Все элементы осветительной установки, а также сети обычно показывают на поэтажных планах помещений. Разрез здания для изображения осветительной установки используют только тогда, когда затруднено чтение ее чертежей (например, в помещении имеются рабочие площадки, антресоли и т.п.) или когда работа в помещении производится на разных уровнях.

Наружное электрооборудование современных химических, нефтехимических и других предприятий изображают на электротехнических схемах и чертежах так же, как и внутреннее. Условные обозначения принимают согласно ГОСТ 21.614-88 [7]. На листах электротехнических схем и чертежей ставят угловой штамп, который отражает содержание и назначение чертежа. В штампе указывают наименование предприятия и цеха, наименование плана электрооборудования или электроконструкции (например, щит станций управления). В штампе указывают фамилии исполнителей чертежей и

должностных лиц, их утверждающих, ставят номер чертежа и число листов. На чертеже, заимствованном из типового проекта, должен быть штамп привязки, указывающий, как использовать данный чертеж: с изменениями или без них.

На электротехнических схемах и чертежах приводят почти всегда экспликации (тексты, поясняющие значение символов, условных обозначений и др.). Эти экспликации выполняют по формам соответствующих нормалей, однако во всех случаях (независимо от формы) экспликации должны содержать необходимые сведения, например, расшифровку буквенных и цифровых обозначений, техническую характеристику элементов, места установки электрооборудования и т.п. На электротехнических схемах и чертежах (если проекты не очень сложные) помещают спецификации. В них указывают количество изделий, материалов, проводов и т.п., которые должен получить исполнитель (монтажник) со склада. Кроме того, на электротехнических схемах и чертежах могут быть примечания, несущие различную информацию.

1.3. Методика чтения электротехнических схем и чертежей

Прежде чем приступить к рассмотрению электротехнических схем и чертежей, знакомятся с содержанием пояснительной записки к электротехнической части проекта. В ней приведены сведения, характеризующие электроснабжение и электропотребление на объекте; характеристика силового и осветительного электрооборудования; характеристика защитного заземления электроустановок; характер и свойства сред производственных помещений и т.п. Затем, согласно угловому штампу и другим надписям на схемах и чертежах, подбирают поэтажные планы, разрезы расположения силового и осветительного электрооборудования, расчетные схемы электрических сетей и оборудования. Подбор чертежей может быть облегчен, так как обычно на одном из листов (чаще всего на плане первого этажа или нулевой отметке) делается экспликация и приводятся номера всех чертежей, входящих в состав данного проекта. Перечень чертежей электротехнической части проекта может быть указан и в таблице пояснительной записки к проекту.

Далее устанавливают места расположения (например, по плану первого или второго этажа) источников питания (подстанции, магистральной сети); вводов всех питающих кабельных и воздушных линий; выясняют, с какими распределительными щитами связана каждая линия. Выявив главные силовые шкафы (пункты), определяют вторичные распределительные (групповые) щитки или пункты. Затем приступают к рассмотрению электрических сетей отдельных распределительных щитов (пунктов) и присоединенных к ним электроприемников. Одновременно

анализируют элементы защитного заземления электроустановок (заземлители, заземляющие проводники и т.п.), а также устройства защиты (автоматические выключатели, предохранители, устройства защитного отключения) питающих, распределительных и групповых сетей.

Если требуется более подробное ознакомление с аппаратами управления и защиты электродвигателей, обращаются к расчетно-монтажной таблице (схеме). Данные о проводах и кабелях в питающих и распределительных групповых сетях уточняются либо при помощи плана сети, либо при помощи расчетно-монтажной схемы, или по кабельному журналу. Такова примерная методика чтения электротехнических схем и чертежей.

1.4. Методика чтения схем и чертежей устройств молниезащиты и защиты от СЭ

Перед рассмотрением схем и чертежей устройств молниезащиты и защиты от статического электричества зданий и сооружений знакомятся с содержанием пояснительной записки к электротехнической части проекта, так как сведения по данным устройствам приведены, как правило, в этой части. В отдельных случаях может быть самостоятельная часть пояснительной записки только по молниезащите и защите от статического электричества. В пояснительной записке обычно приведены сведения характеризующие: категорию здания или сооружения по устройству молниезащиты; среднегодовую грозовую деятельность в часах; ожидаемое число поражений в год зданий и сооружений и тип зоны защиты; молниезащитные устройства от прямых ударов молнии (молниеотводы: молниеприемники, токоотводы и заземлители); молниезащитные устройства от вторичных воздействий молнии; молниезащитные устройства от заноса высокого потенциала. Касательно защиты от статического электричества в пояснительной записке указывается информация о видах защиты (защитное заземление, экранирующие устройства, устройства защиты от импульсных перенапряжений и т.д.), применяемых на рассматриваемом объекте. Чаще всего технические особенности защиты от статического электричества отражены в чертежах и схемах молниезащиты и заземления объекта.

Далее по угловому штампу и другим надписям на схемах и чертежах, подбирают планы и фасады с расположением молниеотводов и изображением их зоны защиты и ее разрезов. На отдельных видах обычно изображаются схемы подключения частей оборудования и технических установок к контуру заземления или схемы подключения специальных устройств для защиты от статического электричества. Подбор чертежей может быть облегчен, так как обычно в специальной таблице

пояснительной записке даны наименования чертежей, номера листов, страниц и чертежи альбома.

Далее устанавливают: места расположения молниеотводов и их типы; места расположения заземлителей и заземлителей молниеотводов; их конструктивные особенности и основные параметры; типы и параметры токоотводов; выясняют, учитывались ли зоны взрывоопасности около устройств по выбросу горючих паров и газов (газоотводные и дыхательные трубы, дыхательные и предохранительные клапаны технологического оборудования); определяют характеристику кровли защищаемого здания; конструктивные особенности металлических наружных взрывоопасных установок (резервуары, газгольдеры, очистные сооружения) и т.д. Одновременно анализируют отдельные узлы и элементы молниезащитных устройств, элементы зданий и сооружений, принятых в качестве молниезащитных устройств и устройств обеспечивающих нейтрализацию зарядов статического электричества (кровли, арматуры железобетонных частей зданий, ферм, колонн, фундаментов и т.п.).

Иногда отдельные устройства принимаются в проектах по типовым нормам. В этом случае, для более подробного ознакомления с такими устройствами необходимо пользоваться типовыми проектами или нормами. Например, типовой проект «Молниезащита зданий и сооружений промышленных предприятий (рекомендуемые технические решения и конструкции устройств молниезащиты)», шифр А60 (Тяжпромэлектропроект); типовой проект «Молниеотводы металлические», шифр А105 (Тяжпромэлектропроект); материалы для проектирования и рабочие чертежи «Защитное заземление и зануление электрооборудования», шифр А10-93 (Тяжпромэлектропроект); материалы для проектирования и рабочие чертежи «Типовые решения по выполнению заземления для электроустановок», шифр А01-08 (ООО "Элмашпром") и др. Такова примерная методика чтения схем и чертежей устройств молниезащиты и защиты от статического электричества.

ГЛАВА 2.

Пожарно-техническая экспертиза электроустановок, устройств защиты от СЭ и молниезащиты.

Виды, методы и принципы проведения пожарно-технической экспертизы

Цель пожарно-технической экспертизы – выявить нарушения требований пожарной безопасности, допущенные в проекте, и предложить решение по их устранению. Пожарно-техническая экспертиза может быть комплексной (если рассматриваются все части проекта – технологическая, строительная, электротехническая и др.); специализированной (когда рассматривается какая-то одна часть проекта); целевой (если рассматриваются какие-то частные вопросы). В зависимости от полноты рассмотрения проекта пожарно-техническая экспертиза может быть полной (если рассматриваются все элементы всех частей проекта) и выборочной (избирательной), когда рассматриваются какие-то отдельные элементы одной какой-то части проекта, вызывающие сомнения.

Основные этапы пожарно-технической экспертизы: подготовка, собственно экспертиза, оформление документов и разработка организационных решений по результатам экспертизы.

Основной метод пожарно-технической экспертизы – сопоставление имеющегося в проекте технического решения электроустановок и молниезащиты с требуемым по нормам, правилам и инструкциям. Сравнение проектного решения с требуемым по нормам, нашедшее числовое выражение, может быть названо условием безопасности. Например, условие безопасности и надежности защиты предохранителем или автоматом элементов электроустановки от токов перегрузки или короткого замыкания может быть выражено неравенством $\tau_{откл} \leq \tau_{нагр}$. Правильность выбора сечений проводников сетей может быть определена путем сопоставления их сечений, предусмотренных проектом, с сечением, предусмотренными нормами: $S_{\phi} \geq S_{тр}$. Правильность выбора необходимой высоты молниеотвода может быть определена путем сравнения этого показателя, предусмотренного проектом, с высотой, определяемой по расчету, т.е. нормам $h_{\phi} \geq h_{тр}$ и т.д. Сопоставление технических решений проекта с техническими решениями, предусмотренными нормами, ведется при соблюдении принципов последовательности, автономности и раздельности.

Под последовательностью пожарно-технической экспертизы понимают необходимость того, чтобы каждый предшествующий ее этап являлся подготовкой для последующего.

Так, пожарно-техническая экспертиза электротехнической части проекта немыслима без предварительного изучения технологического процесса данного производства, пожароопасных свойств веществ, участвующих в данном технологическом процессе и т.п. Пожарно-техническая экспертиза молниезащиты требует предварительного уточнения: класса объекта (обычные или специальные), данных по интенсивности среднегрозовой деятельности в районе расположения; минимально допустимого уровня надежности защиты от прямых ударов молнии и т.д.

Под автономностью пожарно-технической экспертизы понимается необходимость учитывать всю специфику ее проведения в условиях, когда, например, под одной «крышей» собрано много разных по назначению технологических процессов. Допустим, в одном здании размещены предприятия, имеющие разные электроустановки или требующие разной категории молниезащитные устройства.

Принцип отдельности пожарно-технической экспертизы предполагает «расчленение» рассматриваемой части проекта (например, электротехнической части) на элементы, которые дальше не делятся. Допустим, силовое электрооборудование можно расчленить на сеть, электродвигатели, аппараты управления и т.д. Защитное заземление – на заземляющие или зануляющие проводники и заземлители. Молниезащитные устройства можно разделить на устройства от прямых ударов молнии и вторичных ее воздействий.

По результатам пожарно-технической экспертизы любой части проекта и всего проекта в целом оформляют следующие документы: письмо в проектную организацию или предписание госпожнадзора, в которых предусматривается устранение выявленных нарушений и отступлений от норм проектирования: ГОСТ, ПУЭ, СНиП, ТУ и ведомственные нормативы. Рекомендации, разрабатываемые по результатам пожарно-технической экспертизы, должны предлагать такие технические решения по устранению нарушений требований пожарной безопасности, которые были бы на уровне современных достижений науки и техники, экономически целесообразны и обоснованы.

Пожарно-техническая экспертиза может проводиться в порядке осуществления функций ГПН, при рассмотрении отдельных проектов в проектных и строительных организациях и у заказчика. В этом случае эксперт должен руководствоваться положениями и наставлениями по ГПН,

в которых область экспертизы и объем вопросов могут быть ограниченными.

Так, например: а) рассмотрение проектов электрических распределительных устройств и электрических подстанций органами ГПН производится только в части соответствия противопожарных разрывов нормам проектирования, соблюдения нормативных требований, предъявляемых к встроенным и пристроенным электроподстанциям и распределительным устройствам, а также в части их противопожарной защиты; б) принципиальные схемы электрических сетей предприятий и учреждений в целом органы ГПН не рассматривают. Проекты внутренних электросетей рассматривают в части соответствия типов и марок проводов (способы их прокладки) электродвигателей, светильников, аппаратов, распределительных щитов классу пожаровзрывоопасности зоны, характеру и свойствам окружающей среды, определяемым проектной организацией.

Пожарно-техническая экспертиза может проводиться по требованию судебных органов. В этом случае эксперт может и должен давать заключение по любым вопросам, поставленным на экспертизу. При составлении заключения по результатам пожарно-технической экспертизы необходимо учитывать следующее: 1) предлагаемые мероприятия следует излагать кратко, четко с обоснованиями требований норм проектирования, а их изложение должно исключать неоднозначное толкование при выполнении; 2) в заключениях необходимо указывать требования по выполнению норм проектирования, а не способ их выполнения; 3) противопожарные мероприятия, предусмотренные нормами проектирования, излагаются с использованием слов «должно быть», «необходимо» и «следует»; 4) противопожарные мероприятия, не предусмотренные нормами проектирования, излагаются с использованием слов «рекомендуется», «целесообразно».

2.1. Экспертиза соответствия электроустановок нормам

2.1.1. Термины и определения

Ex-оборудование (взрывозащищенное электрооборудование или электротехническое устройство): электрооборудование, конструкцией которого исключена возможность воспламенения окружающей взрывоопасной среды в указанных условиях.

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

Максимальная температура поверхности: наибольшая температура, до которой в процессе эксплуатации при наиболее неблагоприятных условиях (но в пределах регламентированных отклонений) нагревается любая часть или поверхность электрооборудования, 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 зона: часть замкнутого или открытого пространства, в котором присутствует или может образоваться взрывоопасная среда в объеме, требующем специальных мер защиты при конструировании, изготовлении, монтаже и эксплуатации оборудования.

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: смесь с воздухом при атмосферных условиях горючих веществ в виде пыли, волокон или летучих частиц, в которой после воспламенения происходит самоподдерживающееся распространение пламени.

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 (электропроводящую и/или неэлектропроводящую), так и горючие летучие частицы.

Горючая пыль: твердые частицы, номинальным размером 500 мкм или менее, которые могут быть в воздухе во взвешенном состоянии, оседать в среде под своим собственным весом, гореть или тлеть в воздухе и образовывать взрывоопасные смеси с воздухом при атмосферном давлении и нормальной температуре

Электропроводящая пыль: горючая пыль с электрическим сопротивлением, равным или менее 10^3 Ом·м.

Неэлектропроводящая пыль: горючая пыль с электрическим сопротивлением выше 10^3 Ом·м.

Температура самовоспламенения взрывоопасной газовой среды: наименьшая температура (нагретой поверхности), при которой происходит самовоспламенение горючего газа или пара в смеси с воздухом или инертным газом при указанных испытательных условиях.

Температура самовоспламенения слоя пыли: наименьшая температура горячей поверхности, при которой происходит самовоспламенение слоя пыли заданной толщины на этой горячей поверхности.

Температура воспламенения облака пыли: наименьшая температура горячей внутренней стенки печи (реакционной камеры), при которой происходит самовоспламенение облака пыли в содержащемся внутри воздухе.

Пожароопасная зона: пространство внутри и вне помещений, в пределах которого постоянно или периодически имеются (обращаются) горючие (сгораемые) вещества и в котором они могут находиться при нормальном технологическом процессе или при его нарушениях.

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.

2.1.2. Нормативная оценка классов взрыво- и пожароопасных зон и их размеров

Многообразие технологических процессов производств, а также различные режимы работы технологического оборудования, установленного внутри и вне зданий, создают различные условия взрывопожароопасности в производственных помещениях и наружных установках. В связи с этим для практического решения вопроса выбора электрооборудования для взрыво- и пожароопасных зон необходимо рассмотреть существующие нормативные документы, регламентирующие порядок оценки и выбора этих зон.

Порядок оценки и выбора пожароопасных зон осуществляются в соответствии с требованиями Федерального закона (ФЗ) [1] и Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) [12], в которых указано, что пожароопасные зоны подразделяются на четыре класса:

П-I – зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки 61°C и более;

П-II – зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыли или волокна;

П-IIa – зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 мегаджоуля на квадратный метр;

П-III – зоны, расположенные вне зданий, сооружений, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки 61°C и более или любые твердые горючие вещества.

Следует отметить, что в международных стандартах деление пространства помещения на пожароопасные зоны отсутствует.

Порядок оценки и выбора взрывоопасных зон осуществляется сразу по трем нормативным документам.

1. Для объектов, введенных в эксплуатацию до вступления в силу №123-ФЗ [1], взрывоопасные зоны оцениваются по ПУЭ [12] и делятся на следующие классы:

В-I – зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие газы (ГГ) или пары легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) в таком количестве и с такими свойствами, что они могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы, например при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, хранения или переливании ЛВЖ, находящихся в открытых емкостях, и т.п.;

В-Ia – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси ГГ (независимо от нижнего концентрационного предела воспламенения) или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей;

В-Iб – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси ГГ или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей и которые отличаются одной из следующих особенностей, указанных в п.7.3.42 ПУЭ [12];

В-Iг – пространства у наружных установок: технологических установок, содержащих ГГ или ЛВЖ (за исключением наружных

аммиачных компрессорных установок); надземных и подземных резервуаров с ЛВЖ или горючими газами (газгольдеры); эстакад для слива и налива ЛВЖ; открытых нефтеловушек; прудов-отстойников с плавающей нефтяной пленкой и т.п., а также пространства у проемов за наружными ограждающими конструкциями помещений со взрывоопасными зонами классов В-I, В-Ia и В-II (исключение - проемы окон с заполнением стеклоблоками); пространства у наружных ограждающих конструкций, если на них расположены устройства для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции помещений со взрывоопасными зонами любого класса или если они находятся в пределах наружной взрывоопасной зоны; пространства у предохранительных и дыхательных клапанов емкостей и технологических аппаратов с ГГ и ЛВЖ. Размеры зоны класса В-Ig выбираются согласно п. 7.3.44 ПУЭ [12];

В-II – зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна в таком количестве и с такими свойствами, что они способны образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы (например, при загрузке и разгрузке технологических аппаратов);

В-IIa – зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна в таком количестве и с такими свойствами, что они способны образовать с воздухом взрывоопасные смеси только в результате аварий или неисправностей.

Выбор классов зон по ПУЭ [12] зависит только от типа горючего вещества (ГГ, ЛВЖ, горючие пыли или волокна), режима работы технологического оборудования (нормальный или аварийный) и от места образования взрывоопасной смеси (внутри или снаружи помещения).

2. Для объектов иностранных государств, действующих на территории РФ, взрывоопасные зоны оцениваются по международным стандартам ГОСТ IEC 60079-10 [13,14] и делятся на следующие классы:

0 – зона, в которой взрывоопасная газовая среда (смесь с воздухом горючих веществ в виде газа, пара или тумана) присутствует постоянно или в течение длительных периодов времени или часто (т.е. зона может присутствовать только в пределах корпусов технологического оборудования);

1 – зона, в которой существует вероятность образования взрывоопасной газовой среды (смеси с воздухом горючих веществ в виде газа, пара или тумана) в нормальных условиях эксплуатации (т.е. когда установка работает согласно расчетным параметрам);

2 – зона, в которой вероятность образования взрывоопасной газовой среды (смеси с воздухом горючих веществ в виде газа, пара или тумана) в

нормальных условиях эксплуатации маловероятна, а если она возникает, то существует непродолжительное время;

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

21 – зона, в которой время от времени вероятно появление взрывоопасной пылевой среды в виде облака горючей пыли в воздухе при нормальном режиме эксплуатации;

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

В отличие от классификации зон по ПУЭ [12] в стандартах Международной Электротехнической Комиссии (*IEC*) [13,14] разделение взрывоопасных зон на классы осуществляется по временному критерию и зависит от частоты и длительности присутствия взрывоопасной смеси и не зависит от места ее образования. Поэтому одна и та же зона может образовываться как внутри помещения, так и за его пределами.

Время присутствия взрывоопасной среды имеет размытые границы в виде слов «постоянно», «длительные периоды времени» и «непродолжительное время», что не позволяет установить четкие границы между классами зон.

По рекомендуемой Американским институтом нефти практике (*API RP 505*) [15] время присутствия взрывоопасных зон 0, 1 и 2 имеет более конкретные значения:

- **класс зоны 0** – пространство, в котором взрывоопасная газовая среда может присутствовать **1000 ч/год и более**;
- **класс зоны 1** – пространство, в котором взрывоопасная газовая среда может присутствовать **от 10 до 1000 ч/год**;
- **класс зоны 2** – пространство, в котором взрывоопасная газовая среда может присутствовать **от 1 до 10 ч/год**.

Многие специалисты считают, что разделение зон по предлагаемому в *API RP 505* способу не всегда удобно для применения в проектной практике.

Помимо времени присутствия взрывоопасной среды большое влияние на выбор класса зоны оказывает частота, степень и интенсивность утечки горючего вещества, а также уровень вентиляции.

Стандарты [13,14] позволяют оценить только гипотетический объем взрывоопасной смеси, образовавшейся в результате появления источника утечки, а не конкретные размеры взрывоопасной зоны.

3. Для объектов, введенных в эксплуатацию после вступления в силу ФЗ [1], выбор взрывоопасных зон осуществляется с учетом требований ФЗ [1], а проблема совместимости классов зон по ПУЭ [12] и серии ГОСТ IEC 60079-10 [13,14] решена простым объединением определений классов зон. Обозначения классов зон взяты из международных стандартов, а их определения в основном из ПУЭ, т.е.:

0-й класс – зоны, в которых взрывоопасная смесь газов или паров жидкостей с воздухом присутствует постоянно или хотя бы в течение одного часа¹;

1-й класс – зоны, в которых при нормальном режиме работы оборудования выделяются горючие газы или пары легко воспламеняющихся жидкостей, образующие с воздухом взрывоопасные смеси;

2-й класс – зоны, в которых при нормальном режиме работы оборудования не образуются взрывоопасные смеси газов или паров жидкостей с воздухом, но возможно образование такой взрывоопасной смеси газов или паров жидкостей с воздухом только в результате аварии или повреждения технологического оборудования;

20-й класс – зоны, в которых взрывоопасные смеси горючей пыли с воздухом имеют нижний концентрационный предел воспламенения менее 65 г/м^3 и присутствуют постоянно;

21-й класс – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы оборудования выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна, способные образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при концентрации 65 г/м^3 и менее²;

22-й класс – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы оборудования не образуются взрывоопасные смеси горючих пылей или волокон с воздухом при концентрации 65 г/м^3 и менее, но возможно образование такой взрывоопасной смеси горючих пылей или волокон с воздухом только в результате аварии или повреждения технологического оборудования.

Таким образом, этот способ формально позволяет решить вопрос нормативной оценки и выбора взрывоопасных зон.

Примечания.

¹ Время присутствия взрывоопасной смеси в течение часа принято условно и не имеет научного обоснования, поэтому не следует руководствоваться этим параметром на практике при оценке класса зоны 0.

² Действующий в ФЗ [1] критерий 65 г/м^3 не применяется в международных стандартах, т.к. в европейских странах нет деления зон на взрывоопасные и пожароопасные. Поэтому все смеси горючих пылей или волокон с воздухом являются опасными.

На заседании Технического комитета 403 по стандартизации «Оборудование для взрывоопасных сред (Ex-оборудование)» в июне 2011 года были приняты следующие решения по условному сопоставлению классов зон по разным нормативным документам:

- Зоны класса В-Iа и В-Iб не могут приравниваться к зоне класса 2, так как сама возможность возникновения аварии с юридической стороны не определена как величина частоты возникновения и длительности присутствия взрывоопасной смеси;
- Зона класса В-Iг должна приравниваться к зоне 1, т.к. зона В-Iг частично перекрывает зону 1 (см. рис. 2.1).

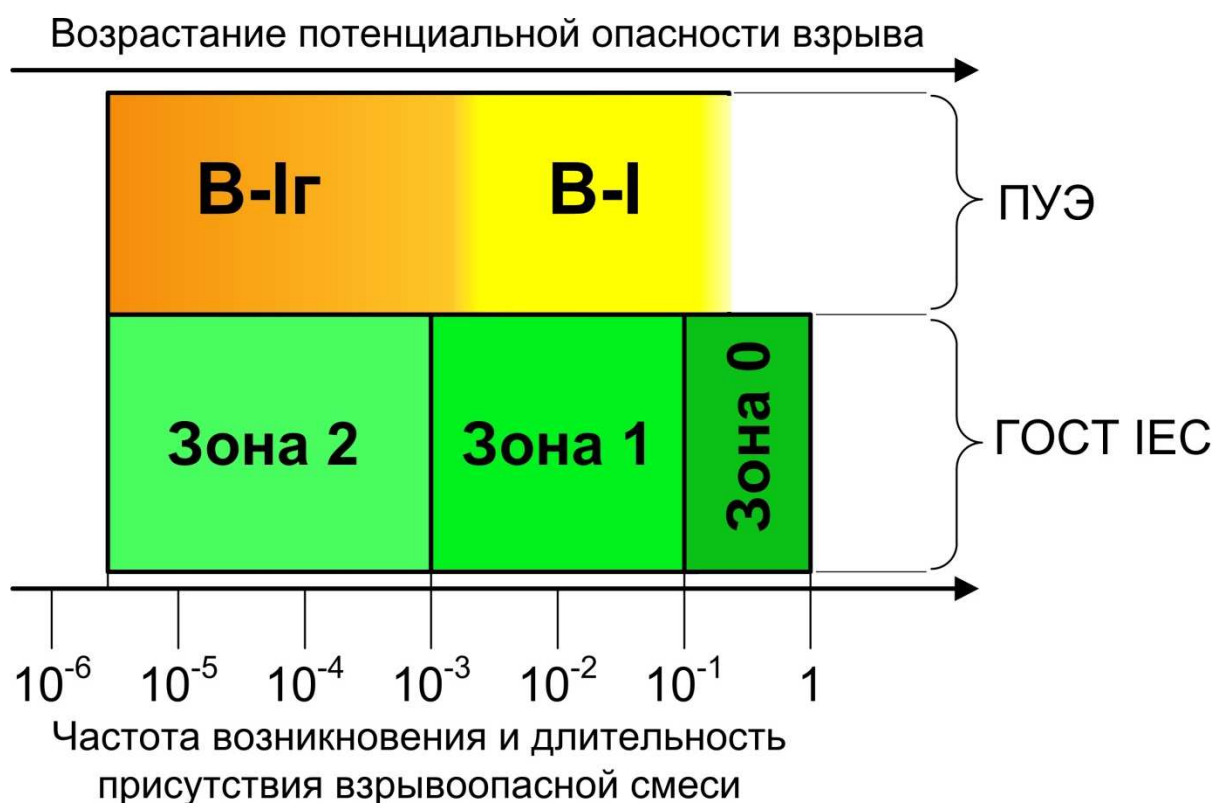


Рис. 2.1. Условное сопоставление классов взрывоопасных зон по национальным и зарубежным нормативным документам

При нормативной оценке размеров взрывоопасных и пожароопасных зон в помещениях необходимо учитывать:

1) взрывоопасные зоны 0 и 20 могут иметь место только в пределах корпусов технологического оборудования и трубопроводов, которые нельзя изолировать от проникновения в них воздуха;

2) взрывоопасная зона занимает весь объем помещения, если объем взрывоопасной газовой смеси, превышает 5 % свободного объема помещения;

3) взрывоопасной считается зона в помещении в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от технологического аппарата, из которого возможно выделение горючих газов и паров ЛВЖ, если объем взрывоопасной смеси равен или менее 5 % свободного объема помещения.

Указанные выше размеры зоны допускается принимать от открытых проемов окрасочных и сушильных камер на окрасочных производствах согласно ГОСТ 30852.9 [16] (прил. Г).

Для производств использующих тяжелые газы и пары допускается отсчитывать высоту зоны от пола помещения и принимать равной $A+1$ м, где A – расстояние от пола до уровня источника выброса горючего вещества. Для производств использующих легкие газы высота отсчитывается от потолка помещения и принимается равной 1 м.

При наличии исходных данных радиус и высота взрывоопасной зоны, рассчитывается согласно ГОСТ Р 12.3.047 [17] (прил. Б);

4) для отдельных технологических установок вокруг источника утечки часто образуется двухклассовая зона, переходящая из одного класса зоны (например, 1 класс), находящегося ближе к месту утечки, в другой класс зоны (например, 2), следующий непосредственно за предыдущим классом зоны (см. прил. С [13]);

5) пространство ограниченное радиусом 1 м вокруг источника утечки обычно является достаточным при рассмотрении протяженности зоны класса 21;

б) пространство ограниченное радиусом 3 м вокруг источника утечки за пределами зоны 21 обычно является достаточным при рассмотрении протяженности зоны класса 22;

5) пространство за пределами ограниченных взрывоопасных зон считается невзрывоопасным, если нет других факторов, создающих в нем взрывоопасность;

б) классы и размеры взрывоопасных зон для наружных взрывоопасных установок должны приниматься в соответствии с отраслевыми нормами технологического проектирования, учитывающими особенности технологических процессов и опыт эксплуатации соответствующих действующих взрывоопасных установок;

7) класс взрывоопасной или пожароопасной зоны должен определяться технологами совместно с электриками проектной или эксплуатирующей организации.

8) классы взрывоопасных или пожароопасных зон должны содержаться в нормах технологического проектирования или в отраслевых перечнях производств по взрывопожароопасности.

Принципы классификации взрывоопасных зон в помещениях приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1.

Горючие вещества	Объемы взрывоопасной смеси	Класс взрывоопасной зоны	Размеры взрывоопасной зоны
Взрывоопасные установки в помещениях			
Горючие газы, ЛВЖ	Более 5 % свободного объема помещения	1, 2	Весь объем помещения
	Равно или менее 5 % свободного объема помещения		Часть объема помещения (5 м по горизонтали и вертикали от источника утечки)
Горючие пыли, волокна	Независимо от объема взрывоопасной смеси	21, 22	Не нормированы
Наружные взрывоопасные установки			
Горючие газы, ЛВЖ	-	1, 2	Согласно п. 7.3.44 [12]

Примечания. В отдельных отраслях промышленности, например, в нефтяной и газовой [18], могут быть специфические оценки классов взрывоопасных зонах, отличающиеся от типового подхода, изложенного в табл. 2.1, например:

1) к зоне 0 относятся:

а) закрытые помещения, в которых установлены открытые технические устройства, аппараты, емкости или имеются выходы для паров нефти и горючих газов, а также каналы, шахты, где возможны выход и накопление паров нефти или горючего газа, огороженные подроторные пространства буровых установок;

б) открытые пространства радиусом 1,5 м вокруг открытых технических устройств, содержащих нефть, буровой раствор, обработанный нефтью, нефтяные газы или другие легковоспламеняющиеся вещества вокруг устья скважины, а также вокруг окончания труб, отводящих попутные или другие горючие газы;

в) пространство внутри открытых и закрытых технологических устройств и емкостей, содержащих нефть, буровой раствор, обработанный нефтью, нефтяные газы или другие легковоспламеняющиеся вещества;

г) закрытые помещения для хранения шлангов для перекачки ЛВЖ.

2) к зоне 1 относятся:

а) закрытые помещения, в которых установлены закрытые технологические устройства, оборудование, аппараты, узлы регулирующих, контролирующих, отключающих устройств, содержащих нефть, буровой раствор, обработанный нефтью, горючие газы, где образование взрывоопасных смесей возможно только в случае поломки или неисправности оборудования. Закрытые помещения насосных сточных вод.

б) открытые пространства, радиусом 1,5 м от зоны 0 и т.д. (см. прил. 3, рис. 1 ÷ 9 [18]).

2.1.3. Аналитическая оценка классов взрыво- и пожароопасных зон и их размеров

Аналитическая оценка классов взрывоопасных зон включает в себя количественную оценку массы горючих веществ, поступивших в окружающее пространство в результате возникновения взрывопожароопасной ситуации, и последующую оценку геометрических размеров или объема взрывоопасных зон ограниченных НКПР пламени газов и паров жидкостей.

При оценке классов зон в помещении по результатам расчета объема взрывоопасной смеси проводится сравнение полученного объема со свободным объемом помещения согласно табл. 2.1. Для наружных установок расчет объема взрывоопасной смеси необходим для определения размеров зон с целью установления границ взрывоопасной зоны и последующего выбора безопасного электрооборудования.

Радиус и высота взрывоопасной зоны при неподвижной воздушной среде определяется согласно ГОСТ [17] по формулам:

а) для ГГ:

$$R_{\text{НКПР}} = 7,8 \cdot \left(\frac{m_{\text{Г}}}{\rho_{\text{Г}} \cdot C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,33}, \quad (2.1)$$

$$Z_{\text{НКПР}} = 0,26 \cdot \left(\frac{m_{\text{Г}}}{\rho_{\text{Г}} \cdot C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,33}. \quad (2.2)$$

б) для паров ЛВЖ:

$$R_{\text{НКПР}} = 7,8 \cdot \left(\frac{m_{\text{П}}}{\rho_{\text{П}} \cdot C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,33}, \quad (2.3)$$

$$Z_{\text{НКПР}} = 0,26 \cdot \left(\frac{m_{\text{П}}}{\rho_{\text{П}} \cdot C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,33}, \quad (2.4)$$

где $m_{\text{Г}}$ – масса ГГ, поступившего в открытое пространство при пожароопасной ситуации, кг (см. п. А.1.2, А.2.5, А.2.6 прил. А [17]);

$\rho_{\text{Г}}$ – плотность ГГ при расчетной температуре и атмосферном давлении, кг/м³;

$m_{\text{П}}$ – масса паров ЛВЖ, поступивших в открытое пространство за время испарения, но не более 3600 с, кг (см. п. А.1.2, А.2.5, А.2.7 прил. А [17]);

$\rho_{\text{П}}$ – плотность паров ЛВЖ при расчетной температуре, кг/м³;

$C_{\text{НКПР}}$ – нижний концентрационный предел распространения пламени ГГ или паров, % об.

За начало отсчета $R_{\text{НКПР}}$ принимают геометрический центр пролива, а в случае, если $R_{\text{НКПР}}$ меньше габаритных размеров пролива, - внешние габаритные размеры пролива. Во всех случаях значение $R_{\text{НКПР}}$ должно быть не менее 0,3 м для ГГ и ЛВЖ.

При необходимости может быть учтено влияние различных метеорологических условий на размеры взрывоопасных зон.

Примечание. Формулы 2.1-2.4 также представлены в методике определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах [19].

При расчете размеров взрывоопасных зон в помещении допускается учитывать работу аварийной вентиляции, если она обеспечена резервными вентиляторами с автоматическим пуском при превышении предельно допустимой взрывобезопасной концентрации, а также постоянно работающую общеобменную вентиляцию, обеспечивающую концентрацию ГГ и паров в помещении, не превышающую предельно допустимую взрывобезопасную концентрацию, рассчитанную для аварийной вентиляции. Указанная общеобменная вентиляция должна быть оборудована резервными вентиляторами, включающимися автоматически при остановке основных. Электроснабжение указанной вентиляции должно осуществляться не ниже чем по первой категории надежности согласно [20].

При этом масса ГГ или паров ЛВЖ определяется по формуле:

$$m = \frac{m_{\text{Г,П}}}{A \cdot T + 1}, \quad (2.5)$$

где A – кратность воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией, с^{-1} ;
 T – продолжительность поступления ГГ и паров ЛВЖ в объем помещения, с.

Объем взрывоопасной зоны вычисляется исходя из того что, зона будет представлять собой цилиндр с основанием радиусом $R_{\text{НКПР}}$ и высотой $Z_{\text{НКПР}}$, т.е.:

$$V = \pi \cdot R_{\text{НКПР}}^2 \cdot Z_{\text{НКПР}}. \quad (2.6)$$

Свободный объем помещения $V_{\text{СВ}}$ определяется как разность между объемом помещения и объемом, занимаемым технологическим оборудованием. Если $V_{\text{ПОМ}}$ определить невозможно, то его допускается принимать условно, равным 80% геометрического объема помещения $V_{\text{ПОМ}}$, т.е.:

$$V_{\text{СВ}} = 0,8 \cdot V_{\text{ПОМ}}. \quad (2.7)$$

В международном стандарте [13] представлен метод оценки гипотетического объема V_Z взрывоопасной зоны (исключая аварийную ситуацию). В данном нормативном документе под величиной V_Z понимается объем, за пределами которого средняя концентрация взрывоопасной смеси газа или пара составляет менее 0,25 или 0,5 от НКПР в зависимости от значения коэффициента безопасности k . Это означает, что для самых худших случаев оценки V_Z концентрация газа или пара будет значительно ниже НКПР, то есть в реальности объем взрывоопасной смеси, в котором концентрация выше НКПР, будет значительно меньше V_Z .

Коэффициент k выбирается в зависимости от степени утечки горючего вещества. При непрерывной утечке и первой степени утечки $k = 0,25$, а при второй степени утечки $k = 0,5$.

Для закрытых помещений V_Z считается по формуле:

$$V_Z = f \cdot V_k = \frac{f \cdot (dV / dt)_{min}}{C}, \quad (2.8)$$

где f – коэффициент эффективности рассеивания взрывоопасной смеси, находится в пределах от 1 (идеальная ситуация при мгновенном перемешивании ГГ или паров ЛВЖ и свежего воздуха при однородной смеси) до 5 (если имеется препятствие воздушному потоку);

$V_k = \frac{(dV / dt)_{min}}{C}$ – отношение между минимальным объемным расходом свежего воздуха $(dV/dt)_{min}$ ($\text{м}^3/\text{с}$) и фактической кратностью воздухообмена C (с^{-1}).

Минимальный объемный расход свежего воздуха $(dV/dt)_{min}$ определяется по формуле:

$$(dV / dt)_{min} = \frac{(dG / dt)_{max}}{k \cdot \text{НКПР}_B} \cdot \frac{T}{293}, \quad (2.9)$$

где $(dG / dt)_{max}$ – максимальная интенсивность утечки горючего вещества в источнике, $\text{кг}/\text{с}$;

T – температура окружающей среды, К ;

НКПР_B – концентрация, соответствующая НКПР (весовая концентрация), $\text{кг}/\text{м}^3$.

Кратность воздухообмена C рассчитывается по формуле:

$$C = \frac{dV_0 / dt}{V_0}, \quad (2.10)$$

где dV_0 / dt – расход свежего воздуха, $\text{м}^3/\text{с}$;

V_0 – общий вентилируемый объем помещения, который обычно принимается равным геометрическим размерам помещения.

Для открытых пространств V_Z считается по формуле:

$$V_Z = \frac{f \cdot (dV / dt)_{min}}{0,03}, \quad (2.11)$$

где 0,03 – кратность воздухообмена в секунду при скорости ветра около 0,5 м/с.

На основании полученных значений V_Z и V_0 определяется уровень вентиляции (высокий, средний или низкий), который позволяет установить класс взрывоопасной зоны с учетом степени утечки горючего вещества и степени готовности вентиляции (см. табл. 2.2).

Степень утечки горючего вещества определяется по прил. А [13].

Готовность вентиляции определяется по прил. В [13].

Месту образования взрывоопасной зоны присваивают низкий уровень вентиляции (ВН), если значение $V_Z > V_0$. Необходимо иметь в виду, что уровень ВН редко встречается на открытых пространствах за исключением мест препятствующих воздушному потоку, например в ямах или дренажных каналах.

Средний уровень вентиляции (ВС) принимается в случае, когда $V_Z \leq V_0$. При этом допускается считать взрывоопасной только часть закрытой зоны, если значение V_Z меньше объема закрытой зоны.

Высокий уровень вентиляции (ВВ) принимается в случае, если значение V_Z ничтожно мало, т.е. $V_Z < 0,1 \text{ м}^3$.

Гипотетический объем V_Z не позволяет определить размеры взрывоопасной зоны, так как размеры зоны зависят от условий вентиляции и расположения источника утечки относительно устройств вентиляции. Кроме того, во многих ситуациях (например, на открытом воздухе) необходимо учитывать возможность изменения направлений вентиляции (ветра) и относительную плотность газа или пара. Поэтому, образуемая источником утечки взрывоопасная зона может распространяться на расстояние в несколько раз большее, чем это может быть получено из расчета по значению гипотетического объема V_Z .

Для оценки размеров зон по ГОСТ IEC [13] необходимо пользоваться отраслевыми нормами и рекомендациями для взрывоопасных производств или использовать компьютерное моделирование.

Таблица 2.2

Взаимосвязь уровня вентиляции и класса взрывоопасной зоны

Степень утечки	Уровень вентиляции						
	ВВ			ВС			ВН
	при готовности						
	хорошей	средней	плохой	хорошей	средней	плохой	хорошей, средней или плохой
Постоянная (непрерывная)	Зона класса 0 ПМ	Зона класса 0 ПМ	Зона класса 0 ПМ	Зона класса 0	Зона класса 0 +	Зона класса 0 +	Зона класса 0
	Взрыво- безопасная ^{a)}	Зона класса 2 ^{a)}	Зона класса 1 ^{a)}		Зона класса 2	Зона класса 1	
Первая	Зона класса 1 ПМ	Зона класса 1 ПМ	Зона класса 1 ПМ	Зона класса 1	Зона класса 1 +	Зона класса 1 +	Зона класса 1 или 0 ^{c)}
	Взрыво- безопасная ^{a)}	Зона класса 2 ^{a)}	Зона класса 2 ^{a)}		Зона класса 2	Зона класса 2	
Вторая ^{b)}	Зона класса 2 ПМ	Зона класса 2 ПМ	Зона класса 2	Зона класса 2	Зона класса 2	Зона класса 2	Зона класса 1
	Взрыво- безопасная ^{a)}	Взрыво- безопасная ^{a)}					возможно зона класса 0 ^{c)}

Примечания.

1. Знак «+» означает, что зона высокого класса (например, класса 0) окружена зоной более низкого класса.

2. Следует избегать ситуаций, когда закрытые участки, в которых находятся источники утечки второй степени, относят к зоне класса 0. Это касается небольших не продуваемых и не находящихся под давлением закрытых участков, например, панелей управления или оболочек для защиты прибора от атмосферных воздействий, теплоизолированных нагреваемых оболочек или закрытых пространств между трубами и оберткой из теплоизоляции.

В таких оболочках должны быть предусмотрены отверстия в соответствующих местах, которые обеспечат движение воздуха внутри оболочек. В тех случаях, когда это невозможно, нерационально или нежелательно, следует принять меры для выведения основных потенциальных источников утечки за пределы оболочки, например, соединения труб должны находиться с внешней стороны изоляции оболочек, также как и любое другое оборудование, которое можно рассматривать как потенциальный источник утечки.

3. Источники непрерывной утечки и утечки первой степени не должны находиться в зонах с низким уровнем вентиляции. Для этого следует переместить источник утечки, улучшить вентиляцию или снизить степень утечки.

^{a)} Символы 0 ПМ, 1 ПМ и 2 ПМ означают, что из-за наличия источника утечки зоны классов 0, 1 и 2 существуют, но они имеют пренебрежимо малые размеры.

^{b)} Зона класса 2, создаваемая источником утечки второй степени, может превышать зону для источника утечки первой степени или источника непрерывной утечки; в этом случае необходимо принять большее расстояние.

^{c)} Зону класса 0 принимают в случае, если вентиляция настолько слабая и утечка такова, что взрывоопасная смесь присутствует практически постоянно (то есть приближение к условиям отсутствия вентиляции).

Оценка классов зон взрывоопасных пылевых сред выполняется на основе сбора необходимых сведений, включающих в себя:

- данные о горючести пыли, ее влагосодержании, температуре самовоспламенения и других свойствах;
- информацию об особенностях технологического процесса и возможных мест скопления и утечки (выделения) пыли;
- оценку вероятности образования взрывоопасных пылевых сред от источников утечки.

По полученным данным устанавливается степень утечки (пылевыведения), согласно п. 5.3 ГОСТ ИЕС 60079-10-2 [14], в зависимости от условий, частоты и длительности присутствия взрывоопасной пыли как внутри, так и снаружи пылезащитной оболочки оборудования.

Далее по степени утечки для конкретного места пылевыведения устанавливается класс зоны (табл. 2.3).

Примеры распределения взрывоопасных зон пылевых сред для некоторых технологических процессов представлены в прил. А [14].

Таблица 2.3

Степень пылевыведения	Класс зоны
Постоянная утечка	20
Утечка первой степени	21
Утечка второй степени	22

2.1.4. Определение и обоснование категорий и групп взрывоопасных смесей

При решении задач пожарно-технической экспертизы электротехнической части проектов или при противопожарном обследовании объектов в настоящее время необходимо пользоваться стандартами на Ех-оборудование как старой, так и новой серии, а также ПУЭ [12,20].

В настоящее время в значительном количестве эксплуатируется разработанное по ПИВЭ [21] и ПИВРЭ [22] взрывозащищенное электрооборудование. Следовательно, чтобы сделать вывод о соответствии взрывозащищенного электрооборудования современным требованиям пожарной безопасности и ПУЭ, но изготовленного и маркированного по ПИВЭ и ПИВРЭ, необходимо знать перевод этой маркировки в маркировку по стандартам и ПУЭ. Для этих случаев необходимо пользоваться прил.1-3 ПУЭ [12], в которых указан порядок перевода маркировки взрывозащищенного электрооборудования по ПИВЭ и ПИВРЭ в маркировку по ПУЭ.

Ежегодно в различных отраслях промышленности увеличивается количество горючих веществ (горючих газов, паров и пыли). Разрабатывать и изготавливать Ех-оборудование применительно к каждому из этих веществ невозможно и экономически нецелесообразно. Все это обусловило необходимость группировки взрывоопасных смесей горючих веществ по классам опасности. Объединение газо- и паровоздушных смесей в классы опасности с общими взрывоопасными свойствами позволяет выделить представительную смесь, характерную для данного класса смесей. Испытанное на этой смеси Ех-оборудование считается безопасным и пригодным для использования в среде с любой смесью, относящейся к данному классу. Это дает возможность максимально унифицировать конструкцию Ех-оборудования и выработать общие принципы его маркировки.

Поэтому в стандартах [10, 23], ПУЭ [12] все взрывоопасные смеси газов и паров с воздухом принято разделять на категории и группы.

В основу классификации взрывоопасных смесей по категориям положено их свойство передавать (при определенных условиях) взрыв из

экспериментальной оболочки в окружающую среду через зазоры между плоскими фланцами (БЭМЗ).

Примечание. БЭМЗ – безопасный экспериментальный максимальный зазор между фланцами оболочки, через который не происходит передача взрыва из оболочки в окружающую среду (при любой концентрации горючих смесей в воздухе) [12]. Зазор считается максимальным и безопасным, если через соединение двух частей внутренней испытательной камеры с дорожкой длиной 25 мм, не происходит передача взрыва в смежную испытательную камеру, при проведении 10 испытаний в условиях, указанных в ГОСТ 31610.1.1 [25] согласно ГОСТ IEC 60079-1 [26].

В зависимости от величины БЭМЗ устанавливают категорию взрывоопасной смеси (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Категория взрывоопасной смеси газа или пара	Величина БЭМЗ, мм
I (Рудничный газ)	более 1,0
II (Промышленные газы и пары)	
IIA	от 0,9 до 1,0
IIB	более 0,5, но менее 0,9
IIC	до 0,5

Приведенные в табл. 2.4 величины зазоров служат только для установления категории взрывоопасной смеси и не являются основанием для контроля зазоров взрывонепроницаемого электрооборудования в условиях его эксплуатации. Для этого следует руководствоваться гл. 3.4 «Электроустановки во взрывоопасных зонах» ПТЭЭП [24] или пользоваться чертежами средств взрывозащиты такого электрооборудования.

Категория взрывоопасной смеси позволяет осуществить выбор подгруппы Ex-оборудования.

В основу классификации взрывоопасных смесей по группам положена температура самовоспламенения взрывоопасной смеси.

В зависимости от температуры самовоспламенения по ПУЭ [12] или ГОСТ Р МЭК 60079-20-1 [23] – шесть групп: T1, T2, T3, T4, T5, T6. Температуру самовоспламенения взрывоопасной смеси определяют на специальной установке [10, 23], а ее группу по табл. 2.5.

Таблица 2.5

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

Группа взрывоопасных смесей позволяет осуществить выбор температурного класса Ex-оборудования.

Примеры распределения взрывоопасных смесей веществ по категориям и группам [10,12] приводятся в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Категория смеси	Группа смеси	Вещества, образующие с воздухом взрывоопасную смесь
1	2	3
I	T1	Метан в подземных выработках
IIА	T1	Аммиак, аллил хлоридный, ацетон, ацетонитрил, бензол, бензотрифторид, винил хлористый, винилиден хлористый, 1,2-дихлорпропан, дихлорэтан, диэтиламин, дизопропиловый эфир, доменный газ, изобутилен, изобутан, изопропилбензол, кислота уксусная, ксилол, метан (промышленный)**, метилацетат, α -метилстирол, метил хлористый, метилизоцианат, метилхлорформиат метилциклопропилкетон, метилэтилкетон, окись углерода, пропан, пиридин, растворители Р-4, Р-5 и РС-1, разбавитель РЭ-1, сольвент нефтяной, стирол, спирт диацетоновый, толуол, трифторхлорпропан, трифторпропен, трифторэтан, трифторхлорэтилен, триэтиламин, хлорбензол, циклопентадиен, этан, этил хлористый
IIА	T2	Алкилбензол, амилацетат, ангидрид уксусный, ацетилацетон, ацетил хлористый, ацетопропилхлорид, бензин Б95/130, бутан, бутилацетат, бутилпропионат, винулацетат, винилиден фтористый, диатол, диизопропиламин, диметиламин, диметилформамид, изопентан, изопрен, изопропиламин, изооктан, кислота пропионовая, метиламин, метилизобутил кетон, мтеилметакрилат, метилмеркаптан, метилтрихлорсилан, 2-метилтиофен, метилфуран, моноизобутиламин, метилхлормтеилдихлорсилан, окись мезитила, пентадиен-1,3, пропиламин, пропилен. Растворители: № 646, 647, 648, 649, БЭФ и АЭ. Разбавители: РДВ, РКБ-1, РКБ-2. Спирты: бутиловый нормальный, бутиловый третичный, изоамиловый, изобутиловый, изопропиловый, метиловый, этиловый. Трифторпропилметилдихлорсилан, трифторэтилен, изобутил хлористый, этиламин, этилацетат, этилбутират, этилендиамин, этиленхлоргидрин, этилизобутират, этилбензол, циклогексанол, циклогексанон
	T3	Бензины: А-66, А-72, А-76, «галоша», Б-70, экстракционный по ТУ 38.101.303-72, экстракционный по МРТУ 12Н-20-63. Бутилметакрилат, гексан, гептан, динзобутиламин, дипропиламин, альдегид изовалериановый, изооктилен, камфен, керосин, морфолин, нефть, эфир петролейный, полиэфир ТГМ-3, пентан, растворитель № 651, скипидар, спирт амиловый, триметиламин, топливо Т-1 и ТС-1, уайт-спирит, циклогексан, циклогексиламин, этилдихлортиофосфат, этилмеркаптан

Окончание табл. 2.6

1	2	3
ПА	T4	Ацетальдегид, альдегид изомасляный, альдегид масляный, альдегид пропионовый, декан, тетраметилдиаминметан, 1,1,3-триэтоксибутан
	T5	-
	T6	-
ПВ	T1	Коксовый газ, синильная кислота
	T2	Дивинил, 4,4-диметилдиоксан, диметилдихлорсилан, диоксан, диэтилдихлорсилан, камфорное масло, кислотаакриловая, метилакрилат, метилвинилдихлорсилан, нитрил акриловой кислоты, нитроциклогексан, окись пропилена, окись 2-метилбутена-2, окись этилена, растворители АМР-3 и АКР, триметилхлорсилан, формальдегид, фуран, фурфурол, этилхлоргидрин, этилтрихлорсилан, этилен
	T3	-
	T4	Акролеин, винилтрихлорсилан, сероводород, тетрагидрофуран, тетраэтоксисилан, триэтоесисилан, топливо дизельное, формальгликоль, этилдихлорсилан, этилцеллозольв, дибутиловый эфир, диэтиловый эфир, диэтиловый эфир этиленгликоля
	T5	-
	T6	-
ПС	T1	Водород, водяной газ, светильный газ, смесь (водород 75% + азот 25%)
	T2	Ацетилен
	T3	Метилдихлорсилан, трихлорсилан
	T4	-
	T5	Сероуглерод
	T6	-

Более подробный список представлен в прил. В [23].

2.1.5. Определение и обоснование соответствия уровней, видов и маркировки взрывозащиты электрооборудования требованиям нормативных документов

При проведении пожарно-технической экспертизы необходимо установить, соответствует ли запроектированное Ех-оборудование требованиям нормативных документов. В Ех-оборудовании предусмотрены конструктивные и схемные решения по устранению или затруднению возможности воспламенения окружающей взрывоопасной среды. Для этих целей Ех-оборудование различается по уровням, видам, подгруппам и температурным классам.

Под термином «уровень взрывозащиты электрооборудования» понимается степень взрывозащиты, присваиваемая электрооборудованию,

в зависимости от опасности стать источником воспламенения и условий применения во взрывоопасных газовых, пылевоздушных средах, а также в шахтах, опасных по рудничному газу [3].

В проектно-эксплуатационной и конструкторской практике используется два варианта обозначений уровней взрывозащиты электрооборудования, представленные в таблице 2.7.

Таблица 2.7

Уровни взрывозащиты по ГОСТ Р МЭК 60079-0 [3]	Уровни взрывозащиты по ГОСТ 30852.0 [27] и ПУЭ [12]
Ma	PO (особо взрывобезопасный)
Mb	PB (взрывобезопасный)
Mc	PP (повышенной надежности против взрыва)
Ga	0 (особо взрывобезопасный)
Gb	1 (взрывобезопасный)
Gc	2 (повышенной надежности против взрыва)
Da	0 (особо взрывобезопасный)
Db	1 (взрывобезопасный)
Dc	2 (повышенной надежности против взрыва)

Виды взрывозащиты электрооборудования – специальные меры, предусмотренные в электрооборудовании с целью предотвращения воспламенения окружающей взрывоопасной газо-, паро- и пылевоздушной среды (см. табл. 2.8).

Таблица 2.8

Знак вида (подвида) взрывозащиты по ГОСТ [3, 27]	Наименование вида взрывозащиты
d	Взрывонепроницаемая оболочка
e	Защита вида «e» (повышенной надежности против взрыва)
i (ia, ib, ic)	Искробезопасная электрическая цепь
o	Масляное заполнение оболочки
p (px, py, pz)	Заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением
q	Кварцевое заполнение оболочки
s	Специальный вид взрывозащиты
m (ma, mb, mc)	Герметизация компаундом
n (nA, nC, nR)	Защита вида «n»
t (ta, tb, tc)	Защита от воспламенения пыли оболочками «t» (только для пылевых сред)

Электрооборудование для взрывоопасных сред подразделяют на следующие группы:

- группа I – Ex-оборудование, предназначенное для применения в подземных выработках шахт и их наземных строениях, опасных по рудничному газу и/или горючей (угольной) пыли;

- группа II – Ex-оборудование, предназначенное для применения в местах (кроме подземных выработок шахт и их наземных строений), опасных по взрывоопасным газовым средам. Электрооборудование группы II подразделяется на подгруппы IIА, IIВ, IIС в соответствии с категорией взрывоопасности смеси, для которой оно предназначено (см. табл. 2.9);

- группа III – Ex-оборудование, предназначенное для применения в местах (кроме подземных выработок шахт и их наземных строений), опасных по взрывоопасным пылевым средам. Электрооборудование группы III подразделяется на подгруппы IIIА, IIIВ, IIIС в соответствии с характеристикой конкретной взрывоопасной среды, для которой оно предназначено, а именно:

- подгруппа IIIА – в среде, содержащей горючие летучие частицы;
- подгруппа IIIВ – в среде, содержащей непроводящую пыль;
- подгруппа IIIС – в среде, содержащей проводящую пыль.

Таблица 2.9

Группа (подгруппа) Ex-оборудования	Представительный газ для испытаний оборудования	Категория взрывоопасной смеси газа или пара
IIА	Пропан	IIА
IIВ	Этилен	IIА, IIВ
IIС	Водород	IIА, IIВ, IIС

Для электрооборудования группы II (в зависимости от значения максимальной температуры поверхности) устанавливаются температурные классы, обозначаемые так же, как и группы взрывоопасных смесей (табл. 2.10).

Таблица 2.10

Температурный класс	Максимальная температура поверхности Ex-оборудования (T_{max}), °C	Температура самовоспламенения газа или пара, °C ($T_{c.v.}$)
T1	450	$T_{c.v.} > 450$
T2	300	$300 < T_{c.v.} \leq 450$
T3	200	$200 < T_{c.v.} \leq 300$
T4	135	$135 < T_{c.v.} \leq 200$
T5	100	$100 < T_{c.v.} \leq 135$
T6	85	$85 < T_{c.v.} \leq 100$

Примечание. Максимальная температура электрооборудования группы II, предназначенного для производств, опасных по пыли, должна быть ниже на 50 °C температуры тления или не более двух третей температуры самовоспламенения (для нетлеющих пылей).

Из табл. 2.10 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 для малых компонентов (с площадью поверхности до 1000 мм²) имеется исключение, согласно которому допускается превышение максимальной температуры поверхности (см гл. 2 [28] и п. 5.3.3. [3]).

На основании выше указанных данных формируется маркировка Ex-оборудования (см. [3,12,27]).

Электрооборудование должно иметь легко читаемую маркировку на основной части корпуса снаружи, которая должна быть видна до установки по месту.

Маркировка должна включать в себя:

- 1) наименование изготовителя или его зарегистрированный товарный знак;
- 2) обозначение типа электрооборудования;
- 3) порядковый номер;
- 4) наименование или знак органа по сертификации и номер сертификата.

Требования по дополнительной маркировке могут быть указаны в стандартах на электрооборудование конкретного вида.

Современная Ex-маркировка (собственно маркировка взрывозащиты) Ex-оборудования должна включать в себя [3]:

1. Знак Ex, указывающий, что электрооборудование соответствует одному стандарту или нескольким стандартам на взрывозащиту конкретного вида, указанным в табл. 2.8.

2. Обозначение взрывозащиты каждого примененного вида для газовых и/или пылевых сред:

- d – взрывонепроницаемая оболочка (для уровня Ga, Gb и Mb);
- e – повышенная защита вида «e» (для уровня Mc, Gb);
- ia – искробезопасность (для уровня Ma, Ga, Da);
- ib – искробезопасность (для уровня Mb, Gb, Db);
- ic – искробезопасность (для уровня Mc, Gc, Dc);
- ma – герметизация компаундом (для уровня Ma, Ga, Da);
- mb – герметизация компаундом (для уровня Mb, Gb, Db);
- mc – герметизация компаундом (для уровня Mc, Gc, Dc);
- nA – неискрящее электрооборудование, защита вида «nA» (для уровня Gc);
- nC – устройства, содержащие или не содержащие контакты, защищенной оболочкой, защита вида «nC» (для уровня Gc);

nR – оболочка с ограниченным пропуском газа, защита вида «nR» (для уровня Gc);

o – масляное заполнение оболочки (для уровня Mb и Gb);

p – заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением (для уровня взрывозащиты электрооборудования Db или Dc);

px – заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением (для уровня Mb и Gb);

py – заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением (для уровня Mb и Gb);

pz – заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением (для уровня Gc);

q – кварцевое заполнение оболочки (для уровня Mb и Gb);

s – специальный вид взрывозащиты (для уровней Ma, Mb, Ga, Gb, Gc);

ta – защита оболочкой (для уровня взрывозащиты Da);

tb – защита оболочкой (для уровня взрывозащиты Db);

tc – защита оболочкой (для уровня взрывозащиты Dc);

3. Обозначение группы (подгруппы) электрооборудования:

I – для применения в подземных выработках шахт и их наземных строениях;

II (IIA, IIB, IIC) – для применения в местах (кроме подземных выработок шахт и их наземных строений), опасных по взрывоопасным газовым средам;

III (IIIA, IIIB, IIIC) – для применения в местах (кроме подземных выработок шахт и их наземных строений), опасных по взрывоопасным пылевым средам.

Если электрооборудование предназначено для применения во взрывоопасной газовой среде, содержащей только один газ, сразу за обозначением знака «II» в скобках должна быть указана химическая формула или приведено название этого газа.

Если электрооборудование, отнесено к определенной группе (подгруппе), но предназначено также и для применения во взрывоопасной газовой среде, содержащей не входящий в эту подгруппу газ, сразу за обозначением группы «II» (или подгруппы IIA, IIB или IIC) должна быть указана химическая формула этого газа, при этом оба знака должны быть разделены знаком «+», например «IIC+H₂».

При наличии знака группы II, электрооборудование может применяться и для подгрупп IIC, IIB и IIA; то же если имеется знак подгруппы IIB, оно может применяться и для подгруппы IIA.

Электрооборудование, которое не полностью соответствует требованиям безопасности стандарта [3] или стандартов на взрывозащиту конкретного вида, но при этом имеет эквивалентный вид взрывозащиты,

признанный достаточным испытательной организацией, должно иметь маркировку «S».

4. Для электрооборудования группы II – обозначение температурного класса.

Для электрооборудования группы III – значение максимальной температуры поверхности, перед которым ставится знак «Т», например: T95 °С.

5. Обозначение соответствующего уровня взрывозащиты (Ma, Mb, Mc, Ga, Gb, Gc, Da, Db, Dc).

Маркировка согласно выше изложенным пунктам должна быть размещена именно в такой последовательности и разделена пробелом.

Более подробная информация о маркировке взрывозащиты электрооборудования представлена в ГОСТ Р МЭК [3].

Примеры маркировки взрывозащиты электрооборудования приведены в п. 29.15 [3].

Ex-маркировка электрооборудования в различных нормативных документах имеет свои особенности и претерпевает значительные изменения, которые можно проследить на примере маркировки взрывозащищенного светильника типа ВЗГ-200 АМС, представленного в табл. 2.11.

Таблица 2.11

Маркировка по ПИВЭ [21]	Маркировка по ПИВРЭ [22]	Маркировка по ПУЭ [20] и ГОСТ [27]	Маркировка по ГОСТ Р МЭК [3]
ВЗГ	ВЗТ4-В	1ExdIIВТ4	основная – ExdIIВТ4Ga альтернативная – ExdaIIВТ4

2.1.6. Особенности выбора и условия применения Ex-оборудования во взрывоопасных зонах

Надежность и безопасность эксплуатации взрывозащищенного электрооборудования во взрывоопасных зонах может быть обеспечена, если оно будет соответствовать классу взрывоопасной зоны, категории и группы взрывоопасной смеси, а также условиям, характеризующим температуру, влажность, химическую активность и запыленность среды. При этом количество взрывозащищенного электрооборудования, устанавливаемого во взрывоопасных зонах, должно быть по возможности минимальным, а электрооборудование с нормально искрящими частями рекомендуется выносить за пределы взрывоопасных зон.

Выбору количества и места установки электрооборудования должен предшествовать анализ технической документации, как самого электрооборудования, так и места его установки.

При пожарно-технической экспертизе электротехнической части проектов или пожарно-техническом обследовании электроустановок действующих объектов следует учитывать, что расчет и техническое обоснование класса взрывоопасной зоны приводятся в технологической части проекта. В электротехнической части проекта (на планах расположения силового и осветительного электрооборудования) указываются классы взрывоопасных зон, группа и категории взрывоопасных смесей, по которым был произведен выбор электрооборудования.

Определяющим при выборе взрывозащищенного электрооборудования является его назначение, уровень и вид взрывозащиты. Эти характеристики устанавливаются по паспортным данным и маркировке.

Традиционная взаимосвязь уровней взрывозащиты *Ex*-оборудования и классов зон представлена в табл. 2.12.

Таблица 2.12

Уровень взрывозащиты <i>Ex</i> -оборудования	Класс зоны по ГОСТ Р МЭК [3] (ПУЭ [12])
Ga (0)	0 (-)
Gb (1)	1 (В-I)
Gc (2)	2 (В-Ia, В-Ir)
Da (0)	20 (-)
Db (1)	21 (В-II)
Dc (2)	22 (В-IIa)

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

Метод оценки риска [4] для *Ex*-оборудования введен как альтернатива существующему директивному и относительно негибкому методу, связывающему оборудование с классами зон. В связи с этим и была создана выше рассмотренная 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. 2.12, т.е. без дополнительной оценки риска.

Уровни взрывозащиты электрооборудования с учетом риска воспламенения и условий их работы приведены в табл. 2.13.

Оценка риска воспламенения выполняется на стадии изготовления *Ex*-оборудования и позволяет определить дальнейшую область его применения.

Таблица 2.13

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	Два независимых средства защиты или безопасность даже при появлении двух независимо возникающих неисправностей	Электрооборудование работает в зонах: 0 1 2
	Группа II		
Очень высокая	Da	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	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		

Окончание таблицы 2.13

Степень обеспечиваемой защиты	Уровень взрывозащиты электрооборудования	Характеристика защиты	Условия работы
	Группа		
Высокая	Db	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	Mc	Подходит для нормальных условий эксплуатации	Электрооборудование отключают от напряжения в присутствии взрывоопасной среды
	Группа I		
Повышенная	Gc	Подходит для нормальных условий эксплуатации	Электрооборудование работает в зоне: 2
	Группа II		
Повышенная	Dc	Подходит для нормальных условий эксплуатации	Электрооборудование работает в зоне: 22
	Группа III		

Примечания:

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

2. Для более полной адаптации Международной системы классификации уровней взрывозащиты к российским условиям в ГОСТ Р МЭК [3] и в табл. 2.13 введен уровень взрывозащиты Mc, соответствующий исполнению электрооборудования с маркировкой РП (рудничное, повышенной надежности) согласно ПИВРЭ [22].

Кроме того, каждый вид взрывозащиты должен обеспечиваться соответствующим уровнем взрывозащиты. Сопоставление уровней и видов взрывозащиты электрооборудования, в соответствии с [3,27], представлено в табл. 2.14. Более полная информация о современной концепции обеспечения взрывозащиты представлена в книге [29]

Таблица 2.14

Уровень взрывозащиты	Степень обеспечения защиты	Группа	Вид взрывозащиты оборудования
Ma (PO)	Очень высокая	I	ia, ma, s
Mb (PB)	Высокая		s, d, e, ib, mb, px, q
Mc (PP)	Повышенная		e, ib, mb, q, s

Окончание табл. 2.14

Уровень взрывозащиты	Степень обеспечения защиты	Группа	Вид взрывозащиты оборудования
Ga (0)	Очень высокая	II	ia, ma, s
Gb (1)	Высокая		s, d, e, ia, ib, ma, mb, o, px, py, pz, q
Gc (2)	Повышенная		s, d, ia, ib, ic, o, q, ma, mb px, py, pz, nC, nA, nR
Da (0)	Очень высокая	III	ta, ia, ma, s
Db (1)	Высокая		ta, tb, ma, mb, ia, ib, p, s
Dc (2)	Повышенная		ta, tb, tc, ia, ib, ma, mb, p, s, n

При проектировании новых объектов или реконструкции старых электрооборудование для взрывоопасных зон должно выбираться в соответствии с требованиями актуализированных редакций ГОСТов [3,4,27].

На многих действующих объектах существует проблема замены вышедшего из строя взрывозащищенного электрооборудования. Причина заключается в том, что отдельные виды взрывозащищенного электрооборудования, маркируемого по ПИВЭ [21] и ПИВРЭ [22], промышленность больше не выпускает, а ремонт такого оборудования не представляется возможным. Современное Ex-оборудование, маркируемое по ГОСТ Р МЭК [3], разрабатывается для применения в классах зон определяемых по ГОСТам [13,14] и отличных от классов по ПУЭ [12]. Следовательно, для применения современного Ex-оборудования необходимо выполнить оценку классов зон по требованиям ГОСТов [13,14] и только после этого осуществлять выбор и монтаж электрооборудования. Вопрос о замене вышедшего из строя электрооборудования может быть решен проведением дополнительной сертификации. При этом необходимо учитывать следующее:

- в зонах классов В-Ia и В-Iб допускается применять Ex-оборудование с уровнем взрывозащиты оборудования Gc (2) и выше;
- в зоне класса В-Iг должно применяться Ex-оборудование с уровнем взрывозащиты Gb (1) и выше;
- в зонах класса В-I необходимо применять оборудование с уровнем взрывозащиты Ex-оборудования Gb (1) или Ga (0);
- в части зоны В-I, в которой взрывоопасная газовая смесь присутствует постоянно или в течение длительных периодов времени, допускается использовать Ex-оборудование с уровнем взрывозащиты оборудования Ga (0).

Монтажные работы должны выполняться с учетом требований ПУЭ [12,20] и инструкции (И 1.01-11) [30].

2.1.7. Особенности выбора и условия применения электрооборудования в пожароопасных зонах и в помещениях с нормальной средой

Для обеспечения пожарной безопасности электрооборудования в пожароопасных зонах помещений и наружных установок пожароопасных производств применяется электрооборудование общего назначения, при этом степень защиты оболочки электрооборудования должна соответствовать классу пожароопасной зоны (см. табл. 7.4.1, 7.4.2 и 7.4.3 ПУЭ [12]).

Степень защиты оболочки, согласно ГОСТ 14254-96 [31], наносится на оболочку или табличку электрооборудования общего назначения с его паспортными данными, либо в местах, указанных в стандартах или технических условиях. Такая степень обозначается латинскими буквами IP (начальные буквы слов *International Protection*). Следующие за ними две цифры означают: первая – степень защиты персонала от соприкосновения с токоведущими частями и попадание внутрь оболочки твердых посторонних тел; вторая – степень защиты оболочки от проникновения внутрь оболочки воды.

В табл. 2.15 приведены предпочтительные степени защиты оболочки электрооборудования.

Таблица 2.15

Первая цифра - защита от проникновения и попадания посторонних тел	Вторая цифра – защита от проникновения воды								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	IP00	IP01	-	-	-	-	-	-	-
1	IP10	IP11	IP12	IP13	-	-	-	-	-
2	IP20	IP21	IP22	IP23	-	-	-	-	-
3	IP30	IP31	IP32	IP33	IP34	-	-	-	-
4	IP40	IP41	IP42	IP43	IP44	-	-	-	-
5	-	-	-	-	IP54	IP55	IP56	-	-
6	-	-	-	-	-	IP65	IP66	IP67	IP68

Если для электрооборудования нет необходимости в одном из видов защиты, то в условном обозначении допускается проставлять знак X вместо цифрового обозначения того вида защиты, который в данном электрооборудовании не требуется или испытания которого не производятся. Например: IPX4, IP3X и т.д.

При выборе электрооборудования, установленного в пожароопасных зонах, необходимо учитывать так же условия окружающей среды (химическую активность, атмосферные осадки и т.д.).

Электрооборудование с частями, искрящими при нормальной работе, рекомендуется выносить за пределы пожароопасных зон, если это не

вызывает затруднений при эксплуатации и не сопряжено с неоправданными затратами. В случаях его установки в пределах пожароопасной зоны оно должно удовлетворять требованиям гл. 7.4 ПУЭ [12].

Электрооборудование в помещениях с нормальной средой (т.е. не содержащих пожаро- и взрывоопасные зоны) или располагаемых на открытом воздухе или под навесами должно быть стойким в отношении воздействия влаги, пыли, химически активной среды, повышенной температуры и т.п.

В связи с указанным требованием в гл. 1.1 ПУЭ [12] выбор электрооборудования увязывается с классификацией помещений по общим свойствам и характеру окружающей среды: сухие, влажные, сырые, особо сырые, жаркие, пыльные (имеется в виду, что пыль негорючая, но токопроводящая или нетокопроводящая) и с химически активной средой.

Монтажные работы должны выполняться с учетом требований ПУЭ [12,20], инструкции по монтажу электрооборудования в пожароопасных зонах (И 1.02-09) [32] и СП-31-110-2003 [33] для помещений с нормальной средой.

Эксплуатация электроустановок должна также соответствовать требованиям ПТЭЭП [24].

2.1.8. Сопоставление характеристик предусмотренного проектом электрооборудования с требуемыми по нормам

По результатам оценки и обоснования классов взрывопожароопасных зон, категорий и групп взрывоопасных смесей, уровней и видов взрывозащиты запроектированного электрооборудования, эксперт должен выполнить сопоставление характеристик электрооборудования с требованиями нормативных документов.

Для большей наглядности эксперт может составить таблицу соответствия (см. 2.16), которая поможет ему грамотно структурировать всю информацию и сделать обоснованные выводы о соответствии электротехнической части проекта нормам и правилам, а также составить заключение по рассматриваемому проекту. В шестой колонке табл. 2.16 должна быть указана ссылка на разделы, главы, пункты и таблицы нормативных документов, по которым проводится оценка соответствия, и вывод о ее результатах. При этом для более качественной и полной оценки эксперт должен пользоваться такими материалами, как каталоги, справочники, паспортные данные и др. на электрооборудование.

Таблица 2.16

Наименование помещения или наружной технологической установки	Классы зон, категории и группы взрывоопасных смесей		Тип, уровень, вид и маркировка взрывозащиты или степень защиты оболочки электрооборудования		Выводы и обоснования соответствия нормам запроектированного электрооборудования
	по проекту	по нормам	по проекту	по нормам	
1	2	3	4	5	6

2.1.9. Проверочные расчеты сечений проводников сетей, параметров аппаратов защиты

Электрические сети рассчитывают, главным образом, исходя из условий нагревания проводов и кабелей током, а также исходя из допустимой потери напряжения. Такие расчеты необходимы для предупреждения опасного перегрева проводников и обеспечения пожарной безопасности. По условиям механической прочности для данного вида прокладки принятое сечение проводов должно быть не менее регламентированного (табл. 2.1.1 [12]).

Одновременно производят выбор аппаратов защиты (плавких предохранителей, автоматов, тепловых реле, устройств защитного отключения (УЗО)) с такими номинальными параметрами, при которых обеспечивалась бы надежная защита сетей от токов утечки, перегрузки и коротких замыканий; соблюдалась бы селективность работы аппаратов защиты.

А. Проверочный расчет сечений проводников сетей и параметров аппаратов защиты, исходя из условий их теплового нагрева.

- Сеть силовая, защита плавкими предохранителями:

1) определяют требуемое сечение проводников по правилу: допустимый длительный ток провода или кабеля $I_{\text{доп}}$ должен быть больше или равен току нагрузки (электроприемника) I_p , т.е.

$$I_{\text{доп}} \geq I_p. \quad (2.12)$$

Рабочий ток нагрузки I_p определяют в зависимости от характера и назначения сетей;

2) определяют номинальный ток плавкой вставки предохранителя, исходя из того, что этот ток должен быть больше или равен максимальному кратковременному току (протекающему через предохранитель), деленному на коэффициент α :

$$I_{н.вст.} \geq I_{\max} / \alpha, \quad (2.13)$$

где $I_{н.вст.}$ – расчетная величина номинального тока плавкой вставки, А; α – коэффициент, зависящий от типа предохранителя и условий пуска электродвигателей. Для асинхронных с короткозамкнутым ротором чаще всего значения α принимают равным 2,5; для электродвигателей ответственных механизмов с целью особо надежной отстройки предохранителей от пусковых токов допускается значение α принимать равным 1,6 (независимо от условий пуска электродвигателей); I_{\max} – наибольшая величина кратковременного (пускового) тока, протекающего через предохранитель (зависит от вида защищаемой сети), А.

Для ответвлений к одиночным асинхронным электродвигателям

$$I_{\max} = I_{\text{пуск}} = I_n K_{\text{п}}, \quad (2.14)$$

где $I_{\text{пуск}}$ – пусковой ток электродвигателя;

$$I_n = \frac{P_n \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_n \cos \varphi_n \eta_n} \text{ – номинальный ток электродвигателя;}$$

$K_{\text{п}}$ – краткость пускового тока (для электродвигателей с короткозамкнутым ротором значение $K_{\text{п}} = 4-8$; с фазным ротором значение $K_{\text{п}} = 1,5-2,5$).

Для сетей, питающих n электродвигателей,

$$I_{\max} = \sum I_{p(n-1)} K_o + I_{\text{пуск}}, \quad (2.15)$$

где $\sum I_{p(n-1)}$ – сумма рабочих токов всех электродвигателей без одного, имеющего наибольший пусковой ток; K_o – коэффициент одновременности, учитывающий присоединенную мощность фактически работающих электродвигателей; $I_{\text{пуск}}$ – пусковой ток электродвигателя, имеющий наибольшую его величину.

Рабочий ток электродвигателей определяют по формуле

$$I_p = I_n K_3, \quad (2.16)$$

где K_3 – коэффициент загрузки электродвигателей, т.е. отношение действительной загрузки электродвигателя к номинальной (при отсутствии сведений о загрузке электродвигателя и для ответвлений к одному электродвигателю K_3 принимают равным 1).

При расчете ответвлений с короткозамкнутым электродвигателем во взрывоопасных зонах (за исключением 2, В-Іб и В-Іг) рабочий ток электродвигателя определяют по формуле

$$I_p = 1,25 I_n. \quad (2.17)$$

После определений $I_{н.вст}$ по формуле (2.13) и соответствующему каталогу или прил. 12 выбирают величину $I_{н.вст}$, равную или ближайшую большую для данного типа предохранителя. Необходимое сечение провода или кабеля сети определяют по табл. 1.3.4÷1.3.28 ПУЭ [12] с учетом формулы (2.12);

3) проверяют надежность отключения плавким предохранителем аварийного участка при коротком замыкании (к.з.) в конце защищаемой линии для взрывоопасных зон по формуле (2.18), для невзрывоопасных зон по формуле (2.19):

$$I_{к.з.(к)} / I_{н.вст} \geq 4; \quad (2.18)$$

$$I_{к.з.(к)} / I_{н.вст} \geq 3. \quad (2.19)$$

Для приближенного расчета тока к.з. в сетях напряжением до 1000 В пользуются следующими формулами:

а) ток однофазного к.з. в сетях с глухозаземленной нейтралью

$$I_{к.з.(к)(1)} = U_{\phi} / z_{(\phi-0)}, \quad (2.20)$$

б) ток двухфазного к.з. в сетях с изолированной нейтралью

$$I_{к.з.(к)(2)} = U_{л} / 2z_{\phi}, \quad (2.21)$$

где U_{ϕ} и $U_{л}$ – номинальное фазное и линейное напряжения сети, В; $z_{(\phi-0)}$ и z_{ϕ} – полное сопротивление цепи тока к.з. соответственно для петли «фаза-нуль» и «фазы», Ом.

Значения z определяют по формулам:

$$z_{(\phi-0)} \approx \sqrt{(\sum r_{\phi} + \sum r_{д} + \sum r_0)^2 + (\sum x_{\phi} + \sum x_0)^2} + z_{Т(1)}; \quad (2.22)$$

$$z_{\phi} = \sqrt{(\sum r_{\phi} + \sum r_{д} + r_{т})^2 + (\sum x_{\phi} + x_{т})^2}, \quad (2.23)$$

где $r_{\phi} = \rho l/s_{\phi}$ и $x_{\phi} = al$ – активное и индуктивное сопротивления проводника фазы участка цепи, Ом;

$r_0 = \rho l/s_0$ и $x_0 = al$ – активное и индуктивное сопротивления нулевого проводника, Ом (ρ – расчетное удельное сопротивление, равное 19 для меди и 32 для алюминия, Ом·мм²/км);

l – длина участка цепи, км;

s_{ϕ} и s_0 – сечения соответственно фазы и нулевого провода, мм²;

a – среднее значение индуктивного сопротивления 1 км проводника, равное 0,07 для кабелей; 0,09 – для проводов, проложенных в трубе; 0,25 – для изолированных проводов, проложенных открыто, на роликах или изоляторах; 0,3 – для воздушных линий низкого напряжения, Ом/км;

$r_T = c/S_T$ и $x_T = dr_T$ – активное и индуктивное сопротивления фазы питающего трансформатора, Ом;

S_T – мощность трансформатора, кВ·А;

c – коэффициент (кВ·А×Ом), равный 4, для трансформаторов до 60 кВ·А; 3,5 – до 180 кВ·А; 2,5 – до 1000 кВ·А; 2,2 – до 1800 кВ·А;

d – коэффициент, равный 2, – для трансформаторов до 180 кВ·А; 3 – до 1000 кВ·А; 4 – до 1800 кВ·А;

r_d – добавочное сопротивление переходных контактов, Ом;

$z_{T(1)}$ – расчетное полное сопротивление трансформатора току к.з. на корпус (землю), Ом.

В распределительных сетях до 1000 В активное сопротивление цепи бывает иногда больше индуктивного. Поэтому при определении тока к.з. можно пренебречь суммарным индуктивным сопротивлением короткозамкнутой цепи, если $\sum x_n \leq 0,3 \sum r_n$. Т.е. его влиянием можно пренебречь и принимать при расчетах $x_n = 0$. Значение расчетных сопротивлений понижающих трансформаторов $z_{T(1)}$ в формуле (2.22) для случая однофазного к.з. учитывают при мощности трансформаторов только до 630 кВ·А, если их обмотки соединены по схеме Y/Y₀ (табл. 2.17).

Таблица 2.17

Мощность трансформаторов, кВ·А	Первичное напряжение, кВ	Значения $z_{T(1)}$, Ом
25	6 и 10	3,110
40	6 и 10	1,949
63	6 и 10	1,237
	20	1,136
100	6 и 10	0,779
	20 и 35	0,764
160	6 и 10	0,487
	20 и 35	0,478
250	6 и 10	0,312
	20 и 35	0,305
400	6 и 10	0,195
	20 и 35	0,191
630	6 и 10	0,129
	20 и 35	0,121

Примечание. При вторичном напряжении 230/127 В значения сопротивлений следует уменьшить в 3 раза.

При подсчете ожидаемых значений токов к.з. в установках до 1000 В (во избежание полученных грубых преувеличений) необходимо полнее учитывать не только активное сопротивление всех элементов петли к.з., но и активное сопротивление переходных контактов этой петли (болтовые

контакты на шинах, зажимы на вводах и выводах аппаратов, разъемные контакты аппаратов и контакт в точке к.з.). При отсутствии достоверных данных о полном числе контактов и о переходных сопротивлениях в них, включая контакт в точке к.з., рекомендуется принимать для всех контактов добавочное активное сопротивление r_d , равное:

- а) для распределительных щитов на подстанциях – 0,015 Ом;
- б) для первичных цеховых распределительных пунктов напряжением 380 В, питаемых радиальными линиями от щитов подстанций, - 0,02 Ом;
- в) для вторичных цеховых распределительных пунктов, щитов и на зажимах аппаратов, питаемых от первичных распределительных пунктов – 0,025 Ом;
- г) для аппаратуры, установленной непосредственно у электроприемников (контакторы, пускатели и т.д.), получающих питание от вторичных распределительных пунктов, - 0,03 Ом.

Если аппарат защиты не обеспечивает надежного отключения к.з. в соответствии с требованиями формул (2.18) и (2.19), на линии необходимо установить промежуточный аппарат с меньшим током срабатывания или принять меры к уменьшению сопротивления линии, например, увеличить сечение нулевого провода;

4) проверяют надежность отключения плавким предохранителем токов короткого замыкания вначале защищаемого участка линии по формуле:

$$I_{пр.пр} \geq I_{к.з.(н)}, \quad (2.24)$$

где $I_{пр.пр}$ – предельный ток отключения предохранителя, который определяется по его паспортным или каталожным данным (см. прил.12), А;

$I_{к.з.(н)}$ – ток к.з. в начале защищаемого участка сети, А.

Ток трехфазного к.з. в начале защищаемого участка трехфазной сети (в месте установки предохранителя) независимо от режима нейтрали трансформатора определяют по формуле

$$I_{к.з.(н)(3)} = \frac{U_{л}}{\sqrt{3}z_{\phi}}. \quad (2.25)$$

Значение z_{ϕ} определяют по формуле (2.23). Ток к.з. в начале защищаемого участка сети при схеме «две фазы-нуль» определяют по формуле (2.21) а в однофазных сетях по формуле (2.20);

5) проверяют соответствие номинального тока УЗО рабочей токовой нагрузке по формуле

$$I_{н.УЗО} \geq I_p, \quad (2.26)$$

где $I_{н.УЗО}$ – номинальный ток УЗО (см. прил. 15, 17);

б) проверяют селективность действия плавкого предохранителя, т.е. такую работу, когда на появление токов короткого замыкания реагируют только ближайший к месту повреждения аппарат защиты и не отключается предшествующий ему аппарат. Эта проверка производится путем сравнения номинальных параметров этих аппаратов. При одинаковых предохранителях с плавкими вставками из одного и того же материала, для обеспечения селективного действия необходимо, чтобы номинальные токи плавких вставок последовательно включенных предохранителей отличались друг от друга по возможности на две ступени шкалы номинальных токов, т.е.:

$$\frac{I_{\text{н.вст. (1 уч.)}}}{I_{\text{н.вст. (2 уч.)}}} \geq 2. \quad (2.27)$$

• Сеть силовая, защита автоматическими воздушными выключателями и тепловыми реле:

1) определяют требуемое сечение проводников. Эта задача решается аналогичным образом, как и в силовой сети с защитой плавкими предохранителями, т.е. по формуле (2.12);

2) проверяют соответствие номинальных токов расцепителей автоматов или нагревательного элемента реле магнитного пускателя рабочей токовой нагрузке сети по формуле:

$$\left. \begin{array}{l} I_{\text{н.расц}} \geq I_{\text{р}}; \\ I_{\text{н.р.}} \geq I_{\text{р}}, \end{array} \right\} \quad (2.28)$$

где $I_{\text{н.расц}}$ – номинальный ток теплового ($I_{\text{н.тепл}}$) и/или электромагнитного ($I_{\text{н.эл.м}}$) расцепителя, А (определяется по каталогам, например, см. прил.5, 6, 9, 10, 11); $I_{\text{н.р.}}$ – номинальный ток реле или нагревательного элемента (например, см. прил. 3, 4).

Чтобы избежать ложного отключения сети, правильность выбора параметров по формуле (2.28) необходимо проверить, также по формулам:

$$I_{\text{ср.эл.м}} \geq K_{\text{м}} \cdot I_{\text{макс}}; \quad (2.29)$$

$$I_{\text{ср.тепл}} \geq K_{\text{р}} \cdot I_{\text{р}}, \quad (2.30)$$

где $K_{\text{м}}$ и $K_{\text{р}}$ – коэффициенты, учитывающие неточность в определении и разброс характеристик расцепителей автоматов. Для большинства автоматов значение $K_{\text{м}} = 1,25 \div 1,5$, а $K_{\text{р}} = 1,25$;

3) проверяют автомат на надежность отключения аварийного участка при коротком замыкании в конце защищаемой линии при защите во

взрывоопасных зонах по формулам (2.31) и (2.32) и в невзрывоопасных зонах по формулам (2.31) и (2.33):

$$I_{к.з.(к)} / I_{ср.эл.м.} \geq 1,25 - 1,4^* ; \quad (2.31)$$

$$I_{к.з.(к)} / I_{н.тепл.} \geq 6 ; \quad (2.32)$$

$$I_{к.з.(к)} / I_{н.тепл.} \geq 3 . \quad (2.33)$$

Примечание. *1,25 используется для автоматов на номинальные токи выше 100 А, а кратность 1,4 – до 100А.

Для автомата с комбинированным расцепителем надежность отключения токов короткого замыкания считается удовлетворительной, если по формулам (2.31), (2.32), (2.33), будет получена требуемая кратность для одного из расцепителей – электромагнитного или теплового;

4) Определяют надежность отключения автоматом токов короткого замыкания в начале защищаемого участка по формуле:

$$I_{пр.а} \geq I_{к.з.(н)} , \quad (2.34)$$

где $I_{пр.а}$ – предельный ток отключения автомата (например, см. прил. 5, 6, 9, 10, 11), А;

5) проверяют соответствие номинального тока УЗО рабочей токовой нагрузке по формуле (2.26);

б) определяют селективность действия автоматов. Обычно селективность обеспечивается автоматами, если номинальные токи расцепителей смежных автоматов отличаются друг от друга на две ступени по шкале, т.е.:

$$\frac{I_{н.расц.(1\text{ уч.})}}{I_{н.расц.(2\text{ уч.})}} \geq 1,5 \div 2 . \quad (2.35)$$

• Сеть осветительная, защита плавкими предохранителями:

1) определяют требуемое сечение проводников линии по формуле (2.12). Рабочий ток нагрузки в осветительных сетях находят по формулам: в групповой осветительной сети однофазного тока

$$I_p = \frac{\sum P_n \cdot 10^3}{U_\phi} ; \quad (2.36)$$

в осветительных сетях по схеме «две фазы-нуль»

$$I_p = \frac{\sum P_n \cdot 10^3}{2U_\phi} ; \quad (2.37)$$

в питающих осветительных сетях трехфазного тока

$$I_p = \frac{\sum P_n \cdot 10^3}{\sqrt{3}U_n}; \quad (2.38)$$

2) определяют номинальный ток плавкой вставки предохранителя по формулам:

$$I_{н.вст.} \geq I_p; \quad (2.39)$$

$$I_{н.вст.} \geq 0,8I_{доп.}; \quad (2.40)$$

3) проверяют надежность отключения плавким предохранителем аварийного участка в конце и начале защищаемой линии по формулам (2.18), (2.19) и (2.24);

4) проверяют соответствие номинального тока УЗО рабочей токовой нагрузке по формуле (2.26);

5) определяют селективность действия предохранителей по формуле (2.27).

• Сеть осветительная, защита автоматическими воздушными выключателями:

1) определяют требуемое сечение проводников линии так же, как и в случае защиты осветительной сети плавкими предохранителями – по формуле (2.12);

2) проверяют правильность выбора номинальных токов расцепителей автоматов по первому неравенству из формулы (2.28). Чтобы избежать ложного отключения линии, правильность выбора указанных параметров проверяют по формулам (2.29) и (2.30);

3) так как осветительные линии, как правило, подлежат обязательной защите от токов перегрузки, необходимо проверить, выполнено ли условие

$$I_{доп.} \geq I_{н.тепл.}; \quad (2.41)$$

4) проверяют надежность отключения автоматом аварийного участка в конце и начале защищаемой линии по формулам (2.31) – (2.33) и (2.34);

5) проверяют соответствие номинального тока УЗО рабочей токовой нагрузке по формуле (2.26);

б) селективность действия автомата проверяют по формуле (2.35).

Б. Проверочный расчет сечений проводников сетей исходя из условий допустимой потери напряжения.

Проверочный расчет правильности выбора сечения проводников по условиям допустимой потери напряжения для любого вида сети выполняется в следующем порядке:

1) определяют фактическую потерю напряжения на рассчитываемом участке сети (в процентах) по формуле

$$\Delta U_{\phi} = \frac{\sum P \cdot l}{c \cdot s} = \frac{\sum M}{c \cdot s}, \quad (2.42)$$

где ΔU_{ϕ} – фактическая потеря напряжения на данном рассчитываемом участке сети, %;

$\sum M$ – сумма моментов нагрузки, кВт·м;

c – коэффициент, учитывающий напряжение, систему питания и материал проводов (см. прил.8);

s – сечение токопроводящей жилы провода или кабеля, мм².

Если сеть состоит из нескольких участков с разным сечением проводников и разными нагрузками, потери напряжения определяют на каждом участке отдельно и суммируют

$$\sum \Delta U_{\phi} = \Delta U_{\phi_1} + \Delta U_{\phi_2} + \dots + \Delta U_{\phi_n}; \quad (2.43)$$

2) фактическую потерю напряжения (или ее суммарное значение) сравнивают с допустимой потерей напряжения на рассчитываемом участке сети или с общей допустимой потерей напряжения на всех участках силовой или осветительной сети

$$\sum \Delta U_{\phi} \leq \Delta U_{\text{доп}}, \quad (2.44)$$

Общую допустимую потерю напряжения на всех участках сетей от трансформаторной подстанции (ТП) до наиболее удаленного потребителя (светильник, электродвигатель и т.п.) – определяют по данным прил. 7.

2.2. Обеспечение электростатической искробезопасности на взрывопожароопасных объектах

В отраслях промышленности, связанных с применением горючих веществ и материалов, возможно возникновение пожаров и взрывов от разрядов статического электричества. Зачастую образование и накопление зарядов статического электричества связано с некачественным выбором и монтажом электроустановок. Поэтому при проведении пожарно-технической экспертизы необходимо проводить оценку обеспечения электростатической искробезопасности (ЭСИБ) объекта.

К основным документам, регламентирующим требования к обеспечению ЭСИБ, относятся ГОСТы [34, 35], серия ГОСТ Р 53734 (МЭК 61340), правила [36], а также иными отраслевыми нормативно-техническими документами и стандартами предприятия.

2.2.1. Термины и определения

Статическое электричество (СЭ): совокупность явлений, связанных с разделением положительных и отрицательных электрических зарядов, сохранением и релаксацией свободного электростатического заряда на поверхности или в объеме диэлектриков или на изолированных проводниках.

Электростатическая искробезопасность (ЭСИБ): состояние объекта защиты, при котором исключается возможность возникновения пожара или взрыва от разрядов СЭ.

Разряд статического электричества: перенос заряда непосредственным соприкосновением или пробоем при разности потенциалов между объектом и окружающей его средой.

Минимальная энергия зажигания $W_{\text{мин}}$: наименьшая энергия электрического разряда, способная воспламенить наиболее легко воспламеняющуюся смесь горючего вещества с воздухом.

Минимальный заряд зажигания $q_{\text{мин}}$: наименьшее значение полного заряда, перенесенного единичным искровым разрядом, необходимое для зажигания горючей смеси при оптимальном соотношении горючего и окислителя.

Минимальная линейная плотность энергии зажигания $W_{L\text{мин}}$: наименьшее величина отношения энергии, выделяемой в канале разряда, к длине разрядного промежутка.

Релаксация заряда: утечка или нейтрализация заряда через твердый, жидкий или газообразный материал, приводящая к снижению энергии и поверхностной плотности заряда.

Пороговое напряжение: разность потенциалов между участками, образованными неметаллическими поверхностями, заземленного в установленном порядке объекта при которой исключено возникновение разрядов СЭ.

Примечание. Требованиям ЭСИБ безыскровой электризации отвечают объекты с пороговым напряжением, не превышающим 300 В. Согласно закону Пашена для возникновения разряда в воздухе пороговое напряжение должно превысить 320 В [34].

Удельное поверхностное сопротивление ρ_s : отношение напряженности электрического поля к току на единицу ширины поверхности образца материала.

Удельное объемное сопротивление ρ_v : отношение напряженности электрического поля к плотности тока, проходящего через объем образца материала.

Электропроводный материал: материал с удельным объемным электрическим сопротивлением не более 10^5 Ом·м или удельным поверхностным сопротивлением менее 10^5 Ом.

Примечание. В международных стандартах к электропроводным относятся материалы с иными значениями удельных сопротивлений и потому могут не согласовываться по граничным значениям указанных выше величин.

Антистатическая добавка: вводимое или добавляемое вещество в процесс обработки жидкости или твердого объекта с целью снижения способности приобретать заряд при контакте или при трении, повышению способности к перемещению заряда и тем самым к снижению способности объекта удерживать значительный заряд при контакте с землей.

Специальная одежда и обувь: средства защиты, обеспечивающие предотвращение или уменьшение опасных воздействий, связанных с проявлениями СЭ, на рабочий персонал и изготавливаемую продукцию.

2.2.2. Экспертиза нормативной необходимости рекомендаций и устройств защиты от СЭ

Оценка обеспечения ЭСИБ при проведении пожарно-технической экспертизы включает в себя следующие этапы:

- рассмотрение статистических данных о местах образования и накопления зарядов СЭ для типичных производственных процессов (при наличии);
- получение информации о величинах объемного или поверхностного электрического сопротивления материалов, применяемых на объекте (для гомогенных материалов), и их геометрических параметров;
- рассмотрение данных о значениях минимальной энергии зажигания для горючих смесей с воздухом, образование которых возможно в технологическом процессе;
- ознакомление с динамическими процессами (скорость перемещения жидкостей, сыпучих материалов, находящихся в контакте тел) для типичных производственных процессов;
- анализ предусмотренных проектом средств и способов устранения опасных проявлений СЭ.

Согласно действующим правилам [36], защита от разрядов СЭ должна осуществляться во взрыво- и пожароопасных производствах с наличием зон классов 0, 1, 2, 20, 21, 22, П-I и П-II. Данное требование касается производств, в которых применяются и вырабатываются вещества с $\rho_v > 10^5$ Ом·м. Такие вещества обладают слабой релаксацией зарядов, а величина ρ_v определяется экспериментально.

В стандартах серии ГОСТ Р 53734 (МЭК 61340) для оценки проводящих свойств материала наиболее часто используют величину ρ_s (Ом). Согласно этих стандартов материалы разделяют на:

- проводники ($\rho_s < 10^5$ Ом);
- рассеивающие ($10^5 \leq \rho_s < 10^{11}$ Ом);
- диэлектрики ($\rho_s \geq 10^{11}$ Ом).

Чувствительность веществ к зажигающему или иницирующему взрыв воздействию разрядов СЭ может быть оценена по значениям $W_{\text{мин}}$ (Дж), $q_{\text{мин}}$ (Дж), $W_{L\text{мин}}$. Кроме того, чувствительность веществ может быть оценена по значениям БЭМЗ или критическим расстояниям ($l_{\text{кр}}$) и температуре самовоспламенения смеси ($T_{\text{св}}$), что удобно в случае обращения на производстве взрывоопасных смесей. Таким образом, наиболее чувствительной к воздействию разрядов СЭ будет являться смесь, с наибольшей категорией (например, ПС) и группой (например, Т6).

Воспламеняющая способность электрической искры зависит от концентрации, температуры и давления взрывоопасной смеси. Обычно минимальная энергия, необходимая для воспламенения пылевоздушных взрывоопасных смесей, выше энергии, воспламеняющей паровоздушные взрывоопасные смеси. Условием воспламенения (взрыва) такой смеси от искры статического электричества является следующее условие:

$$W_{\text{и}} \geq W_{\text{мин}}, \quad (2.45)$$

где $W_{\text{и}}$ – энергия разряда СЭ с заряженного материала (зависит от свойств материала, конструкции аппарата, технологического процесса и др.).

Из неравенства (2.45) видно, что для выполнения условия обеспечения ЭСИБ объекта необходимо принять меры по снижению значений $W_{\text{и}}$ за счет правильной организации технического процесса производства, используя как можно больше проводящих веществ и материалов. Поэтому в пояснительной записке проекта должно быть указано, выполнено ли условие обеспечения ЭСИБ объекта. Данное условие считается выполненным, если:

$$W_{\text{и}} \leq K \cdot W_{\text{мин}}, \quad (2.46)$$

где K – коэффициент безопасности, выбираемый из условий допустимой (безопасной) вероятности зажигания; в случае невозможности определения вероятности принимают равным 0,4.

При выборе E_x -оборудования необходимо учитывать его конструктивные особенности и геометрические параметры неметаллических оболочек.

В первую очередь, величина ρ_s не должна превышать 10^9 Ом для неметаллических материалов оборудования и 10^{11} Ом для лопаток

вентиляторов (измеряется производителем оборудования при температуре $(23\pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $(50\pm 5)\%$) [34].

Кроме того, геометрические параметры E_x -оборудования с неметаллическими материалами должны соответствовать данным табл. 2.18.

Таблица 2.18

№ п/п	Геометрический параметр изделия	Допустимые значения геометрического параметра, не более, в зависимости от категории взрывоопасной смеси			
		I	IIА	IIВ	IIС
1.	Площадь поверхности неметаллической оболочки или ее частей, см^2 , не более	100	Класс зоны 0		
			50	25	4
			Класс зоны 1 и 2		
			100	20	
2.	Расстояние по поверхности от наиболее удаленной точки до заземленного металлического элемента, мм, не более	50			
3.	Ширина щели между подвижными и/или неподвижными деталями, мм	2,00	1,55	1,10	0,50

Многие смеси газов или паров ЛВЖ с воздухом могут воспламеняться от кистевых разрядов. Эти разряды могут возникать, когда заземлённые проводники приближаются к заряженному изоляционному материалу (например, между металлической загрузочной трубой и поверхностью жидкости в резервуаре). В них расходуется только незначительная часть заряда, связанного с системой, и разряд не приводит к выравниванию потенциалов двух объектов.

Оценку вероятности появления кистевых разрядов можно выполнять по значениям величины заряда в единичных импульсах разрядного тока q_s (Кл) при кистевом разряде.

Минимальные величины q_s для различных категорий взрывоопасных смесей, оцениваются следующими значениями:

- 60 нКл для категорий смесей I или IIА;
- 30 нКл для категории смеси IIВ;
- 10 нКл для категории смеси IIС.

Примечание. Значения q_s следует рассматривать как приближение, а не как абсолютную меру безопасности материалов в разнообразных формах их применения.

На образование и накопление зарядов СЭ влияет скорость движения взаимодействующих материалов или веществ, которая должна контролироваться в определенных пределах. Например, необходимо контролировать скорость потока при сливе и наливке топлива. Для бензина

с учетом универсального предела $vd \leq 0,5 \text{ м}^2/\text{с}$ эта скорость не должна превышать 7 м/с , где v – средняя скорость потока в трубе, м/с , а d – диаметр загрузочной трубы, м . Значения скорости потока с учётом диаметра загрузочной трубы, соответствующие предельным значениям vd , представлены в табл. 2.19 [37,38].

Таблица 2.19

Диаметр загрузочной трубы, мм	Скорость потока, м/с, при универсальном пределе vd , $\text{м}^2/\text{с}$			
	$vd = 0,25$	$vd = 0,35$	$vd = 0,38$	$vd = 0,5$
50	5	7		
80	3,1	4,4	4,7	6,3
100	2,5	3,5	3,8	5
150	1,7	2,3	2,5	3,3
200	1,25	1,75	1,9	2,5

В пожаро- и взрывоопасных производствах реальную опасность представляет рабочий персонал, т.к. образование и накопление зарядов СЭ может происходить на его одежде. Для снижения риска воспламенения горючей смеси от человека применяют специальную проводящую одежду, а также заземление персонала посредством проводящих браслетов, проводящего пола и проводящей обуви. Данная продукция должна соответствовать требованиям серии ГОСТ Р 53734 (МЭК 61340).

Помимо информации, рассмотренной выше, в проекте должны быть указаны способы и средства устранения опасности СЭ. К ним относятся:

- заземление оборудования, коммуникаций, аппаратов и сосудов и т.п.;
- повышение влажности воздуха или применение антистатических добавок для уменьшения значений ρ_v и ρ_s ;
- ионизация воздуха или среды в местах накопления зарядов СЭ.

Основным средством защиты от СЭ – заземление. Его целью является устранение формирования электрических разрядов с проводящих элементов объекта защиты. Все проводящие части оборудования и электропроводные неметаллические предметы подлежат обязательному заземлению, независимо от того, применяются ли другие способы защиты от статического электричества. Сопротивление заземляющего устройства, предназначенного исключительно для защиты от статического электричества, допускается до 100 Ом [34]. Однако в зависимости от особенностей объекта сопротивление заземления может принимать значения от долей Ом до 10^9 Ом [39].

Заземляющие устройства не всегда обеспечивают требуемый уровень ЭСИБ в технологии сливноналивных операций с топливом, т.к. заземление исключает только накопление заряда, но не ускоряет процесс рассеяния заряда в жидкости. Это объясняется тем, что релаксация зарядов СЭ в

объёме диэлектрической жидкости нефтепродуктов может занимать некоторое время t . В течение этого времени в наполняемом резервуаре существует электрическое поле зарядов независимо от того, заземлён этот резервуар или нет. Потому в этот период времени присутствует вероятность воспламенения паровоздушной смеси нефтепродуктов в резервуаре от разрядов СЭ.

На основании выше изложенной информации после заполнения заземлённого резервуара необходимо выдерживать промежуток времени T , равный

$$T = 3Kt,$$

где t – постоянная времени релаксации нефтепродукта, с; K – коэффициент, учитывающий увеличение времени релаксации за счет поверхностного заряда нефтепродукта [39].

Применение в проекте тех или иных мероприятий по обеспечению ЭСИБ должно быть четко обосновано и иметь ссылки на соответствующие нормативные источники.

2.2.3. Обеспечение электростатической искробезопасности автозаправочных станций и сливо-наливных эстакад с применением устройств заземления железнодорожных и автоцистерн

Для повышения уровня ЭСИБ на автозаправочных станциях (АЗС) и топливозаправочных эстакадах следует применять взрывобезопасные устройства заземления автоцистерн (УЗА), отвечающие требованиям к *Ex*-оборудованию [38,40].

УЗА предназначены для заземления автоцистерн (АЦ) и других транспортных ёмкостей в процессе слива и налива нефтепродуктов и других ЛВЖ, блокировки и запуска слива, исключающего техническую возможность слива без предварительного подключения к устройствам заземления; обеспечения эквипотенциальности электропроводящих узлов объекта защиты и сливного оборудования. Данные устройства также обеспечивают непрерывный контроль наличия цепи «заземляющее устройство – АЦ» и осуществляют световую сигнализацию о состоянии данного участка электрической цепи.

В настоящее время разработаны и наиболее часто применяются УЗА серии 2МК04, 2МК05 и 2МК06.

УЗА состоит из самого заземляющего устройства, устанавливаемого в зоне топливозаливной эстакады или сливного устройства АЗС (то есть, в пределах взрывоопасной зоны); заземляющего проводника, представляющего собой универсальный провод со специальным зажимом для подключения УЗА к АЦ. Подключение данного провода к АЦ

допускается только при разомкнутой коммутационной цепи УЗА специальной кнопкой в её корпусе (см. рис. 2.2).

Питание коммутационных устройств предусмотрено либо от промышленной цепи переменного тока с напряжением 220 В (например, УЗА-2МК04), либо от цепи постоянного тока с напряжением 12 В (УЗА-2МК05), либо от батареи аккумуляторов с напряжением 6,3 В, служащей автономным источником питания (УЗА-2М06).

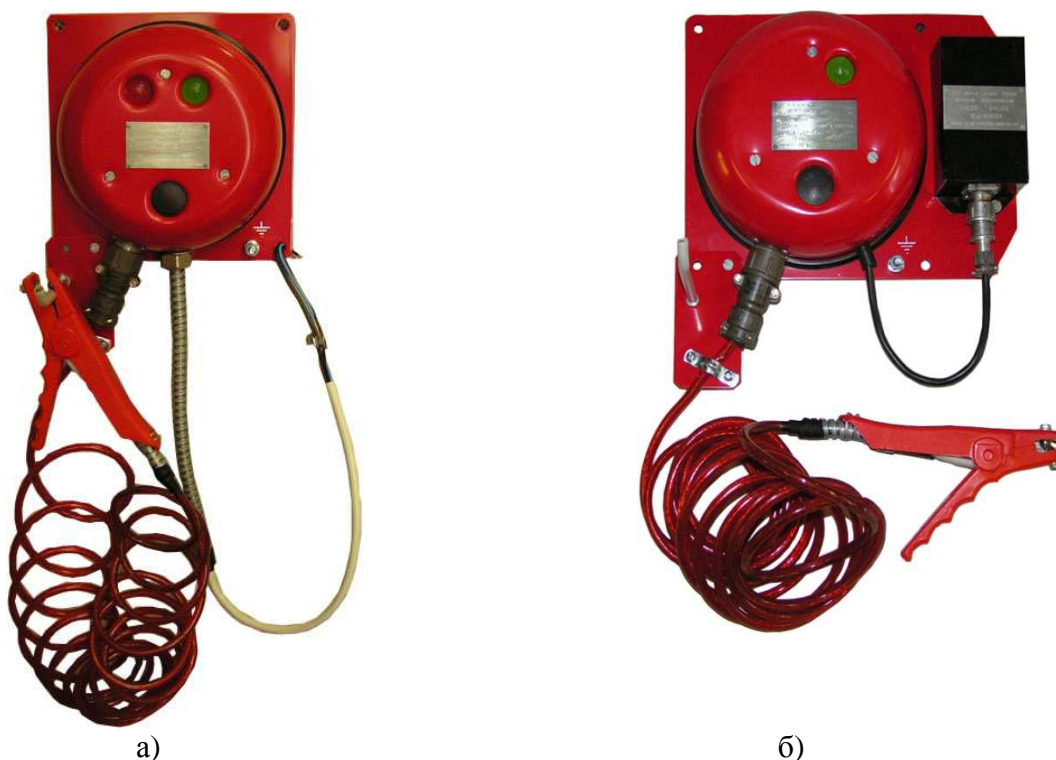


Рис. 2.2. Общий вид устройств контроля заземления автоцистерн УЗА-2МК:
а) УЗА- 2МК04 – 05; б) УЗА-2МК06

Информация о планируемом применении той или иной модификации УЗА должна быть отражена в проекте с указанием места его установки.

В процессе эксплуатации УЗА должно быть надёжно закреплено и заземлено, установлено рядом с устройством налива (слива), желательно с левой стороны по ходу движения АЦ, на высоте 1,5–1,7 м от земли.

Проводник заземления должен быть жестко закреплён с помощью разъёма к элементам крепления устройства заземления. Сопротивление между УЗА и контуром заземления должно быть не более 100 Ом [34].

В свою очередь, на АЦ должно быть предусмотрено место для присоединения зажима проводника заземления (см. рис. 2.3).

Это может быть пластина (сторона уголка и т. п.) с размерами 25x25 и толщиной не более 15 мм.

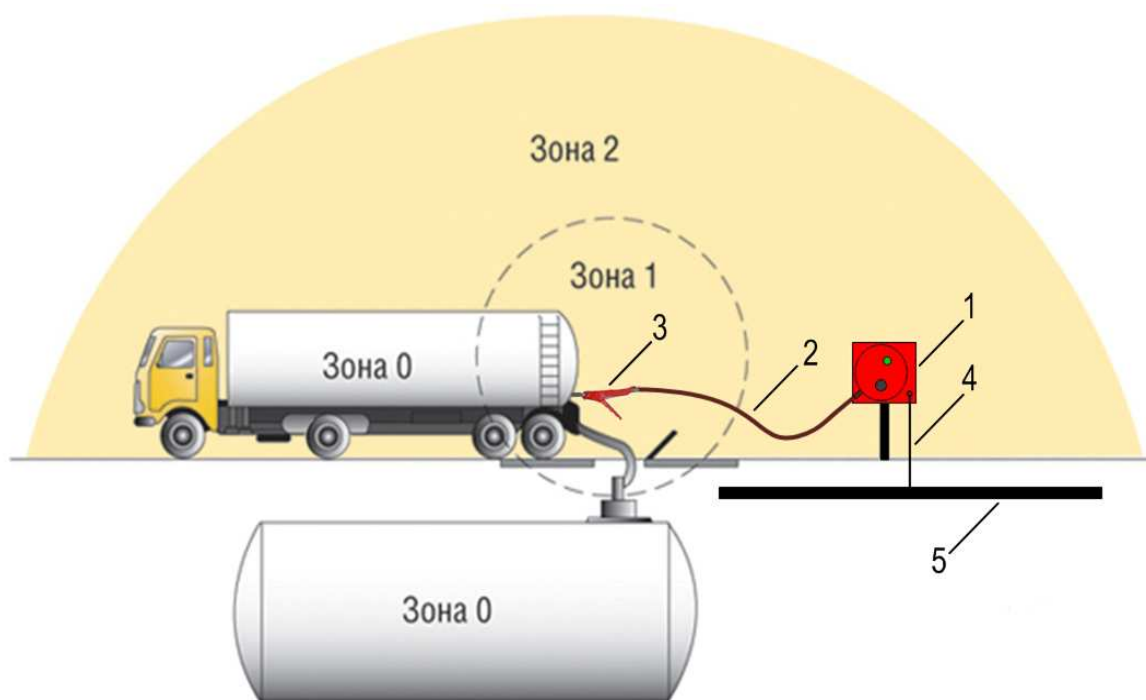


Рис.2.3. Пример подключения АЦ к заземляющему контуру АЗС через УЗА:
 1 – УЗА; 2 – заземляющий проводник между АЦ и УЗА;
 3 – зажим; 4 – заземляющий проводник между УЗА
 и заземляющим контуром АЗС; 5 – заземляющий контур АЗС

2.3. Экспертиза соответствия защитного заземления нормам и защитных мер электробезопасности

Несоблюдение правил устройства и эксплуатации электроустановок, дефекты в их конструкции, неосторожное обращение с электроприемниками и т.п. могут вызвать тяжелые поражения электрическим током. Для предупреждения поражений электрическим током принимают различные меры электробезопасности, которые должны быть указаны в проекте. Выполнение таких мер одновременно повышает уровень пожаровзрывобезопасности электроустановок.

Для электроустановок переменного и постоянного тока напряжением до 1 кВ и выше применяются общие требования к их заземлению и занулению, а также к защите людей и животных от поражения электрическим током, как в нормальном режиме работы, так и при повреждении изоляции.

Электроустановки по типу системы электроснабжения делятся на [20]:
 - электроустановки напряжением до 1 кВ в сетях с *глухозаземленной нейтралью* (системы *TN*, *TN-C*, *TN-S*, *TN-C-S* и *TT*);
 - электроустановки с напряжением до 1 кВ в сетях с *изолированной нейтралью* (система *IT*).

2.3.1. Термины и определения

Система *TN*: система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки присоединены к глухозаземленной нейтрали источника посредством нулевых защитных проводников (*PE*);

Система *TN-C*: система *TN*, в которой нулевой защитный (*PE*) и нулевой рабочий (*N*) проводники совмещены в одном проводнике на всем ее протяжении;

Система *TN-S*: система *TN*, в которой нулевой защитный (*PE*) и нулевой рабочий (*N*) проводники разделены на всем ее протяжении;

Система *TN-C-S*: система *TN*, в которой функции нулевого защитного (*PE*) и нулевого рабочего (*N*) проводников совмещены в одном проводнике в какой-то ее части, начиная от источника питания;

Система *IT*: система, в которой нейтраль источника питания изолирована от земли или заземлена через приборы или устройство, имеющие большое сопротивление, а открытые проводящие части электроустановки заземлены;

Система *TT*: система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки заземлены при помощи заземляющего устройства, электрически не зависящего от глухозаземленной нейтрали источника.

Примечание. Под буквенными обозначениями систем следует понимать:

1) Первая буква – состояние нейтрали источника питания относительно земли:

T (от лат. «*Terra*», т.е. земля) – заземленная нейтраль;

I (от англ. «*Isolation*», т.е. изоляция) – изолированная нейтраль.

2) Вторая буква – состояние открытых проводящих частей относительно земли:

T – открытые проводящие части заземлены, независимо от отношения к земле нейтрали источника питания или какой либо точки питающей сети;

N – открытые проводящие части присоединены к глухозаземленной нейтрали источника питания.

3) Последующие (после *N*) буквы – совмещение в одном проводнике или разделение функций нулевого рабочего и нулевого защитного проводников:

S (от англ. «*Separated*», т.е. разделенный) – нулевой рабочий (*N*) и нулевой защитный (*PE*) проводники разделены;

C (от англ. «*Combined*», т.е. объединенный) – функции *N* и *PE* проводников совмещены в одном проводнике (*PEN* проводник).

Заземление: преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством.

Защитное заземление: заземление, выполняемое в целях электробезопасности.

Заземляющее устройство: совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

Зануление: преднамеренное соединение частей электроустановки, нормально не находящихся под напряжением, с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленной средней точкой источника в сетях постоянного тока.

Выравнивание и уравнивание потенциала: метод снижения напряжения прикосновения и шага между точками электрической цепи, к которым возможно одновременное прикосновение или на которых может одновременно стоять человек.

Примечание. Выравнивание потенциала осуществляется электрическим соединением металлических конструкций, находящихся вблизи электроустановки с ее корпусом, а также формированием зоны растекания путем использования специальных заземляющих устройств.

2.3.2. Выбор и обоснование применения заземляющего устройства

Повреждение частей электроустановок и соединение их с заземленными конструктивными частями зданий, сооружений, технологического оборудования или непосредственно с землей связано с протеканием *токов однофазного короткого замыкания* (в системах *TN* и *TT*), либо *токов однофазного замыкания на землю* (в системах *IT*).

Токи короткого замыкания или замыкания на землю при определенных условиях (наличие горючей среды, обрыв заземляющих или нулевых защитных проводников или их отсутствие, наличие плохих контактов и искровых промежутков и др.) могут быть причиной возникновения пожаров и взрывов.

Поэтому *защитное заземление или защитное зануление следует рассматривать как одну из мер пожарной безопасности от токов коротких замыканий и токов замыкания на землю, особенно в пожаро- и взрывоопасных зонах.*

С целью защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции, проектом должны быть предусмотрены основные защитные меры, такие как: *заземление, зануление, выравнивание и уравнивание потенциала.*

Мероприятия по уравниванию и выравниванию потенциалов наряду с другими, способствуют повышению уровня электробезопасности, пожаровзрывобезопасности, молниезащиты и защиты от разрядов СЭ.

Для обеспечения безопасного функционирования электроустановок напряжением до 1 кВ применяется чаще всего основная система уравнивания потенциалов, в которой для целей защиты должны соединяться между собой следующие проводящие части:

1. Нулевой защитный *PE* или *PEN*-проводник, питающей линии в системе *TN*;
2. Заземляющий проводник, присоединенный к заземляющему устройству электроустановки, в системе *IT* и *TT*;
3. Заземляющий проводник, присоединенный к заземлителю повторного заземления на вводе в здание;
4. Металлические трубы коммуникаций, входящих в здание (водоснабжения, канализации, газоснабжения и т.п.);
5. Металлические части корпуса здания;
6. Металлические части централизованных вентиляции и кондиционирования; при наличии централизованных вентиляции и кондиционирования металлические воздуховоды следует присоединять к шине *PE* щитов питания вентиляторов и кондиционеров;
7. Заземляющий проводник рабочего заземления;
8. Заземляющее устройство системы молниезащиты 2-й и 3-й категории;
9. Металлические оболочки телекоммуникационных кабелей.

Для соединения с основной системой уравнивания потенциалов все перечисленные части должны быть присоединены к главной заземляющей шине при помощи проводников системы уравнивания потенциалов.

Пожарно-техническая экспертиза электротехнической части проекта предусматривает определение соответствия защитного заземления и защитных мер электробезопасности, имеющих в проекте, требованиям ПУЭ [12 и 20].

Конструктивные особенности и параметры защитного заземления и защитных мер электробезопасности указывают частично в пояснительной записке в разделе «Заземление», частично на планах силового и осветительного электрооборудования и сетей, а также на чертежах с рубрикой «Заземление».

Требуемый вариант защитного заземления и защитных мер электробезопасности определяют по ПУЭ [12 и 20] (см. гл. 1.7 и 7.3.132 – 7.3.141).

Эксперт должен помнить, что к устройству защитных заземлений и защитных мер электробезопасности во взрывоопасных зонах предъявляют более жесткие требования, чем в невзрывоопасных зонах. Например, защитному заземлению подлежат все электроустановки независимо от напряжения переменного или постоянного тока. В качестве заземляющих или защитных нулевых проводников должны применяться специально предназначенные для этих целей проводники.

Для обеспечения необходимой кратности тока короткого замыкания и быстрого действия аппаратов защиты в системах TN нулевые защитные проводники должны быть выполнены из цветного металла.

Применение стальных нулевых защитных проводников недопустимо.

Во взрывоопасных зонах могут применяться электроустановки напряжением до 1 кВ с системой защитного заземления TN или TT , при этом в системе TN следует применять сети с отдельными N и PE проводниками по всей системе (система $TN-S$). В питающих сетях, полностью прокладываемых вне взрывоопасных зон, допускается объединение N и PE проводников (система $TN-C-S$). Сеть, не имеющая металлического соединения защитного заземлителя с заземлителем источника питания, представляет систему защитного заземления TT , которую не допускается применять во взрывоопасных зонах всех классов.

Расчетная проверка токов короткого замыкания в электроустановках напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью должна предусматриваться для всех электроприемников, расположенных во взрывоопасных зонах.

2.3.3. Проверочный расчет параметров заземлителей защитного зануления или заземления.

С учетом требований электробезопасности и пожарной безопасности в объем проверочных расчетов при пожарно-технической экспертизе включаются и расчеты необходимых параметров заземлителей защитного зануления или заземления.

При невозможности или нецелесообразности использования естественных заземлителей применяют искусственные заземлители. Так как проводимость искусственных заземлителей складывается из проводимости вертикальных ($1/r_B$) и горизонтальных ($1/r_T$) заземлителей, то

$$r_{иск} = r_B r_T / (r_B + r_T). \quad (2.47)$$

Правильность выбора искусственного заземлителя должна отвечать условию $r_{иск} \leq r_3$, где r_3 – нормативное значение сопротивления искусственного заземлителя, указанное в п. 1.7.101. ПУЭ [20].

Проверочный расчет сложного искусственного заземлителя, состоящего из вертикальных электродов и горизонтальных соединительных полос, производят в следующем порядке:

1) определяют сопротивление одиночного цилиндрического электрода или иной формы заземлителя по формулам (2.48) – (2.54). При этом $\rho_{расч}$ в формуле (2.48) определяют по выражению $\rho_{расч} = \rho_{изм} \cdot k$ и по прил. 13.

Сопротивление одиночного цилиндрического электрода рассчитывают по формуле

$$r_{o.в} = 0,366 \frac{\rho_{расч}}{l_B} \left(\lg \frac{2l_B}{d_B} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t_B + l_B}{4t_B - l_B} \right), \quad (2.48)$$

где $\rho_{расч}$ – расчетное удельное сопротивление грунта, Ом · м ;

l_B – длина вертикальной трубы, стержня или уголкового стержня, м;

d_B – наружный диаметр вертикальной трубы, стержня, м;

t_B – глубина заложения, равная расстоянию от поверхности земли до середины трубы, стержня или уголкового стержня, м.

Если одиночный заземлитель представляет обычно применяемую на практике трубу диаметром $d_B = 0,05$ м и длиной $l_B = 2,5$ м, забиваемую на глубину $t = 0,7$ м, считая от поверхности земли до верха трубы, тогда $t_B = t + l_B/2 = 0,7 + 1,25 = 1,95$ м.

Отсюда, сопротивление одиночного цилиндрического электрода $r_{от}$ в виде трубы может быть оценено по формуле

$$r_{o.т} \approx 0,3\rho_{расч}. \quad (2.49)$$

Если вместо труб используют более дешевые заземлители из уголкового стержня, тогда сопротивление $r_{o.в}$ рассчитывают по формуле (2.48), вводя вместо значения d_B эквивалентный диаметр заземлителя из уголкового стержня d_y . Эквивалентный диаметр d_y рассчитывают, исходя из активной поверхности растекания по формуле

$$d_y = 0,95b_B, \quad (2.50)$$

где b_B – ширина полки вертикального электрода в виде уголка, м.

Если пользоваться упрощенной формулой (2.49), то сопротивление одиночного электрода длиной $l_B = 2,5$ м получается равным:

для уголкового стержня $50 \times 50 \times 5$ мм

$$r_{o.y} = 0,318\rho_{расч}; \quad (2.51)$$

для уголкового стержня $60 \times 60 \times 6$ мм

$$r_{o.y} = 0,298\rho_{расч}. \quad (2.52)$$

Сопротивление растеканию тока протяженных горизонтальных заземлителей определяют по формулам:

$$r_{o.п} = 0,366 \frac{\rho_{расч}}{l_T} \lg \frac{2l_T^2}{b_T t}; \quad (2.53)$$

$$r_{o.k} = 0,366 \frac{\rho_{расч}}{l_{\Gamma}} \lg \frac{l_{\Gamma}^2}{d_{\Gamma} t}, \quad (2.54)$$

где $r_{o.п}$ и $r_{o.к}$ – сопротивление полосового и круглого горизонтальных заземлителей, Ом;

l_{Γ} – длина горизонтальной полосы, трубы, стержня или уголкового стали, м;

d_{Γ} – наружный диаметр горизонтальной трубы, стержня, м (для уголкового стали принимается эквивалентный диаметр d_y , рассчитываемый по формуле (2.50));

b_{Γ} – ширина горизонтального электрода в виде полосы, м;

t – глубина заложения горизонтального электрода, равная расстоянию от поверхности земли до верха вертикального электрода, м.

Из сопоставления формул (2.53) и (2.54) следует, что одинаковые сопротивления растеканию тока дает круглая сталь диаметром d_{Γ} и полоса шириной $2d_{\Gamma}$. Обычно устраивают сложные заземлители из нескольких (а иногда из большого количества) вертикальных электродов, которые соединяют параллельно металлической полосой, являющейся также электродом. Электроды такого заземлителя располагают на расстоянии друг от друга, обычно равном 1–3 длинам электрода, из-за чего возникает так называемое взаимное экранирование электродов. Явление экранирования происходит в результате наложения электрических полей при растекании тока в землю. Сопротивление каждого электрода при этом растет. Экранирование приводит к существенному увеличению их сопротивления. Таким образом, сопротивление сложного заземлителя (при расположении электродов в ряд или по контуру) следует определять с учетом взаимного экранирования одиночных вертикальных электродов и горизонтальных соединительных полос;

2) сопротивление вертикальных электродов заземлителей, расположенных в ряд или по контуру, с учетом коэффициента использования η_b определяют по формуле

$$r_b = r_{o.b} / n_b \cdot \eta_b, \quad (2.55)$$

где $r_{o.b}$ – сопротивление одиночного вертикального заземлителя (формулы (2.48) – (2.52));

η_b – коэффициент использования вертикальных заземлителей (см. прил. 14);

n_b – количество вертикальных электродов.

3) сопротивление протяженных горизонтальных заземлителей (соединительных полос) без учета экранирования определяют по формулам (2.53) и (2.54);

4) сопротивление растеканию тока горизонтальных электродов, связывающих вертикальные электроды заземлителя (с учетом экранирующего влияния), находят по формуле

$$r_{\Gamma} = r_{\text{о.п(о.к)}} / \eta_{\Gamma}, \quad (2.56)$$

где $r_{\text{о.п(о.к)}}$ – сопротивление горизонтальной соединительной полосы (круглой стали) без экранирующего влияния (см. формулы (2.53) и (2.54);

η_{Γ} – коэффициент использования горизонтальных соединительных полос (см. прил. 14);

5) сопротивление всего заземляющего устройства определяют по формуле (2.47);

б) вывод о соответствии заземлителя, предусмотренного проектом, требованиям норм делают путем сравнения полученного расчетом значения $r_{\text{иск}}$ с его значениями по проекту. При этом, если $r_{\text{иск}} \leq r_{\text{з}}$, то заземлитель соответствует требованиям ПУЭ; если же $r_{\text{иск}} > r_{\text{з}}$, то заземлитель не соответствует требованиям ПУЭ. В последнем случае информация о несоответствии заземлителя нормам вносится в заключение по результатам пожарно-технической экспертизы.

2.4. Экспертиза соответствия устройств молниезащиты нормам

Большое влияние на безопасную и безаварийную работу электроустановок оказывает качественно спроектированная защита от воздействий атмосферного электричества (молнии). С бурным развитием микропроцессорной техники проблема защиты от молнии встает все более остро. Для объектов нефтеперерабатывающей и химической промышленности создание надежной системы защиты крайне необходимо. Такие объекты отличаются от других наличием пожаровзрывоопасных процессов и несут потенциальную опасность. Отсутствие надежной защиты от воздействий молнии на объект и его электрические сети, оборудование, управляющую аппаратуру может привести к серьезным последствиям в виде пожара или взрыва. По этой причине пожарно-техническая экспертиза электроустановок должна включать в себя проведение оценки надежности системы защиты объекта от воздействий молнии.

Конструктивные особенности системы защиты и меры, принятые в отношении безопасной работы оборудования при воздействиях молнии, указывают в пояснительной записке в разделе «Молниезащита», частично на поэтажных планах объекта, планах электрических сетей, а также на чертежах с рубрикой «Молниезащита».

Воздействие молнии носит двойкий характер. С одной стороны, молния может поражать объекты непосредственно, т.е. *прямым ударом (первичное воздействие)*. При этом происходит прямой контакт канала молнии с объектом, который сопровождается протеканием через объект тока молнии. С другой стороны, удары молнии могут приводить к *вторичным воздействиям*, связанным с электростатической и электромагнитной индукцией, а также заносом высокого потенциала через наземные и подземные металлические коммуникации. Вторичные воздействия создают внутри защищаемого объекта опасность появления источника зажигания в форме электрического разряда.

В нашей стране существуют два нормативных документа, на основе которых можно спроектировать систему защиты объекта от воздействий молнии. К таким документам относится РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений» [41] и «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» [42]. Руководящий документ [41] устанавливает требования к защите объектов от прямых ударов молнии (ПУМ). В Инструкции [42] указаны требования к защите объектов, как от ПУМ, так и от вторичных воздействий молнии. Согласно разъяснению Ростехнадзора № 10-03-04/182 от 01.12.2004 г., обе инструкции имеют одинаковую юридическую силу и должны применяться совместно.

Для объектов нефтеперерабатывающей промышленности, в дополнение к указанным выше инструкциям, можно пользоваться корпоративными инструкциями по молниезащите таких крупных организаций как ОАО «Газпром», ОАО «АК «ТРАНСНЕФТЬ» и др.

Кроме того, на территории РФ действуют первые две части международного стандарта *IEC 62305*, в которых представлены общие принципы защиты объектов от атмосферного электричества и порядок расчета риска. В третьей и четвертой части стандарта *IEC 62305* указана более детальная информация по конструктивным особенностям системы и порядке ее монтажа.

2.4.1. Термины и определения

Система молниезащиты: комплекс защитных устройств, предназначенных для обеспечения безопасности людей, сохранности зданий, сооружений, оборудования, материалов от возможных взрывов, разрушений, загораний, возникающих при воздействии молнии, а в зданиях, связанных с сельским хозяйством, – для обеспечения безопасности животных.

Примечание. Включает в себя внешнюю и внутреннюю систему молниезащиты.

Внешняя система молниезащиты: часть системы молниезащиты, состоящая из молниеприемников, токоотводов и заземлителей.

Внутренняя система молниезащиты: часть системы молниезащиты, состоящая из системы уравнивания потенциалов и/или устройств защиты от импульсного перенапряжения.

Молниеприемник: часть внешней системы молниезащиты, которая включает в себя металлические элементы, например стержни, сетки или натянутые тросы, предназначенные для улавливания прямых ударов молнии.

Примечание. Молниеприемники можно разделить на естественные и искусственные. Роль естественных молниеприемников могут выполнять внешние проводящие части объекта, такие как:

- металлическая кровля объекта при условии непрерывности металлического покрытия, его долговечности, толщины металла и изоляции металлического покрытия (слоя краски или пластикового покрытия);

- металлические конструкции кровли (например, защитные ограждения кровли);

- водосточные трубы, трубопроводы, металлический орнамент и т.п.

К искусственным молниеприемникам относятся отдельно стоящие, настенные или крышевые стержневые, тросовые молниеприемники, а также молниеприемные сетки.

Токоотвод: часть внешней системы молниезащиты, предназначенная для отвода тока молнии от молниеприемника к заземлителю.

Заземлитель: часть внешней системы молниезащиты, которая предназначена для отвода тока молнии в землю и его растекания в земле.

Примечание. Заземлители делятся на естественные и искусственные. К естественным заземлителям относятся металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в прямом контакте с грунтом (заглублены в землю).

К искусственным заземлителям относятся конструкции из нескольких вертикальных и/или горизонтальных проводников (электродов), расположенные в грунте, а также проложенные в земле контуры заземления.

Молниеотвод: устройство защиты от ПУМ, выполняющее роль внешней системы молниезащиты, состоящее из молниеприемника, токоотвода, заземлителя.

Система уравнивания потенциалов: система, обеспечивающая заземление наикратчайшим путем отдельных металлических частей объекта посредством токопроводящих проводников или с помощью устройств защиты от импульсных перенапряжений с целью снижения разности потенциалов между этими частями и контуром заземления, возникающих вследствие протекания тока молнии.

Устройство защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП): устройство, предназначенное для ограничения переходных перенапряжений и отвода импульсных токов, содержащее по крайней мере один нелинейный элемент.

Допустимая вероятность прорыва молнии P : предельная вероятность удара молнии в объект, защищаемый молниеотводом.

Надежность защиты: степень защиты объекта, определяемая как $1-P$.

Примечание. Здания и сооружения (объекты защиты) в зависимости от их назначения, интенсивности грозовой деятельности в районе их местонахождения, а также от ожидаемого количества поражений молний в год должны быть защищены в соответствии с категорией устройства молниезащиты и типом зоны защиты по табл. 1 РД [41] или классом объекта защиты и уровнем защиты по табл. 2.1 и табл. 2.2 [42].

Пожаровзрывоопасные объекты, согласно инструкции [42] классифицируются как специальные. Для таких объектов минимально допустимый уровень надежности защиты от ПУМ устанавливается в пределах 0,9-0,999 в зависимости от степени их общественной значимости и тяжести ожидаемых последствий от ПУМ.

Промышленные коммуникации: кабельные линии (силовые, информационные, измерительные, управления, связи и сигнализации), проводящие трубопроводы, непроводящие трубопроводы с внутренней проводящей средой.

Зона защиты молниеотвода: часть пространства, примыкающая к молниеотводу, внутри которого здание или сооружение защищено от ПУМ с определенной степенью надежности.

Примечание. В действующих стандартах и нормах правила построения зон защиты отличаются друг от друга. По этой причине эти зоны могут существенно отличаться не только по размерам, но и по конфигурации.

В инструкциях [41,42] для расчета и построения зон защиты используется статистическая методика, с помощью которой получен набор эмпирических формул. На основе этой методики Энергетическим институтом им. Г.М. Кржижановского (ЭНИН) разработана компьютерная программа, которая позволяет вычислить ожидаемое число прорывов молнии к объекту в течение заданного срока эксплуатации и определить надежность защиты с помощью произвольной системы молниеотводов самой различной конфигурации (см. гл.2 [43]).

В международном стандарте IEC 62305 применяется два варианта расчета зон защиты: метод катящейся сферы и метод защитного угла. Данные методы не имеют научного обоснования и не соответствуют практическому опыту и физическим представлениям о развитии длинной искры и молнии [43].

2.4.2. Оценка габаритов зоны защиты одиночных стержневых молниеотводов ($h \leq 150$ м и $150 < h \leq 600$ м)

Габариты зоны защиты одиночных стержневых молниеотводов оцениваются по формулам (рис. 2.4 и табл. 2.20) и зависят от надежности защиты P_3 . Параметры зон защиты одиночного стержневого молниеотвода по РД [41] и [42] представлены в табл. 2.20.

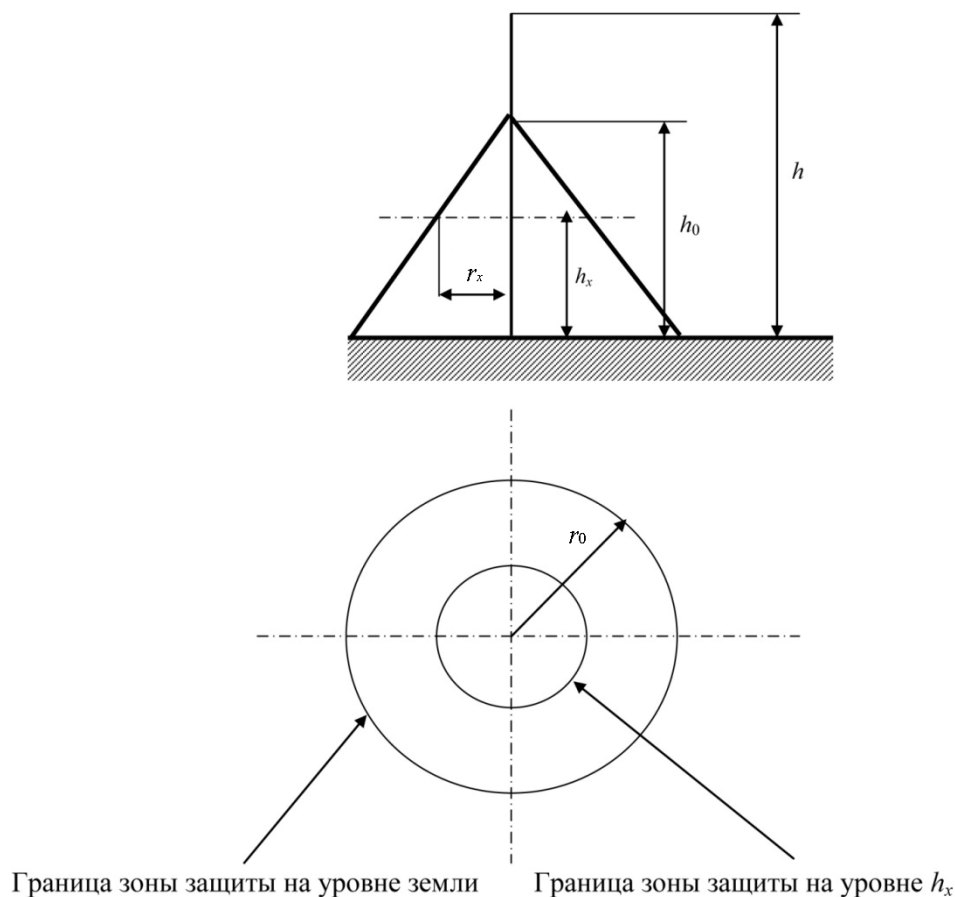


Рис. 2.4. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода

Таблица 2.20

Надежность защиты P_z	Высота молниеотвода h , м	Высота конуса h_0 , м	Радиус конуса r_0 , м
0,9*	$h \leq 100$	$0,85 h$	$1,2 h$
	$100 < h \leq 150$	$0,85 h$	$[1,2 - 10^{-3}(h - 100)]h$
0,95**	$h \leq 150$	$0,92 h$	$1,5 h$
	$150 < h \leq 600$	$[0,92 - 0,8 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h$	225
0,99*	$h \leq 30$	$0,8 h$	$0,8 h$
	$30 < h \leq 100$	$0,8 h$	$[0,8 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$
	$100 < h \leq 150$	$[0,8 \cdot 10^{-3}(h - 100)]h$	$0,7 h$
0,995**	$h \leq 150$	$0,85 h$	$(1,1 - 0,002 h) h$
	$150 < h \leq 600$	$[0,85 - 1,7 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h$	$[0,8 - 1,8 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h$
0,999*	$h \leq 430$	$0,7 h$	$0,6 h$
	$30 < h \leq 100$	$[0,7 - 7,14 \cdot 10^{-4}(h - 30)]h$	$[0,6 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$
	$100 < h \leq 150$	$[0,65 - 10^{-3}(h - 100)]h$	$[0,5 - 2 \cdot 10^{-3}(h - 100)]h$

*По [42]; **По РД [41].

Радиус горизонтального сечения зоны защиты r_x на высоте защищаемого объекта h_x определяют по формуле

$$r_x = \frac{r_0(h_0 - h_x)}{h_0}. \quad (2.57)$$

2.4.3. Оценка габаритов зоны защиты одиночных тросовых молниеотводов ($h \geq 150$ м)

Габариты зоны защиты одиночных тросовых молниеотводов оцениваются по формулам (рис. 2.5 и табл. 2.21) и зависят от надежности защиты P_3 . Параметры зон защиты одиночного тросового молниеотвода по РД [41] и [42] представлены в табл. 2.21.

Расчетные формулы, приведенные в табл. 2.20 и 2.21, пригодны для молниеотводов высотой до 150 м.

Зона защиты одиночного тросового молниеотвода высотой h , м, ограничена симметричными двускатными поверхностями, образующими в вертикальном поперечном сечении равнобедренный треугольник высотой $h_0 < h$ с основанием $2r_0$ (см. рис. 2.5). За значение h принимают минимальную высоту троса над уровнем земли с учетом провеса троса. При длине пролета $L \leq 120$ м, где L обозначает расстояние между точками подвеса троса, провес составляет 2 м по отношению к высоте опоры, а при $120 < L < 150$ м соответственно 3 м.

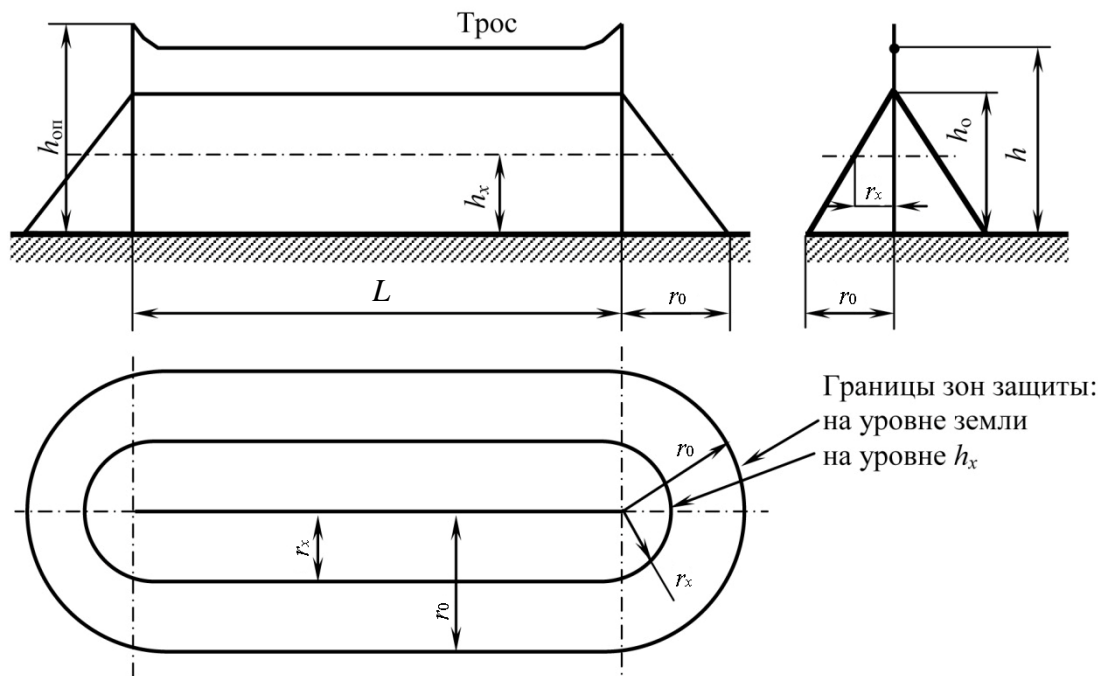


Рис. 2.5. Зона защиты одиночного тросового молниеотвода:
 L – расстояние между точками подвеса тросов

Таблица 2.21

Надежность защиты P_z	Высота молниеотвода h , м	Высота h_0 , м	Радиус конуса r_0 , м
0,9*	$h \leq 150$	$0,87 h$	$1,5 h$
0,95**	$h \leq 150$	$0,92 h$	$1,7 h$
0,99*	$h \leq 30$	$0,8 h$	$0,95 h$
	$30 < h \leq 100$	$0,8 h$	$[0,95 - 7,14 \cdot 10^{-4}(h - 30)]h$
	$100 < h \leq 150$	$0,8 h$	$[0,9 - 10^{-3}(h - 100)]h$
0,995**	$h \leq 150$	$0,85 h$	$(1,35 - 0,0025 h) h$
	$h \leq 30$	$0,75 h$	$0,7 h$
0,999	$30 < h \leq 100$	$[0,75 - 4,28 \cdot 10^{-4}(h - 30)]h$	$[0,7 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$
	$100 < h \leq 150$	$[0,72 - 10^{-3}(h - 100)]h$	$[0,6 - 10^{-3}(h - 100)]h$

*По [42]; **По РД [41].

Для одиночного тросового молниеотвода радиус r_x зоны защиты требуемой надежности на высоте защищаемого объекта h_x определяют по формуле (2.57).

В РД [41] и [42] приводятся схемы и формулы расчета зон защиты двойного стержневого молниеотвода, двойного тросового молниеотвода и замкнутого тросового молниеотвода.

2.4.4. Обязательность устройства молниезащиты

При выборе категории устройств молниезащиты учитывают важность объекта, его высоту, расположение соседних объектов, интенсивность грозовой деятельности и другие факторы. Интенсивность грозовой деятельности характеризуется средним количеством грозовых часов в год $n_{\text{ч}}$. Эта величина может быть получена по данным местной метеорологической станции. Кроме того, существует карта [12, 41], на которой нанесены линии средней за год продолжительности гроз на территории России. На ней же приближенно размечены и крупные области, где наблюдается одна и та же грозовая деятельность. Диапазон ее изменения довольно велик и зависит от климатических факторов и рельефа местности. В северных областях (Мурманск, Камчатка) она составляет не более 10 ч в год, для районов на широте $50-55^\circ$ она колеблется от 20 до 30 ч, а на юге (Кавказ, Донбасс) она может достигать 100–200 ч в год. Да и в пределах одного района с низкой грозовой активностью встречаются участки с резко повышенным числом грозовых часов в год.

Иногда оценка грозовой деятельности измеряется количеством грозовых дней в году $n_{\text{д}}$. Принято считать продолжительность грозы приблизительно равной 1,5 ч, если $n_{\text{д}} = 30$ дням, и 2 ч, когда $n_{\text{д}}$ больше 30 дней. Следовательно, $n_{\text{ч}} = (1,5-2) n_{\text{д}}$.

Однако более важной и информативной характеристикой для оценки возможного числа поражений объектов молнией является плотность ударов нисходящих молний на единицу земной поверхности.

Плотность ударов молнии в землю сильно колеблется по регионам земного шара и зависит от тех же факторов, что и интенсивность гроз. Особенно велико влияние рельефа в горной местности, где грозовые фронты распространяются преимущественно по узким коридорам.

Наблюдениями установлена корреляционная связь между плотностью разрядов в землю и продолжительностью гроз. Эта корреляционная зависимость распространена по всей территории России и связывает число ударов нисходящей молнии в 1 км² земной поверхности с конкретной продолжительностью гроз в часах. Для произвольного пункта на территории России удельная плотность ударов молнии в землю n определяется, исходя из средней продолжительности гроз в часах, следующим образом:

Средняя продолжительность гроз, $n_{\text{ч}}$	10-20	20-40	40-60	60-80	80-100	100 и более
Удельная плотность ударов молнии в землю, $1/(\text{км}^2 \cdot \text{год}), n$	1	2	4	5,5	7	8,5

Используя значения n , можно определить ожидаемое количество поражений молнией в год N :

для зданий и сооружений прямоугольной формы

$$N = [(S + 6h_x)(L + 6h_x) - 7,7h_x^2] n \cdot 10^{-6}; \quad (2.58)$$

для сосредоточенных зданий и сооружений (дымовые трубы, вышки, башни)

$$N = 9\pi h_x^2 n \cdot 10^{-6}, \quad (2.59)$$

где h_x – наибольшая высота здания или сооружения, м;

S и L – соответственно ширина и длина здания или сооружения, м;

n – среднегодовое число ударов молнии в 1 км² земной поверхности (удельная плотность ударов молнии в землю).

Если здание имеет сложную конфигурацию, то при расчете по формуле (2.58) в качестве S и L принимается ширина и длина наименьшего прямоугольника, в который может быть вписано здание или сооружение в плане. Принято считать, что молнии попадают в здание или сооружение в пределах территории, контур которой удален от контура сооружения на три его высоты.

Оценивая по формулам (2.58) и (2.59) число поражений молнией объектов разных размеров и форм, например, можно видеть, что при

средней продолжительности гроз 40–60 ч в год для здания высотой 20 м и размерами в плане 100×100 м можно ожидать не более одного поражения за 5 лет, для сосредоточенного объекта высотой 50 м можно ожидать не более одного поражения за 3–4 года.

Таким образом, при умеренных размерах зданий и сооружений (высота 20–50 м, длина и ширина примерно 100 м) поражение их молнией является редким событием.

Удельную плотность ударов молнии в землю n в месте дислокации объекта можно приближенно определить по формуле [44]

$$n = 0,23n_d^{1,3}. \quad (2.60)$$

На всей территории России здания и сооружения I категории должны быть обязательно защищены от прямых ударов молнии, электростатической и электромагнитной индукции и заноса в них высокого потенциала через наземные и подземные коммуникации, а молниеотводы должны предусматриваться с зонами защиты типа Б. В районах с очень малой интенсивностью грозовой деятельности вероятность удара в здание I категории очень мала, но материальный ущерб может быть велик, и затраты на молниезащиту в этом случае вполне оправданны.

Здания и сооружения II категории должны быть защищены от прямых ударов молнии, вторичных ее воздействий и заноса в них высоких потенциалов через наземные (надземные) и подземные коммуникации только в местностях со средней продолжительностью гроз $n_{\text{ч}} \geq 10$. Тип зоны защиты молниеотводов зависит от показателя N : зона типа А принимается при $N > 1$, а зона типа Б – при $N \leq 1$. Наружные технологические установки класса 1 или 2 (В-Iг по ПУЭ [12]), относимые также ко II категории, подлежат защите от прямых ударов молнии на всей территории России, а молниеотводы предусматриваются с зонами типа Б. Некоторые из этих установок подлежат защите и от электростатической индукции (резервуары с плавающими крышами или понтонами).

Здания и сооружения III категории (с зонами классов П-I, П-II, П-III) подлежат молниезащите в местностях со средней продолжительностью гроз 20 и более часов в год, а тип зоны защиты молниеотводов зависит от степени огнестойкости здания. Например, зона типа Б требуется для зданий и сооружений I и II степени огнестойкости при $0,1 < N \leq 2$, а для III, IV и V степени огнестойкости при $0,02 < N \leq 2$; при $N > 2$ необходима зона типа А. Для наружных установок класса П-III молниезащита предусматривается при средней продолжительности гроз 20 и более часов в год при зоне защиты типа Б, если $0,1 < N \leq 2$; при $N > 2$ – зона типа А.

Все здания и сооружения III категории должны быть защищены от прямых ударов молнии и заноса высоких потенциалов по наземным и надземным металлическим коммуникациям, а наружные установки

должны быть защищены только от прямых ударов молнии. Таким образом, обязательность устройства молниезащиты зданий или сооружений I, II и III категории определяется средней продолжительностью гроз $n_{\text{ч}}$ и ожидаемым количеством поражений N молнией в год. При несовпадении одного из этих показателей с величинами по нормам [12, 41] устройство молниезащиты становится необязательным.

При экспертизе молниезащитных устройств следует учитывать, что железобетонные фундаменты зданий, сооружений, наружных установок, опор-молниеотводов, осветительных мачт-молниеотводов, подножки и сваи следует, как правило, использовать в качестве заземлителей.

При этом битумные и битумно-латексные покрытия фундаментов не являются препятствием для такого использования. В средне- и сильноагрессивных грунтах, где защита железобетона от коррозии выполняется эпоксидными и другими полимерными покрытиями, использование железобетонных фундаментов в качестве заземлителей не допускается. Присоединение токоотводов к арматуре железобетонных фундаментов следует выполнять через закладные детали. Типовые конструкции заземлителей приведены в прил. 16.

ГЛАВА 3.

Пожарно-техническая экспертиза электроустановок, устройств защиты от СЭ и молниезащиты некоторых пожаровзрывоопасных объектов

3.1. Пожарно-техническая экспертиза электроустановок насосной станции для слива нефтепродуктов из железнодорожных цистерн

3.1.1. Определение и обоснование классов пожаровзрывоопасных зон

Конструктивно-планировочные особенности здания. Насосная станция расположена в одноэтажном прямоугольном здании 12×15 м (рис. 3.1). Наружные и внутренние стены – из обычного кирпича. Здание состоит из насосных залов светлых и темных нефтепродуктов, вентиляционных камер приточной вентиляции I и II, помещения щитовой и двух тамбуров. Все помещения изолированы друг от друга. Насосные залы имеют выходы наружу и в тамбуры, щитовая – выход наружу, вентиляционные камеры – в тамбуры. Двери внутренние и наружные – типовые деревянные, горючие.

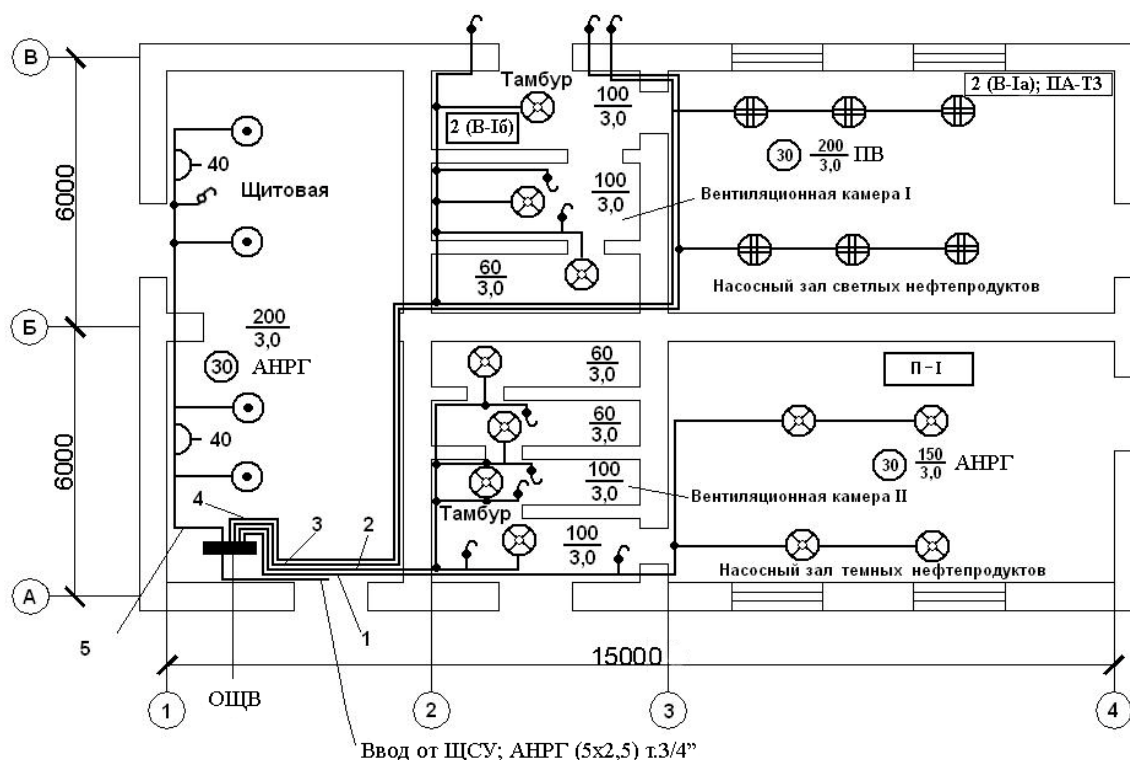


Рис. 3.1. План расположения помещений и осветительного электрооборудования здания насосной станции:

1, 2, 3 и 4 – номера групп осветительной сети

Вентиляция. *Приточно-вытяжная с механическим побуждением вентиляция* в насосном зале светлых нефтепродуктов обеспечивает двадцатикратный воздухообмен, а в насосном зале темных нефтепродуктов – восьмикратный.

Приточная вентиляция (венткамера I) снабжена центробежным вентилятором Ц9-57 № 4 с подачей воздуха 4120 м³/ч; а венткамера II – вентилятором Ц9-57 № 3 с подачей воздуха 1650 м³/ч. Приточная вентиляция обеспечивает подачу расчетного количества свежего воздуха в рабочую зону помещений.

Вытяжная вентиляция с механическим побуждением (состоит из центробежных вентиляторов Ц9-57 № 4 и вентиляторов Ц9-57 № 3, расположенных вне здания) обеспечивает удаление 70–80 % расчетного объема воздуха из нижней зоны насосных залов.

Так как в насосном зале светлых нефтепродуктов в случае аварии возможно выделение взрывоопасных паров, предусмотрена установка резервного вентилятора, сблокированного с рабочим вентилятором. Около 20–30 % расчетного объема воздуха удаляется из верхней зоны насосных залов дефлекторами (два дефлектора установлены в насосном зале светлых нефтепродуктов и один – в зале темных нефтепродуктов).

Особенности технологического процесса; конструктивные особенности технологического оборудования. Насосная станция предназначена для слива светлых нефтепродуктов из трех четырехосных железнодорожных цистерн. Для одновременного слива из цистерн светлых нефтепродуктов в насосном зале установлены два основных насоса БНК9х1, два вспомогательных СВН-80, а также два вакуум-насоса ВВН-3Н. Для одновременного слива из цистерн темных нефтепродуктов установлены шесть насосов ОУДН-130.

В качестве запорной арматуры приняты задвижки с ручным приводом. На нагнетательных линиях насосов предусмотрены обратные клапаны.

Все оборудование герметизировано, поэтому через сальниковые и фланцевые уплотнения насосов, трубопроводов, задвижек возможны лишь весьма незначительные выделения нефтепродуктов.

Пожароопасные свойства обращающихся в производстве веществ. Пожаровзрывоопасность технологического процесса данной насосной станции следует оценивать, исходя из того, что слив может производиться из самых разнообразных ЛВЖ и ГЖ. Например, бензинов разных марок (АИ-92, АИ-95, АИ-98), дизельного топлива (летнее), масел (соляровое, топливное, автотракторное и т.п.).

Пожаровзрывоопасность сливаемых через насосную ЛВЖ и ГЖ характеризуется их пожароопасными свойствами. Для примера приведем характеристику пожароопасных свойств некоторых ЛВЖ и ГЖ.

Бензин АИ-92 ($C_{6...9}H_{12}$): бесцветная ЛВЖ; молекулярная масса 98,2; плотность $\rho = 730 \text{ кг/м}^3$; температура вспышки $t_{\text{всп}} = -36 \text{ }^\circ\text{C}$; концентрационные пределы распространения пламени $\varphi_{\text{нкрп}} = 0,76\%$, $\varphi_{\text{вкрп}} = 5,16 \%$; теплота сгорания 46818 кДж/кг; температура самовоспламенения 330 $^\circ\text{C}$.

Дизельное топливо (зимнее): ЛВЖ, молекулярная масса 1723; плотность $\rho = 804 \text{ кг/м}^3$; температура вспышки $t_{\text{всп}} = 48 \text{ }^\circ\text{C}$; температурные пределы распространения пламени $t_{\text{нрп}} = 43 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{\text{врп}} = 92 \text{ }^\circ\text{C}$; температура самовоспламенения 225 $^\circ\text{C}$; теплота сгорания 43000 кДж/кг.

Масло индустриальное 50 (машинное СУ): горючая вязкая жидкость; плотность $\rho = 903 \text{ кг/м}^3$; температура вспышки $t_{\text{всп}} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$; температура самовоспламенения 380 $^\circ\text{C}$; температурные пределы распространения пламени: $t_{\text{нрп}} = 146 \text{ }^\circ\text{C}$, верхний $t_{\text{врп}} = 191 \text{ }^\circ\text{C}$.

Нормативная оценка класса взрывоопасной зоны

Насосный зал светлых нефтепродуктов. Класс зоны этого зала следует оценивать, исходя из предположения слива такой ЛВЖ, как бензин, имеющей температуру вспышки $-36 \text{ }^\circ\text{C}$. Т.к. в технологическом процессе применяется ЛВЖ с температурой вспышки ниже 61 $^\circ\text{C}$ (см. также п.7.3.11 [12]), то помещение насосного зала светлых нефтепродуктов согласно, требованиям ФЗ [1], следует отнести к классу взрывоопасных зон. Если технологическое оборудование и вентиляция работают исправно и при нормальном режиме работы оборудования ГГ или пары ЛВЖ, образующие с воздухом взрывоопасные смеси, не выделяются относить такое помещение к классам зон 0 или 1 нет оснований.

При повреждении технологического оборудования или аварийной ситуации (разгерметизация сальников насосов и фланцев трубопроводов, разрыв трубопроводов и т.п.) в насосный зал сравнительно небольших размеров (51,1 м²) может излиться большое количество бензина. При этом даже нормально работающая вентиляция не всегда исключает возможность образования взрывоопасных концентраций паров бензина с воздухом. Поэтому с учетом п. 7.3.39 [12] следует произвести аналитическую оценку класса взрывоопасной зоны насосного зала светлых нефтепродуктов.

Насосный зал темных нефтепродуктов. Класс зоны этого зала следует оценивать по сливу различных масел, имеющих температуру вспышки более 61 $^\circ\text{C}$. В п. 2.1.2 настоящего пособия, ст. 18 [1], гл. 2 [28] и гл. 7.4 [12] приводятся понятия и классификация пожароопасных зон. Поскольку через насосный зал темных нефтепродуктов сливаются ГЖ с $t_{\text{всп}}$ более 61 $^\circ\text{C}$, то это помещение здания насосной следует относить к классу пожароопасной зоны П-І. Такой вывод совпадает с данными пояснительной записки и на чертежах проекта насосной (рис. 3.2).

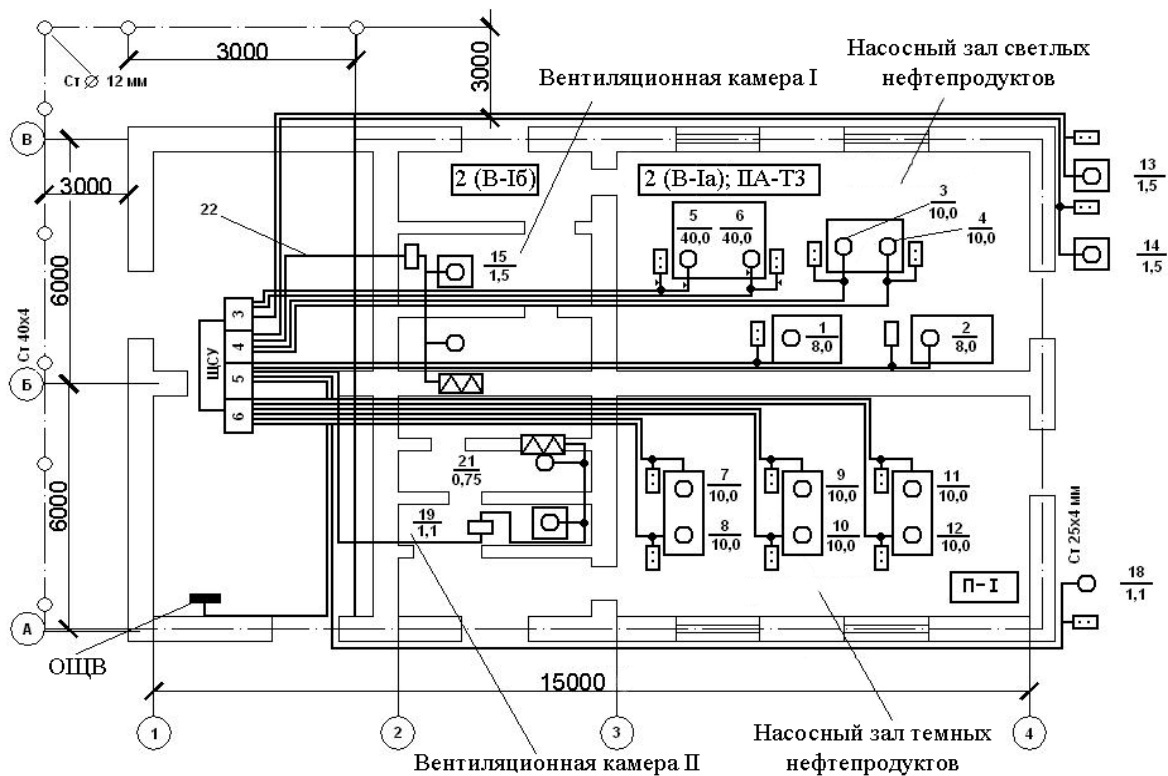


Рис. 3.2. План силового электрооборудования здания насосной станции

Аналитическая оценка класса взрывоопасной зоны зала светлых нефтепродуктов

В п. 2.1.3 и табл. 2.1 настоящего пособия указывалось, что в основу аналитической оценки класса взрывоопасной зоны и ее размеров положена количественная оценка массы паров бензина, поступивших в окружающее пространство в результате возникновения взрывопожароопасной ситуации, и последующая оценка геометрических размеров или объема взрывоопасных зон.

Для определения этих показателей необходимо учитывать:

- агрегатное состояние бензина;
- взрывоопасные свойства бензина (НКПР, плотность паров, максимальное давление взрыва при стехиометрической концентрации, теплота сгорания, температура вспышки и т.д.);
- реальные условия ведения технологического процесса (давление, температура) для прогнозирования наиболее неблагоприятного варианта аварийной ситуации, при которой может в помещение поступать наибольшее количество бензина);
- наличие технических средств контроля и защиты от образования взрывоопасных концентраций на случай разгерметизации технологического оборудования (сигнализаторы взрывоопасных концентраций, аварийная вентиляция, быстродействующая система

отключения поврежденного трубопровода или аппарата, технические решения по ограничению площади разлива жидкости, аварийный слив);

- вероятность появления источника зажигания (при аварийной ситуации она принимается равной 1).

За наиболее опасную аварийную ситуацию в насосной принимается отрыв одного из напорных трубопроводов одного из основных насосов БНК9х1 производительностью $Q = 100 \text{ м}^3/\text{ч}$ и диаметром напорного трубопровода $d = 0,15 \text{ м}$.

При отрыве трубопровода в насосный зал будет поступать бензин при работающем насосе до перекрытия задвижки, а после ее перекрытия бензин из трубопровода самотеком также выльется в помещение.

Масса паров бензина определяется по формуле (2.5)

$$m = \frac{m_{\Gamma, \Pi}}{A \cdot T + 1},$$

Массу паров бензина m_{Π} , кг, вышедших в результате расчетной аварии в помещении, определяется по формуле [17]

$$m_{\Pi} = W F_{\text{и}} T,$$

где W – интенсивность испарения, $\text{кг}/\text{м}^2 \text{ с}$;

$F_{\text{и}}$ – площадь испарения, м^2 , в зависимости от массы жидкости m_{Π} , вышедшей в помещение;

T – длительность испарения, с, жидкости с поверхности $F_{\text{и}}$. Принимается не более 3600 с.

Количество бензина, поступившего в помещение $m_{\text{ж}}$, кг, из трубопровода, определяется по формуле

$$m_{\text{ж}} = m_{\text{тр1}} + m_{\text{тр2}},$$

где $m_{\text{тр1}}$ – количество бензина, поступившего в помещение до перекрытия задвижки на трубопроводе при работающем насосе;

$m_{\text{тр2}}$ – количество бензина, поступившего в помещение после перекрытия задвижки.

Количество бензина, поступившего в помещение до перекрытия задвижки на трубопроводе при работающем насосе, определяется по формуле

$$m_{\text{тр1}} = q_{\text{нас}} T_3 \rho = 0,027 \cdot 300 \cdot 730 = 5913 \text{ кг},$$

где $q_{\text{нас}} = 0,027 \text{ м}^3/\text{с}$ – производительность насоса;

$T_3 = 3000 \text{ с}$ – время, необходимое для отключения трубопровода при ручном перекрытии задвижки;

$\rho = 730 \text{ кг}/\text{м}^3$ – плотность бензина.

Количество бензина, поступившего в помещение после перекрытия задвижки, определяется по формуле

$$m_{\text{тр}2} = f_{\text{тр}} l_{\text{тр}} \rho = 0,0176 \cdot 10 \cdot 730 = 128,48 \text{ кг},$$

где $f_{\text{тр}} = \pi d_{\text{тр}}^2 / 4 = (3,14 \cdot 0,15)^2 / 4 = 0,0176 \text{ м}^2$;

$d_{\text{тр}} = 0,15 \text{ м}$ – диаметр трубы;

$l_{\text{тр}} = 10 \text{ м}$ – длина трубопровода от насоса до задвижки.

Общее количество жидкости, поступившей в помещение из поврежденного трубопровода, будет равно: $m_{\text{ж}} = 5913 + 128,48 = 6041,48 \text{ кг}$.

Площадь испарения определяется из условия, что 1 л бензина разливается на 1 м^2 площади пола, и рассчитывается по формуле

$$F_{\text{и}} = (m_{\text{ж}} \cdot 1000) / \rho = (6041,48 \cdot 1000) / 730 = 8276 \text{ м}^2.$$

Так как площадь насосного зала равна $51,1 \text{ м}^2$ и дверные проемы оборудованы порогами высотой $0,15 \text{ м}$, то площадь поверхности испарения принимается равной площади пола $F_{\text{и}} = 51,1 \text{ м}^2$.

Интенсивность испарения определяется по формуле [17]

$$W = 10^{-6} \eta \sqrt{M} \cdot P_{\text{н}} = 10^{-6} \cdot 2,4 \cdot \sqrt{98,2} \cdot 23,65 = 0,000562 \text{ кг/м}^2\text{с},$$

где η – коэффициент, принимаемый по табл. А.3 [17] в зависимости от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения. $\eta = 2,4$ при скорости воздушного потока в помещении $0,1 \text{ м/с}$ и температуре воздуха в помещении $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;

$M = 98,2$ – молекулярная масса бензина;

$P_{\text{н}}$ – давление насыщенных паров бензина при температуре жидкости $20 \text{ }^\circ\text{C}$ определяется по формуле Антуана:

$$P_{\text{н}} = 0,133 \cdot 10^{A-B/(t+C)} \text{ кПа},$$

где А, В, С – константы уравнения Антуана ($A = 5,0702$; $B = 682,876$; $C = 222,066$).

$$P_{\text{н}} = 0,133 \cdot 10^{5,0702-682,876/(20+222,066)} = 0,133 \cdot 10^{2,25} = 23,65 \text{ кПа}.$$

Масса паров бензина, поступивших в помещение, будет равна:

$$m_{\text{п}} = W F_{\text{и}} T = 0,000562 \cdot 51,1 \cdot 3600 = 103,47 \text{ кг}.$$

С учетом работы аварийной вентиляции (вентилятор Ц9-57 № 4) с кратностью воздухообмена $A = 4120 / 200 = 20,6 \text{ ч}^{-1} = 0,0057 \text{ с}^{-1}$ масса паров бензина, поступивших в помещение, составит:

$$m = \frac{m_{\text{Г.п}}}{A \cdot T + 1} = \frac{103,47}{0,0057 \cdot 3600 + 1} = 4,81 \text{ кг}.$$

Плотность паров бензина при температуре 20 °С определяется по формуле

$$\rho_{\text{п}} = \frac{M}{V_t} = \frac{M \cdot T_0}{22,4 \cdot T_p} = \frac{98,2 \cdot 273}{22,4 \cdot 293} = 4,085 \text{ кг/м}^3,$$

где $V_t = 22,4 \text{ м}^3$ – объем килограммолекулы пара при указанной температуре, °С, и при атмосферном давлении $P = 10^5 \text{ Па}$.

Отсюда, размеры взрывоопасной зоны по формулам (2.3) и (2.4) составят:

$$R_{\text{НКПР}} = 7,8 \cdot \left(\frac{m_{\text{п}}}{\rho_{\text{п}} \cdot C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,33} = 7,8 \cdot \left(\frac{4,81}{4,085 \cdot 0,76} \right)^{0,33} = 9 \text{ м},$$

$$Z_{\text{НКПР}} = 0,26 \cdot \left(\frac{m_{\text{п}}}{\rho_{\text{п}} \cdot C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,33} = 0,26 \cdot \left(\frac{4,81}{4,085 \cdot 0,76} \right)^{0,33} = 0,3 \text{ м}.$$

Объем взрывоопасной зоны по формуле (2.6) составит:

$$V = \pi \cdot R_{\text{НКПР}}^2 \cdot Z_{\text{НКПР}} = 3,14 \cdot 9^2 \cdot 0,3 = 76,3 \text{ м}^3.$$

Свободный объем помещения по формуле (2.7) будет равен:

$$V_{\text{св}} = 0,8 \cdot V_{\text{пом}} = 0,8 \cdot 200 = 160 \text{ м}^3.$$

Заключение:

1. Т.к. объем взрывоопасной зоны составляет 47,7 % от свободного объема помещения, что больше 5 %, то по табл. 2.1 и п. 7.3.39 [12] взрывоопасная зона в насосном зале будет занимать весь объем помещения.

2. Размеры зоны указывают на то, что в случае аварии взрывоопасные концентрации паров бензина могут образоваться в радиусе 9 м от центра источника утечки. Следовательно, все электрооборудование, установленное в насосном зале, должно быть выполнено во взрывозащищенном исполнении.

3. С учетом табл. 2.1 настоящего пособия взрывоопасную зону зала светлых нефтепродуктов следует отнести к классу 2 (В-Ia), а ее размер – весь свободный объем помещения.

4. В проекте (см. рис. 3.1) насосный зал светлых нефтепродуктов отнесен также к взрывоопасной зоне класса 2 (В-Ia), что является правильным и соответствует требованиям ФЗ [1] и ПУЭ [12].

5. Тамбур насосного зала светлых нефтепродуктов (согласно п. 7.3.53, табл. 7.3.9 [12]) следует отнести к взрывоопасной зоне 2 (В-Iб), т.к. он

является смежным помещением и имеет общий дверной проем с насосным залом.

6. Т.к. размеры взрывоопасной зоны ($R = 9$ м) превышают размеры насосного зала светлых нефтепродуктов (6 м x 8,51 м), то согласно п. 7.3.44а [12] взрывоопасная зона будет образовываться на расстоянии 0,5 м по горизонтали и вертикали от проемов за наружными ограждающими конструкциями помещения насосного зала. Данная информация не представлена в рассматриваемом проекте.

7. В помещении насосного зала темных нефтепродуктов согласно ст. 18 ФЗ [1] и п. 7.4.3 ПУЭ [12] будет образовываться пожароопасная зона класса П-І, что отражено в проекте (см. рис. 3.1).

8. Помещение вентиляционной камеры І следует отнести к помещениям с нормальной средой вследствие наличия на воздуховодах самозакрывающегося обратного клапана (см. п. 7.3.51 [12]). Помещение вентиляционной камеры ІІ, тамбур насосного зала темных нефтепродуктов и помещение щитовой правильно отнесены в проекте к помещениям с нормальной средой (п. 1.1.6 [12]).

3.1.2. Определение и обоснование категории и группы взрывоопасных смесей

В п. 2.1.4 указывались свойства ЛВЖ, по которым взрывоопасные смеси паров с воздухом разделяются на категории и группы (см. табл. 2.4 и 2.5).

Так, согласно табл. 2.6 настоящего пособия, пп. 7.3.26 – 7.3.28 [12] и прил. В [23] взрывоопасную смесь паров бензина с воздухом следует отнести к категории ПА и группе Т2.

Таким образом, категория и группа взрывоопасной смеси применительно к ЛВЖ типа бензина в проекте (см. рис. 3.2) приняты правильно.

Однако с учетом того, что данная насосная является прирельсовой и через нее могут сливаться и другие нефтепродукты (бензины, дизельное топливо и др.), то правильнее принять категорию и группу взрывоопасных смесей применительно к наиболее неблагоприятному варианту слива нефтепродуктов, т.е. слива дизельного топлива, для которого принимается по вышеуказанным нормам – ПВ-Т3. В пояснительной записке и на планах силового и осветительного электрооборудования взрывоопасная смесь принята как ПА-Т3, т.е. категория взрывоопасной смеси занижена, о чем следует отметить в заключении по результатам пожарно-технической экспертизы.

3.1.3. Определение и обоснование соответствия уровней, маркировки взрывозащиты и степени защиты оболочек электрооборудования требованиям нормативных документов

Краткая характеристика электроснабжения и электрооборудования. Насосная станция питается электроэнергией от низковольтной сети предприятия. Напряжение сети 380/220 В: линейное 380 В для электродвигателей, фазное 220 В для электрического освещения. Потребляемая мощность для силового электрооборудования составляет 127 кВт, для электроосвещения – 3 кВт. Для распределения электроэнергии в щитовом помещении установлен щит станций управления (ЩСУ), скомплектованный из блоков управления. Для распределения осветительной нагрузки в щитовой установлен щит типа ОЩВ-6 (см. рис. 3.1). Силовой щит укомплектован автоматами типа *DX-h*, а осветительный щит – автоматами типа *DX 03* (см. прил. 10,11 и рис. 3.3).

Силовое электрооборудование. Силовая и осветительная нагрузка питается совместно от трансформаторного пункта (ТП) по кабелю АСБ (3×120+1×70), проложенному в земле. На вводе также предусмотрен блок управления. Управление электродвигателями технологического оборудования предусмотрено магнитными пускателями, а защита их – тепловыми реле и автоматами блоков управления.

Распределительная силовая сеть выполнена кабелем марки ВВГнг (5×25) с медными жилами и марки АВВГ с алюминиевыми жилами, проложенными в стальных трубах.

Основными потребителями электрической энергии являются электродвигатели насосов и вентиляторов. Исполнение двигателей принято в зависимости от пожаровзрывоопасности зон. В зале светлых нефтепродуктов и для вытяжной вентиляции этого зала предусмотрены взрывозащищенные электродвигатели серии ВАСО2, ВАСО7, 3В с маркировкой взрывозащиты 1ExdПВТ4 (см. прил. 20, рис. 3.3). В насосном зале темных нефтепродуктов, в вентиляционной камере 2 и вытяжного вентилятора этого зала предусмотрены электродвигатели серии АИР со степенью защиты оболочки IP54.

В качестве пусковой аппаратуры для электродвигателей приняты магнитные пускатели блоков управления. Дистанционное включение электродвигателей насосов и вентиляторов производится взрывозащищенными ключами управления типа ПВК с маркировкой взрывозащиты 1ExdПВТ5 (в насосном зале светлых нефтепродуктов и снаружи) и пылеводозащищенными кнопками управления типа КУ-123-3 со степенью защиты оболочки IP56 (в зале темных нефтепродуктов и снаружи).

Для защиты двигателей от токов утечки установлены УЗО типа *DX 08* (см. прил. 15, табл. 4 и рис. 3.3).

Осветительное электрооборудование. Проектом предусмотрено только общее рабочее освещение помещений. Осветительная арматура принята в соответствии со средой помещений, т.е. насосный зал светлых нефтепродуктов – взрывозащищенные светильники типа ВАД-61 с маркировкой взрывозащиты 1ExdIICT3 (см. прил. 22 и рис. 3.4), в насосном зале темных нефтепродуктов и в вентиляционных камерах – закрытые уплотненные светильники типа ЛСП44 со степенью защиты IP65. Для ремонтных работ предусматриваются аккумуляторные переносные светильники во взрывозащищенном исполнении. Включение светильников предусматривается герметическими выключателями типа ВРР-35 с оболочкой IP65 устанавливаемые в щитовой.

Осветительный щиток ОЩВ питается отдельной магистралью от ЩСУ (см. рис. 3.4). Распределительная сеть освещения в насосном зале светлых нефтепродуктов выполнена проводом марки ПВ (3x1,5) в стальных трубах, в остальных помещениях – кабелем АНРГ на скобах (см. рис. 3.1 и 3.4).

Для защиты осветительной сети от токов утечки установлены УЗО типа *DX 08* (см. прил. 15, табл. 4 и рис. 3.4).

Результаты нормативной и аналитической оценки классов пожаровзрывоопасности зон, оценка категорий и групп взрывоопасных смесей, а также основные данные по силовому и осветительному электрооборудованию сведены в табл. 3.1. Сопоставляя данные (см. графы 2, 3, 4) с оптимально требуемыми по ПУЭ (см. графу 5), делают вывод о соответствии запроектированного электрооборудования требованиям пожарной безопасности и ПУЭ (см. графу 6).

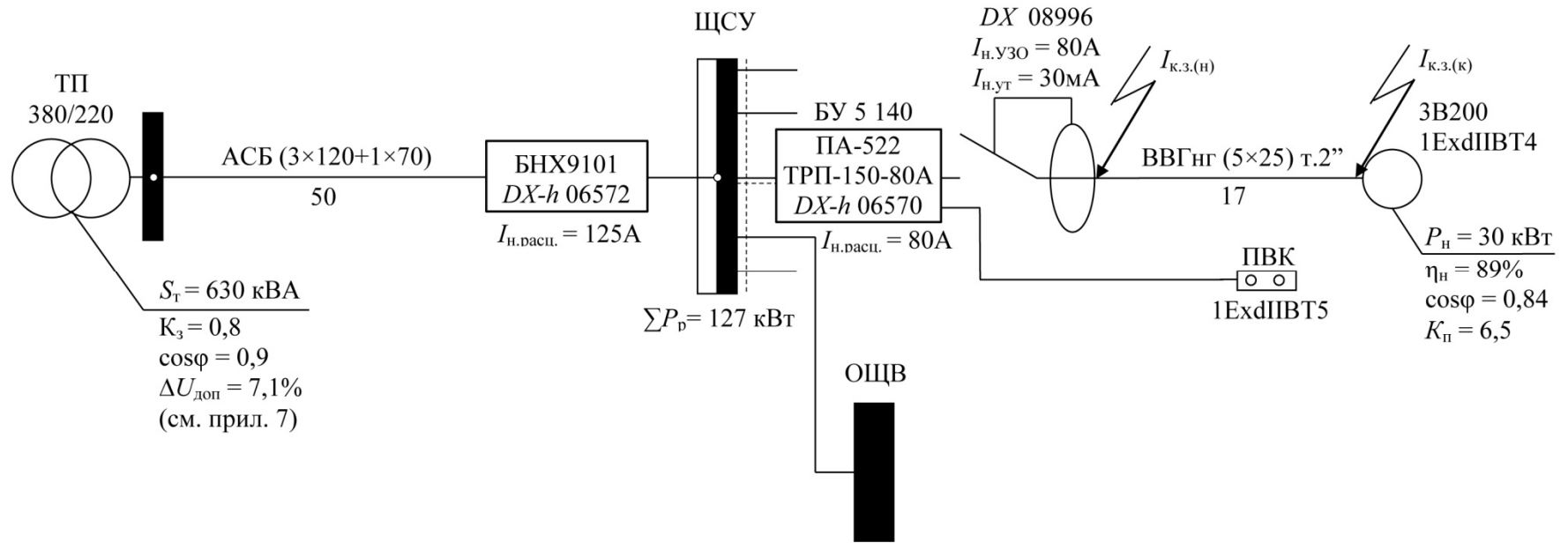


Рис. 3.3. Расчетная схема силовой сети здания насосной станции

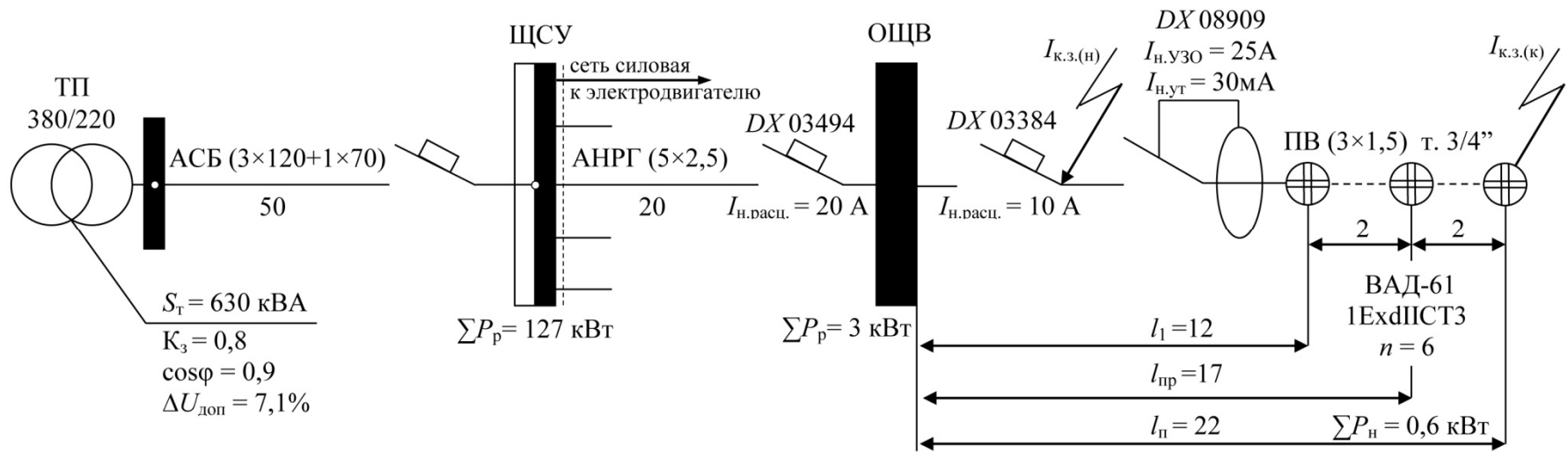


Рис. 3.4. Расчетная схема осветительной сети здания насосной станции

Таблица 3.1

Наименование помещения или наружной технологической установки	Классы зон, категории и группы взрывоопасных смесей		Тип, уровень, вид и маркировка взрывозащиты или степень защиты оболочки электрооборудования		Вывод о соответствии нормам запроектированного электрооборудования
	по проекту	по нормам	по проекту	по нормам	
1	2	3	4	5	6
Насосный зал светлых нефтепродуктов	2 (В-Ia)	2 (В-Ia)			Соответствует ст. 19 ФЗ [1], п.7.3.41 ПУЭ [12]
	ПА-Т3	ПВ-Т3	-	-	Не соответствует категории взрывоопасной смеси (ВОС), должна быть категория ПВ (по дизельному топливу)
Силовая сеть					
	-	2 (В-Ia) ПВ-Т3	Кабели ВВГнг в стальных трубах	Кабели и провода в стальных трубах	Соответствуют ст. 82 п.8 ФЗ [1]; пп. 7.3.93, 7.3.102, п. 7.3.118 табл. 7.3.14 ПУЭ [12]
			Электродвигатели типа 3В200 с Ex-маркировкой 1ExdПВТ4	Электрические машины: уровень – 2 и выше; категория ВОС – ПВ и выше; группа ВОС – Т3 и выше	Соответствуют ст. 82 п.1 ФЗ [1]; ст. 82 п.12 ФЗ [1]; п. 7.3.60, п. 7.3.66 табл. 7.3.10 ПУЭ [12]
			Ключи управления типа ПВК с Ex-маркировкой 1ExdПВТ5	Электрические аппараты: уровень – 2 и выше; категория ВОС – ПВ и выше; группа ВОС – Т3 и выше	Соответствуют ст. 82 п.1 ФЗ [1]; ст. 82 п.12 ФЗ [1]; п. 7.3.60, п. 7.3.68 табл. 7.3.11 ПУЭ [12]

Продолжение табл. 3.1

Наименование помещения или наружной технологической установки	Классы зон, категории и группы взрывоопасных смесей		Тип, уровень, вид и маркировка взрывозащиты или степень защиты оболочки электрооборудования		Вывод о соответствии нормам запроектированного электрооборудования
	по проекту	по нормам	по проекту	по нормам	
1	2	3	4	5	6
Насосный зал светлых нефтепродуктов	Осветительная сеть				
	-	2 (В-Ia) ПВ-ТЗ	Провода ПВ в стальных трубах	Кабели и провода в стальных трубах	Соответствуют ст. 82 п.8 ФЗ [1]; пп. 7.3.93, 7.3.102, п. 7.3.118 табл. 7.3.14 ПУЭ [12]
			Светильники типа ВАД-61 с Ex-маркировкой 1ExdIICT3	Светильники: уровень – 2 и выше; категория ВОС – ПВ и выше; группа ВОС – Т3 и выше	Соответствуют ст. 82 п.1 ФЗ [1]; ст. 82 п.12 ФЗ [1]; п. 7.3.60, п. 7.3.66 табл. 7.3.12 ПУЭ [12]
			Выключатели типа ВРР-35 с оболочкой IP65, расположенные снаружи, у входа в тамбур	Следует устанавливать за пределами взрывоопасной зоны, на расстоянии 0,5 м от дверного проема с наружной стороны	Соответствуют ст. 82 п.1 ФЗ [1]; ст. 82 п.12 ФЗ [1]; п. 7.3.60, п. 7.3.68 табл. 7.3.11 ПУЭ [12]
Тамбур насосного зала светлых нефтепродуктов	2 (В-Iб)	2 (В-Iб)	-	-	Соответствует ст. 19 ФЗ [1], п.7.3.42, п.7.3.53 табл. 7.3.9 ПУЭ [12]
	ПА-ТЗ	ПВ-ТЗ	-	-	Не соответствует категории ВОС, должна быть категория ПВ (по дизельному топливу)

Продолжение табл. 3.1

Наименование помещения или наружной технологической установки	Классы зон, категории и группы взрывоопасных смесей		Тип, уровень, вид и маркировка взрывозащиты или степень защиты оболочки электрооборудования		Вывод о соответствии нормам запроектированного электрооборудования
	по проекту	по нормам	по проекту	по нормам	
1	2	3	4	5	6
Тамбур насосного зала светлых нефтепродуктов	Осветительная сеть				
	-	2 (В-Іб) ПВ-ТЗ	Кабели АНРГ на скобах	Кабели открыто на скобах	Соответствуют ст. 82 п.8 ФЗ [1]; пп. 7.3.93, 7.3.102, п. 7.3.118 табл. 7.3.14 ПУЭ [12] Не соответствуют ст. 82 п.8 ФЗ [1]
			Выключатели типа ВРР-35 с оболочкой IP65, расположенные снаружи, у входа в тамбур	Следует устанавливать за пределами и взрывоопасной зоны, на расстоянии 0,5 м от дверного проема с наружной стороны	Соответствуют ст. 82 п.1 ФЗ [1]; ст. 82 п.12 ФЗ [1]; п. 7.3.60, п. 7.3.68 табл. 7.3.11 ПУЭ [12]
Насосный зал темных нефтепродуктов	П-І	П-І	-	-	Соответствует ст. 18 ФЗ [1], п.7.4.3 ПУЭ [12]
	Силовая сеть				
	-	П-І	Провода АПВ в стальных трубах	Провода в стальных трубах	Соответствуют ст. 82 п.8 ФЗ [1]; п.7.4.39 ПУЭ [12]
			Электродвигатели типа АИР с оболочкой IP54	Электродвигатели с оболочкой IP44	Соответствуют ст. 82 п.1 ФЗ [1]; п. 7.4.15 табл. 7.4.1 ПУЭ [12]
		Кнопки управления типа КУ123 с оболочкой IP56	Кнопки управления с оболочкой IP44	Соответствуют ст. 82 п.1 ФЗ [1]; п. 7.4.20 табл. 7.4.2 ПУЭ [12]	

Продолжение табл. 3.1

Наименование помещения или наружной технологической установки	Классы зон, категории и группы взрывоопасных смесей		Тип, уровень, вид и маркировка взрывозащиты или степень защиты оболочки электрооборудования		Вывод о соответствии нормам запроектированного электрооборудования
	по проекту	по нормам	по проекту	по нормам	
1	2	3	4	5	6
Насосный зал темных нефтепродуктов	Осветительная сеть				
	-	П-I	Кабели АНРГ на скобах	Кабели открыто на скобах	Соответствуют ст. 82 п.8 ФЗ [1]; п.7.4.39 ПУЭ [12] Не соответствует ст. 82 п.8 ФЗ [1]
			Светильники типа ЛСП44 с оболочкой IP65	Светильники с оболочкой IP53 и выше	Соответствуют ст. 82 п.1 ФЗ [1]; п. 7.4.32 табл. 7.4.3 ПУЭ [12]
			Выключатели герметичные, установленные в тамбуре	Выключатели рекомендуется выносить из пожароопасной зоны	Соответствуют ст. 82 п.1 ФЗ [1]; ст. 82 п.12 ФЗ [1]; п.7.4.24 ПУЭ [12]
Вентиляционные камеры I и II, щитовая и тамбур насосного зала темных нефтепродуктов	Нормальная среда	Нормальная среда	Электрооборудование допускается в любом исполнении с учетом окружающей среды		-
Наружная установка у торцовой стены зала светлых нефтепродуктов рабочего и аварийного вентиляторов вытяжной вентиляции	Не указано	2 (В-Iг) ПВ-ТЗ	-	-	Соответствует ст. 19 ФЗ [1] пп. 7.3.43, 7.3.44 ПУЭ [12] при выполнении п. 7.3.44 подп. а, б. ПУЭ [12]
	Силовая сеть				
	-	2 (В-Iг) ПВ-ТЗ	Провода АВВГ в стальных трубах	Кабели и провода в стальных трубах	Соответствуют ст. 82 п.8 ФЗ [1]; пп. 7.3.93, 7.3.102, п. 7.3.118 табл. 7.3.14 ПУЭ [12]

Окончание табл. 3.1

Наименование помещения или наружной технологической установки	Классы зон, категории и группы взрывоопасных смесей		Тип, уровень, вид и маркировка взрывозащиты или степень защиты оболочки электрооборудования		Вывод о соответствии нормам запроектированного электрооборудования
	по проекту	по нормам	по проекту	по нормам	
1	2	3	4	5	6
Наружная установка у торцевой стены зала светлых нефтепродуктов рабочего и аварийного вентиляторов вытяжной вентиляции	-	2 (В-Іг)	Электродвигатели типа 3В200 с Ex-маркировкой 1ExdІВТ4	Электрические машины: уровень – 2 и выше; категория ВОС – ІВ и выше; группа ВОС – Т3 и выше	Соответствуют ст. 82 п.1 ФЗ [1]; ст. 82 п.12 ФЗ [1]; п. 7.3.60, п. 7.3.66 табл. 7.3.10 ПУЭ [12]
		ІВ-Т3			

3.1.4. Проверочные расчеты сечений проводников сетей, параметров аппаратов защиты

Силовая сеть. Исходные данные: $P_H = 30$ кВт, $I_H = 61$ А, $I_{пуск} = 396,5$ А, $K_{пуск} = 6,5$ (см. рис. 3.3).

1. Определяем соответствие сечения проводников ВВГнг имеющейся нагрузке (см. формулы (2.12) и (2.17) и п. 7.3.97 ПУЭ [12]):

$$I_{доп} \geq I_p \geq 1,25I_H = 1,25 \cdot 61 = 76,25 \text{ А.}$$

По ПУЭ [12] (табл. 1.3.6) для $s = 25 \text{ мм}^2$ принимаем $I_{доп} = 95$ А. Получаем, что $95 \text{ А} > 76,25 \text{ А}$. Следовательно, принятое в проекте сечение проводов группы соответствует нагрузке.

2. Определяем соответствие параметров теплового реле ТРП-150 магнитного пускателя типа ПА-522 условиям защиты электродвигателя и проводников от токов перегрузки:

$$I_{н.р} \geq I_p = 76,25 \text{ А.}$$

Согласно прил. 3 и данным рис. 3.3 принимаем ток нулевой уставки теплового реле $I_0 = 80$ А, так как $I_{н.р} = I_0$, где I_0 – ток нулевой уставки, т.е. номинальный ток нагревательного элемента при $+25$ °С, при этом положение регулятора уставки на нуле. Тогда $80 \text{ А} \geq 76,25 \text{ А}$.

Определяем деление шкалы тока уставки теплового реле (без поправки на температуру окружающей среды), на которую необходимо установить поводок регулятора (см. прил. 4):

$$\pm N_1 = (I_p - I_0) / c_0 I_0 = (76,25 - 80 / 0,055 \cdot 80) = -0,85.$$

Определяем поправку на температуру окружающей среды ($+25$ °С) в пределах делений шкалы:

$$- N_2 = (t_{\text{окр}} - 30^\circ) / 10^\circ = (25 - 30^\circ) / 10^\circ = -0,5.$$

Определяем результирующее расчетное деление шкалы уставок теплового реле:

$$\pm N = (\pm N_1) + (- N_2) = (-0,85) + (-0,5) = -1,35 \text{ (округляем до } -2).$$

Следовательно, номинальный ток нулевой уставки теплового реле принят правильно, и поводок регулятора реле (при температуре воздуха в щитовой $+25$ °С) необходимо установить на деление шкалы -2 .

3. Определяем правильность выбора номинального тока теплового и электромагнитного расцепителей ($I_{н.расц} = 80$ А) автомата *DX-h 06570* (см. формулу (2.28)):

$$I_{н.расц} \geq I_p, \\ 80 \text{ А} \geq 76,25 \text{ А}$$

Следовательно, данное условие выполняется, и номинальный ток расцепителей выбран правильно.

4. Проверяем правильность выбора автомата *DX-h 06570* на возможность возникновения ложных отключений (см. формулы (2.29) и (2.30)).

$$I_{ср.эл.м} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пуск}}; I_{ср.тепл} \geq 1,25 \cdot I_p.$$

По каталогу на автоматы серии *DX-h* (см. прил. 11), для автомата *DX-h 06570* с $I_{н.расц} = 80$ А имеются следующие данные:

$I_{ср.эл.м} = 10 \cdot 80 = 800$ А; $I_{ср.тепл} = 1,3 \cdot 80 = 104$ А, следовательно, соотношения $I_{ср.эл.м} = 800 \geq 1,25 \cdot 396,5 = 496$ А и $I_{ср.тепл} = 104 \geq 1,25 \cdot 76,25 = 95,3$ А выполняются, а автомат с данными характеристиками выбран правильно.

5. Проверяем правильность выбора автомата *DX-h 06570* по условию надежности отключения токов короткого замыкания в конце защищаемой группы (см. рис. 3.3 и формулы (2.20), (2.31) и (2.32)):

$$I_{к.з.(к)} / I_{ср.эл.м} \geq 1,4; I_{к.з.(к)} / I_{н.тепл} \geq 6;$$

$$I_{к.з.(к)(\phi-0)} = U_{\phi} / z_{\phi-0} = 220 / 0,256 = 859,4 \text{ А};$$

$$\begin{aligned} z_{(\phi-0)} &\approx \sqrt{(\sum r_{\phi} + \sum r_{д} + \sum r_0)^2 + (\sum x_{\phi} + \sum x_0)^2} + z_{Т(1)} = \\ &= \sqrt{(0,0263 + 0,065 + 0,0358)^2 + (2 \cdot 0,0047)^2} + 0,129 = 0,256 \text{ Ом}, \end{aligned}$$

где $\sum r_{\phi} = r_{\phi\text{АСБ}} + r_{\phi\text{ВВГнг}} = 32 \cdot 0,05 / 120 + 19 \cdot 0,017 / 25 = 0,0263 \text{ Ом};$

$\sum r_{д} = 0,015 + 0,02 + 0,025 = 0,065 \text{ Ом}$ (см. пояснения к формуле (2.22));

$\sum r_0 = r_{0\text{АСБ}} + r_{0\text{ВВГнг}} = 32 \cdot 0,05 / 70 + 19 \cdot 0,017 / 25 = 0,0358 \text{ Ом};$

$\sum x_{\phi} = \sum x_0 = x_{\phi(0)\text{АСБ}} + x_{\phi(0)\text{ВВГнг}} = 0,07 \cdot 0,05 + 0,07 \cdot 0,017 = 0,0047 \text{ Ом};$

$z_{Т(1)} = 0,0129 \text{ Ом}$ (см. табл. 2.16).

Таким образом, отношение $859,4/800 = 1,07 < 1,4$ не удовлетворено, а отношение $859,4/80 = 10,7 > 6$ удовлетворено. Следовательно, и по условию надежности отключения тока короткого замыкания в конце защищаемой группы данный автомат выбран правильно (достаточно, чтобы сработал один из расцепителей, т.е. электромагнитный или тепловой).

6. Проверяем автомат *DX-h 06570* по предельной отключающей способности токов короткого замыкания в начале группы (см. рис. 3.3 и формулы (2.25) и (2.34)):

$$I_{\text{пр.а}} \geq I_{к.з.(н)},$$

где $I_{\text{пр.а}} = 10\,000 \text{ А}$ (согласно прил.11);

$$I_{к.з.(н)} = U_{л} / \sqrt{3} z_{\phi} = 380 / 1,732 \cdot 0,0432 = 5078,7 \text{ А}.$$

$$\begin{aligned} z_{\phi} &= \sqrt{(\sum r_{\phi\text{АСБ}} + \sum r_{д} + \sum r_{Т})^2 + (\sum x_{\phi\text{АСБ}} + \sum x_{Т})^2} = \\ &= \sqrt{(0,00133 + 0,035 + 0,004)^2 + (0,0035 + 0,012)^2} = 0,0432 \text{ Ом}, \end{aligned}$$

где $r_{Т} = c/r_{Т} = 2,5/630 = 0,004 \text{ Ом}$ (см. пояснения к формуле (2.23));

$x_{Т} = d \cdot r_{Т} = 3 \cdot 0,004 = 0,012 \text{ Ом};$

$\sum r_{д} = 0,015 + 0,02 = 0,035 \text{ Ом}.$

Таким образом, условие $I_{\text{пр.а}} = 10\,000 > I_{к.з.(н)} = 5078,7 \text{ А}$ удовлетворено.

7. Проверяем соответствие номинального тока УЗО (*DX 08996*) рабочей токовой нагрузке по формуле (2.26):

$$I_{н.УЗО} \geq I_{р},$$

где $I_{н.УЗО} = 80 \text{ А}$, а $I_{р} = 76,25 \text{ А}.$

Т.к. $80 \text{ А} > 76,25 \text{ А}$, то номинальный ток УЗО (*DX 08996*) выбран правильно.

8. Определяем селективность работы смежных автоматов $DX-h 06572$ с $I_{н.расц} = 125$ А и $DX-h 06570$ с $I_{н.расц} = 80$ А (формула (3.25) [28]), т.е.

$$\frac{I_{н.расц.DX-h 06572}}{I_{н.расц.DX-h 06570}} = \frac{125}{80} = 1,56 \geq 1,5 - \text{соответствует.}$$

Примечание. В случаях, когда соблюдение селективности связано с большими затратами или затруднено по каким-либо причинам, а вероятные неселективные отключения не угрожают ни аварией, ни пожаром, ни взрывом, ни существенными убытками, допускается отступление от соблюдения условий селективности.

9. Определяем соответствие сечения проводников силовой сети условиям допустимой потери напряжения.

Суммарную фактическую потерю напряжения определяют по формулам (2.42-44):

$$\sum \Delta U_{\text{фАСБ}} + \Delta U_{\text{фВВГнг}} \leq \Delta U_{\text{доп}} = 7,1\% \text{ (см. прил. 7);}$$

$$\Delta U_{\text{фАСБ}} = Pl / cs = 127 \cdot 50 / 46 \cdot 120 = 1,15\%;$$

$$\Delta U_{\text{фВВГнг}} = 30 \cdot 17 / 77 \cdot 25 = 0,265\%;$$

Следовательно, $\sum \Delta U_{\text{ф}} = 1,15 + 0,265 = 1,415 < 7,1\%$, т.е. условие удовлетворено.

Осветительная сеть. Исходные данные: $\sum P_{\text{н}} = 0,6$ кВт; $U_{\text{ф}} = 220$ В. Это одна из групп осветительного щитка ОЩВ (см. рис. 3.4). Проверку правильности выбора сечений проводников этой группы производим, исходя из допустимого теплового нагрева и допустимой потери напряжения. Вместе с этим проверяем правильность выбора номинальных параметров аппаратов защиты:

1. Определяем соответствие сечений проводов группы имеющейся нагрузке (см. рис. 3.4):

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{р}} = \sum P_{\text{н}} / U_{\text{ф}} = 600 / 200 = 2,73 \text{ А.}$$

По ПУЭ [12] (табл. 1.3.4) для $s = 1,5$ мм² принимаем $I_{\text{доп}} = 15$ А. Получаем, что $15 \text{ А} > 2,73 \text{ А}$. Следовательно, принятое в проекте сечение проводов группы соответствует нагрузке.

2. Определяем правильность выбора номинального тока теплового и электромагнитного расцепителей ($I_{н.расц} = 10$ А) автомата $DX 03384$ (см. формулу (2.28) и требование $I_{н.тепл} \leq I_{\text{доп}}$):

$$I_{н.тепл} \geq I_{\text{р}},$$

$$10 \text{ А} > 2,73 \text{ А}$$

Следовательно, с учетом того, что $I_{н.тепл} = 10 < I_{доп} = 15$ А данное условие выполняется, номинальный ток расцепителей выбран правильно.

3. Проверяем правильность выбора автомата $DХ 03384$ на возможность возникновения ложных отключений (см. формулы (2.29) и (2.30)):

$$I_{ср.эл.м} \geq 1,25 \cdot I_p; \quad I_{ср.тепл} \geq 1,25 \cdot I_p.$$

По каталогу на автоматы серии $DХ 03$ (см. прил. 10), для автомата $DХ 03384$ с $I_{н.расц} = 10$ А имеются следующие данные:

$I_{ср.эл.м} = 10 \cdot 10 = 100$ А; $I_{ср.тепл} = 1,3 \cdot 10 = 13$ А, следовательно, соотношения $I_{ср.эл.м} = 100 \geq 1,25 \cdot 2,7 = 3,38$ А и $I_{ср.тепл} = 13 \geq 3,38$ А выполняются, а автомат с данными характеристиками выбран правильно.

4. Проверяем автомат $DХ 03384$ по условию надежности отключения тока короткого замыкания в конце защищаемой группы (см. рис. 3.4 и формулы (2.20), (2.31) и (2.32)):

$$I_{к.з.(к)} / I_{ср.эл.м} \geq 1,4; \quad I_{к.з.(к)} / I_{н.тепл} \geq 6;$$

$$I_{к.з.(к)(ф-0)} = U_{\phi} / z_{\phi-0} = 220 / 1,3 = 169,2 \text{ А};$$

$$z_{(\phi-0)} \approx \sqrt{(\sum r_{\phi} + \sum r_{д} + \sum r_0)^2 + (\sum x_{\phi} + \sum x_0)^2} + z_{T(1)} = \\ = \sqrt{(0,548 + 0,065 + 0,558)^2 + (2 \cdot 0,0069)^2} + 0,129 = 1,30 \text{ Ом},$$

где $\sum r_{\phi} = r_{\phi АСБ} + r_{\phi АНРГ} + r_{\phi ПБ} = 0,0133 + 32 \cdot 0,02 / 2,5 + 19 \cdot 0,022 / 1,5 = 0,548 \text{ Ом};$

$$\sum r_{д} = 0,015 + 0,02 + 0,025 = 0,065 \text{ Ом};$$

$$\sum r_0 = r_{0 АСБ} + r_{0 АНРГ} + r_{0 ПБ} = 0,0229 + 32 \cdot 0,02 / 2,5 + 19 \cdot 0,022 / 1,5 = 0,558 \text{ Ом};$$

$$\sum x_{\phi} = \sum x_0 = x_{\phi(0) АСБ} + x_{\phi(0) АНРГ} + x_{\phi(0) ПБ} = 0,0049 + 0,09 \cdot 0,022 = 0,0069 \text{ Ом};$$

$$z_{T(1)} = 0,0129 \text{ Ом (см. табл. 2.16)}.$$

Таким образом, отношения $169,2/100 = 1,69 < 1,4$ и $169,2/10 = 16,9 > 6$ удовлетворены. Следовательно, и по условию надежности отключения тока короткого замыкания в конце защищаемой группы данный автомат выбран правильно.

5. Проверяем автомат $DХ 03384$ по предельно отключающей способности токов короткого замыкания в начале группы:

$$I_{пр.а} \geq I_{к.з(н)(ф-0)},$$

где $I_{пр.а} = 6000$ А (по прил. 10);

$$I_{к.з.(н)(ф-0)} = U_{\phi} / z_{\phi-0} = 220 / 0,742 = 296,5 \text{ А};$$

$$z_{(\phi-0)} \approx \sqrt{(\sum r_{\phi} + \sum r_d + \sum r_0)^2 + (\sum x_{\phi} + \sum x_0)^2} + z_{T(1)} = \\ = \sqrt{(0,269 + 0,065 + 0,279)^2 + (2 \cdot 0,0049)^2} + 0,129 = 0,742 \text{ Ом},$$

где $\sum r_{\phi} = r_{\phi\text{АСБ}} + r_{\phi\text{АНРГ}} = 0,269 \text{ Ом};$

$$\sum r_d = 0,065 \text{ Ом};$$

$$\sum r_0 = r_{0\text{АСБ}} + r_{0\text{АНРГ}} = 0,279 \text{ Ом};$$

$$\sum x_{\phi} = \sum x_0 = x_{\phi(0)\text{АСБ}} + x_{\phi(0)\text{АНРГ}} = 0,0049 \text{ Ом};$$

$$z_{T(1)} = 0,0129 \text{ Ом (см. табл. 2.16)}.$$

Таким образом, условие $I_{\text{пр.а}} = 6000 \text{ А} > I_{\text{к.з.(н)}} = 296,5 \text{ А}$ удовлетворено.

6. Проверяем соответствие номинального тока УЗО (DX 08909) рабочей токовой нагрузке по формуле (2.26):

$$I_{\text{н.УЗО}} \geq I_p,$$

где $I_{\text{н.УЗО}} = 25 \text{ А}$, а $I_p = 2,73 \text{ А}$.

Т.к. $25 \text{ А} > 2,73 \text{ А}$, то номинальный ток УЗО (DX 08909) выбран правильно.

7. Определяем селективность работы смежных автоматов DX 03494 с $I_{\text{н.расц}} = 20 \text{ А}$ и DX 03384 с $I_{\text{н.расц}} = 10 \text{ А}$ (формула (3.25) [28]), т.е.

$$\frac{I_{\text{н.расц. DX 03494}}}{I_{\text{н.расц. DX 03384}}} = \frac{20}{10} = 2 \geq 1,5 - \text{соответствует.}$$

8. Определяют соответствие сечений проводников осветительной сети условиям допустимой потере напряжения по формулам (2.42-44):

$$\sum \Delta U_{\phi\text{АСБ}} + \Delta U_{\phi\text{АНРГ}} + \Delta U_{\phi\text{ПВ}} \leq \Delta U_{\text{доп}} = 7,1\% \text{ (см. прил. 7);}$$

$$\Delta U_{\phi\text{АСБ}} = 1,15\%; \quad \Delta U_{\phi\text{АНРГ}} = 3 \cdot 20 / 46 \cdot 2,5 = 0,52\%;$$

$$\Delta U_{\phi\text{ПВ}} = 0,6 \cdot 17 / 12,8 \cdot 1,5 = 0,53\%.$$

Таким образом, $\sum \Delta U_{\phi} = 1,15 + 0,52 + 0,53 = 2,2 < 7,1\%$, т.е. условие удовлетворено.

3.1.5. Определение соответствия защитного заземления и зануления электроустановок требованиям пожарной безопасности и ПУЭ.

Проверочные расчеты заземлителей

В пояснительной записке рассматриваемого проекта насосной указано, что все металлические (токопроводящие) части электрооборудования, нормально не находящиеся под напряжением,

подлежат занулению. Для зануления силового электрооборудования во взрывоопасных зонах используют специальные проводники (четвертая жила кабеля или провод), т.е. используют систему TN (гл. 1.7 [20]), которая подразделяется на ряд подсистем в зависимости от способа разделения нулевого рабочего и нулевого защитного проводников. С учетом этого в проекте принята система $TN-C-S$ (см. п. 2.1.3 настоящего пособия, рис. 3.3 и 3.4).

Осветительное электрооборудование зануляют присоединением его к нулевому рабочему проводу.

Для повторного заземления нулевого защитного проводника используют наружный и внутренний контуры с расчетным сопротивлением растеканию тока 10 Ом (см. рис. 3.5).

Для защиты от вторичных проявлений молнии и СЭ все технологические аппараты, трубопроводы и воздухопроводы присоединяют к внутреннему контуру заземления.

Сопоставляя принятый в проекте вариант защитного зануления электрооборудования с требованиями пп. 7.3.132 – 7.3.142 ПУЭ [12] и гл. 1.7 [20], делаем вывод, что защитное заземление и зануление соответствуют требованиям норм.

Проверочный расчет параметров заземлителя повторного заземления защитного нулевого провода

Расчетная схема заземляющего устройства показана на рис. 3.5. Согласно пояснительной записке к проекту, сопротивление растеканию тока заземлителя повторного заземления ($r_3 = 10$ Ом) совпадает с требуемым по ПУЭ (п. 1.7.101 [20]).

Заземлитель состоит из восьми вертикальных электродов из круглой стали диаметром $d = 12$ мм и $l = 5000$ мм. Расстояние между электродами $a = 3000$ мм. Верхний конец электродов заземлителя углублен на 700 мм. Электроды по горизонтали соединены полосовой сталью 40×4 мм. Удельное сопротивление грунта $\rho_{изм} = 10^2$ Ом·м. Измерения производили после дождей при влажном грунте.

1. По выражению для $\rho_{расч}$ и прил. 13 определяем:

$$\rho_{расч} = \rho_{изм} \cdot \kappa = 10^2 \cdot 2 = 2 \cdot 10^2 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

2. Сопротивление одиночного электрода заземлителя определяют по формуле (2.48):

$$r_{о.в} = 0,366 \frac{\rho_{расч}}{l_b} \left(\lg \frac{2l_b}{d_b} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t_b + l_b}{4t_b - l_b} \right);$$

$$r_{о.в} = 0,366 \cdot (2 \cdot 10^2 / 5) \left[\lg \frac{2 \cdot 5}{0,012} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 3,2 + 5}{4 \cdot 3,2 - 5} \right] = 45,37 \text{ Ом.}$$

3. Сопротивление всех вертикальных электродов, расположенных в ряд ($a = 3$ м, $a/l_B = 0,6 \approx 1$), с учетом коэффициента использования η_B (по прил. 14) и формулы (2.55) получают равным:

$$r_B = r_{0.B} / n_B \cdot \eta_B = 45,37 / 8 \cdot 0,58 = 9,78 \text{ Ом.}$$

4. Сопротивление горизонтальной полосы без учета коэффициента экранирования вычисляют по формуле (2.53):

$$r_{0.п} = 0,366 \frac{\rho_{\text{расч}}}{l_r} \lg \frac{2l_r^2}{b \cdot t} = 0,366 \frac{2 \cdot 10^2}{(9 \cdot 3)} \cdot \lg \left(\frac{2 \cdot (9 \cdot 3)^2}{0,04 \cdot 0,7} \right) = 12,79 \text{ Ом.}$$

5. Коэффициент использования горизонтальной полосы принимают по прил. 14 ($\eta_r = 0,36$), по формуле (2.56):

$$r_r = r_{0.п} / \eta_r = 12,79 / 0,36 = 35,53 \text{ Ом.}$$

6. Сопротивление всего заземлителя находят по формуле (2.47):

$$r_{\text{иск}} = r_B r_r / (r_B + r_r) = 9,78 \cdot 35,53 / (9,78 + 35,53) = 7,67 \text{ Ом.}$$

7. Проверяем условие $r_{\text{иск}} \leq r_3$. Подставляя данные, получаем $7,67 \text{ Ом} < 30 \text{ Ом}$. Следовательно, заземлитель соответствует требованиям ПУЭ п. 1.7.101 [20].

3.1.6. Заключение пожарно-технической экспертизы электротехнической части проекта здания насосной станции

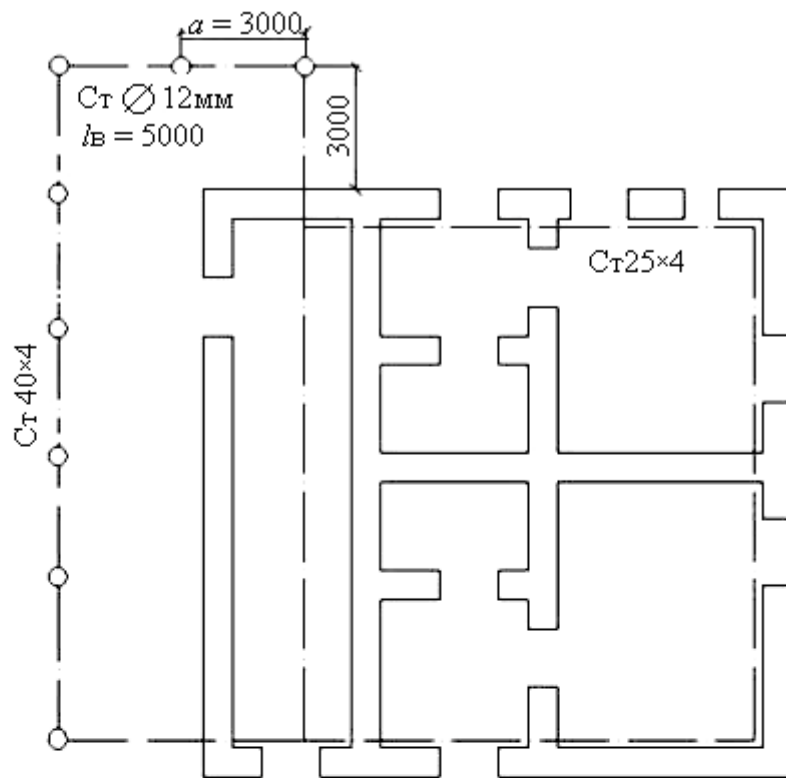
По проекту имеются следующие замечания:

1. Категория взрывоопасной смеси, образующейся в насосном зале светлых нефтепродуктов, занижена. Необходимо принять категорию взрывоопасной смеси ПВ по наиболее неблагоприятному варианту слива нефтепродуктов (слив дизельного топлива).

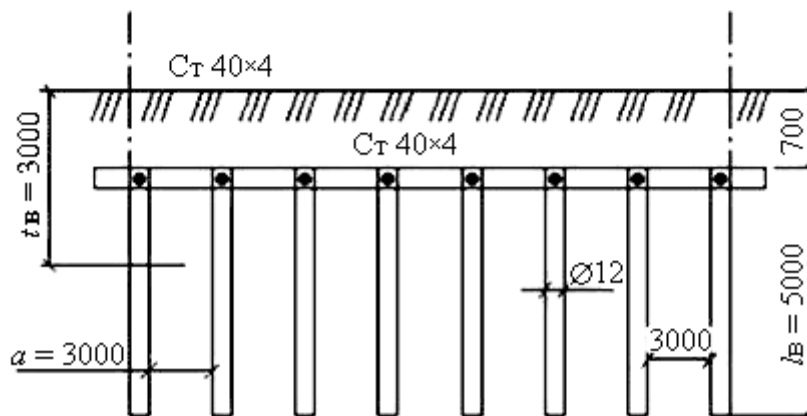
2. Для правильного размещения электрооборудования в проекте необходимо учесть образование взрывоопасных зон за наружными ограждающими конструкциями насосного зала светлых нефтепродуктов. Размеры зон определяются согласно пп. 7.3.43-7.3.44 ПУЭ [12] либо расчетным путем (см. прил. Б [17] и Приказ МЧС РФ [19]).

3. Помещение вентиляционной камеры I приточной вентиляции можно относить к помещениям с нормальной средой только при условии установки на воздуховодах самозакрывающегося обратного клапана (п. 7.3.51 [12]).

4. Кабели марки АНРГ, проложенные открыто на скобах в тамбуре насосного зала светлых нефтепродуктов и насосном зале темных нефтепродуктов, необходимо заменить на кабели, не распространяющие горение (например, АНРГнг), согласно ст. 82 п.8 ФЗ [1].



а)



б)

Рис. 3.5. План (а) и расчетная схема (б) заземляющего устройства повторного заземления нулевого защитного провода

3.2. Определение соответствия принятой в проекте защиты здания от разрядов СЭ

В соответствии с ГОСТ 31613-2012 [34] ЭСИБ насосной станции достигается при выполнении соотношения [28,39]:

$$W_{и} \leq K \cdot W_{мин},$$

где $W_{и}$ – максимальная энергия разряда СЭ (Дж), зависящая от свойств материала, технологического процесса и т.д.;

$W_{мин}$ – минимальная энергия зажигания горючей смеси (Дж);

K – коэффициент безопасности равный 0,4.

На стадии проектирования величину $W_{и}$ определить не представляется возможным, т.к. для этого необходимо проводить измерения электрической емкости металлических деталей и электрического напряжения на них. Поэтому проверка выполнения выше указанного соотношения в рамках пожарно-технической экспертизы не проводится.

В п. 2.2.2 настоящего пособия отмечено, что согласно правилам [36] защита от разрядов СЭ должна осуществляться во взрыво- и пожароопасных производствах с наличием зон классов 0, 1 (В-I), 2 (В-Iа, В-Iб), 20, 21(В-II), 22 (В-IIа), П-I и П-II, в которых применяются вещества с удельным объемным электрическим сопротивлением ρ_v , превышающем 10^5 Ом·м.

Так как в здании насосной станции имеются помещения с классами взрывоопасных зон 2 (В-Iа, В-Iб) и П-I, а в технологическом процессе обращаются вещества с $\rho_v > 10^5$ Ом·м (например, $\rho_v > 10^{10}$ Ом·м для бензина и $\rho_v > 10^8$ Ом·м для дизельного топлива), то защита от разрядов СЭ обязательна.

В пояснительной записке к проекту основными средствами обеспечения ЭСИБ являются перемычки (между фланцевыми соединениями трубопроводов, между звеньями коробов и вентиляционных устройств) и заземляющие устройства.

Сопротивление заземляющего устройства, предназначенного для защиты от СЭ, не превышает 100 Ом (см. п. 4.7.2 [34]). Данное заземляющее устройство объединено с заземляющим устройством электрооборудования, которое удовлетворяет требованиям глав 1.7. и 7.3. ПУЭ [12,20].

Металлические элементы технологического оборудования представляют собой на всём протяжении непрерывную электрическую цепь и присоединены к заземляющим устройствам. Все оборудование, аппараты и трубопроводы присоединены к контуру заземления не менее чем в двух точках. Металлические вентиляционные короба и аппараты в пределах насосных залов заземлены путем присоединения

непосредственно к заземленным аппаратам и трубопроводам, на которых они смонтированы.

Ex-оборудование соответствует требованиям ГОСТ Р МЭК [3] к значениям геометрических параметров изделия с неметаллическими материалами (см. табл. 2.18), а именно:

- площадь поверхности неметаллических частей *Ex*-оборудования (двигатели, светильники и пр.) для класса взрывоопасной зоны 2(В-Ia) и категории взрывоопасной смеси ПВ не превышает 10000 мм²;

- толщина слоя неметаллического материала, нанесенного на проводящую поверхность *Ex*-оборудования, для класса взрывоопасной зоны 2(В-Ia) и категории взрывоопасной смеси ПВ не превышает 2 мм;

- расстояние по поверхности от наиболее удаленной точки до заземленного металлического элемента оборудования для класса взрывоопасной зоны 2(В-Ia) и категории взрывоопасной смеси ПВ не превышает 50мм [34].

Таким образом, указанные в пояснительной записке меры по обеспечению ЭСИБ, соответствуют требованиям нормативных документов.

В качестве рекомендации по обеспечению ЭСИБ здания можно предусмотреть мероприятия по ограничению скорости движения горючих жидкостей в трубопроводе (см. табл. 2.19), если условия технологического процесса позволяют регулировать скорость операции. Например, в процессе протекания бензина по трубопроводу к цистернам величина электрического тока может колебаться в пределах 1-10 мкА, и этот ток прямо пропорционален скорости течения бензина [28]. Поэтому большие скорости движения горючих жидкостей в трубопроводе могут привести к накоплению заряда СЭ и последующего разряда.

3.3. Пожарно-техническая экспертиза молниезащиты здания насосной станции

3.3.1. Характеристика молниезащиты здания насосной

В электротехнической части пояснительной записки и на листах в альбоме чертежей приведены данные по молниезащите здания насосной, где указано, что по устройству молниезащиты здание относится ко II категории по РД [41]. Для защиты от прямых ударов молнии на крыше здания установлены четыре крышевых молниеприемника типа МП-1 (рис. 3.6–3.9). Молниеприемники соединены между собой круглой сталью диаметром 8 мм и подсоединены к контуру заземления электроустановок и специально сооружаемому заземлителю со стороны второго торца здания

(оси А-В). На токоотводах (спусках) установлены разъемные клеммы (КЗ-3), предназначенные для замера сопротивления очагов заземления.

Для защиты от вторичных проявлений молнии и статического электричества все технологические трубопроводы и воздухопроводы заземлены путем присоединения к внутреннему контуру заземления. Изолирующие вставки на воздухопроводах шунтированы металлическими перемычками.

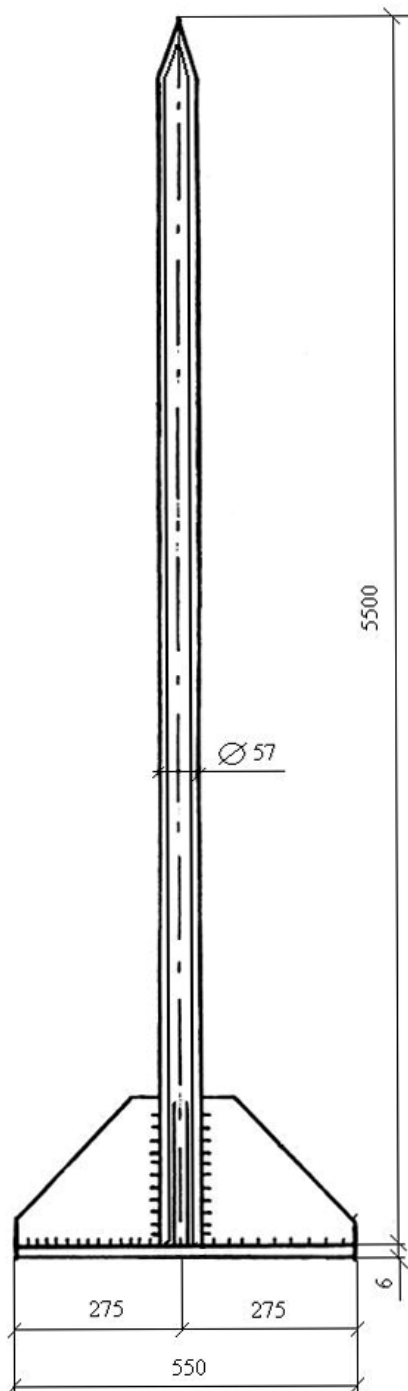


Рис. 3.6. Молниеприемник типа МП-1 (общий вид)

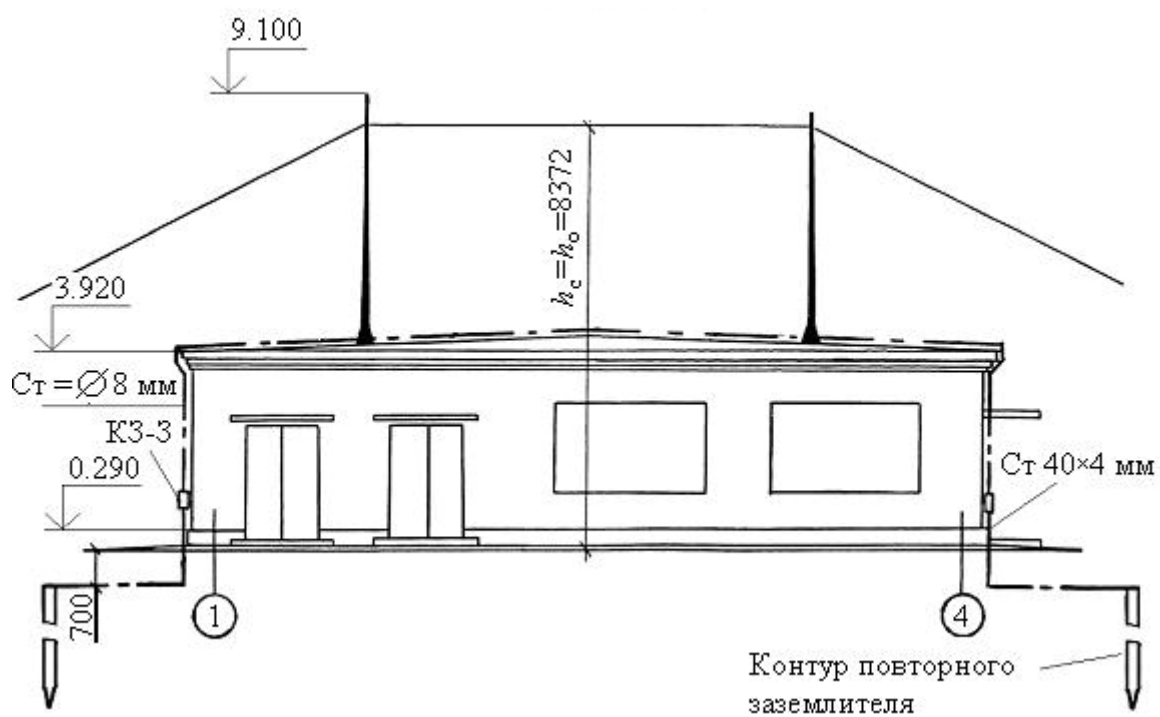


Рис. 3.7. Молниезащита здания насосной (фасад по оси А)

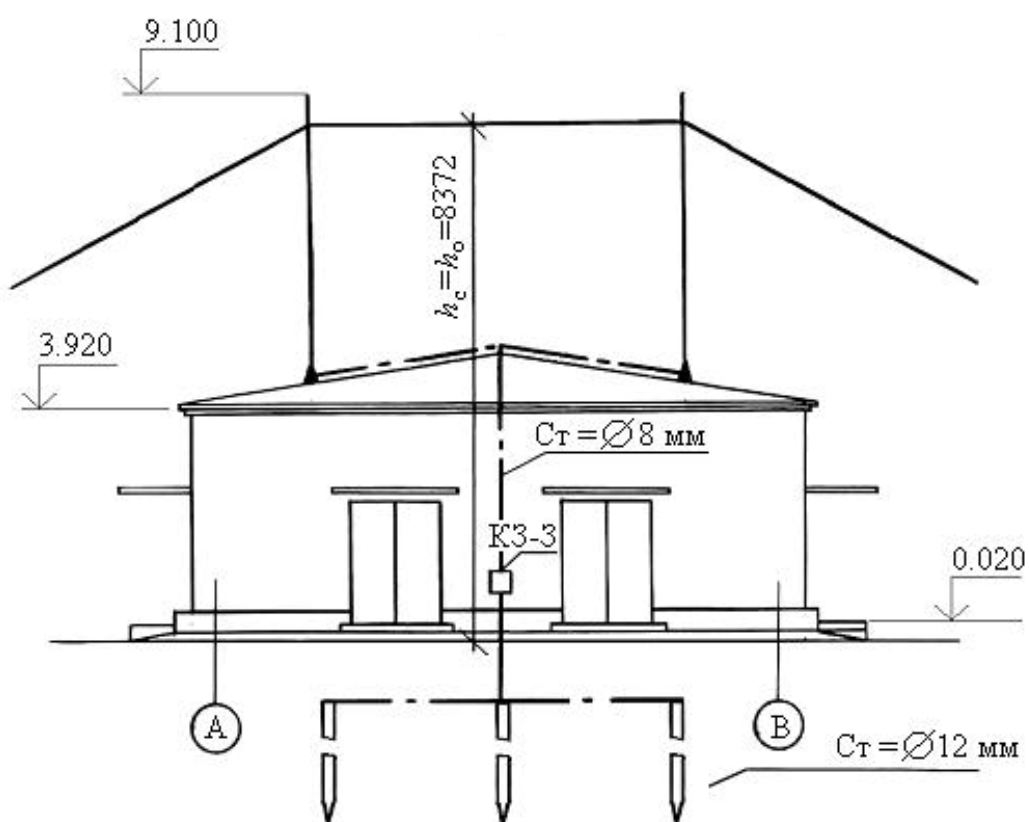


Рис. 3.8. Молниезащита здания насосной (фасад по оси 1)

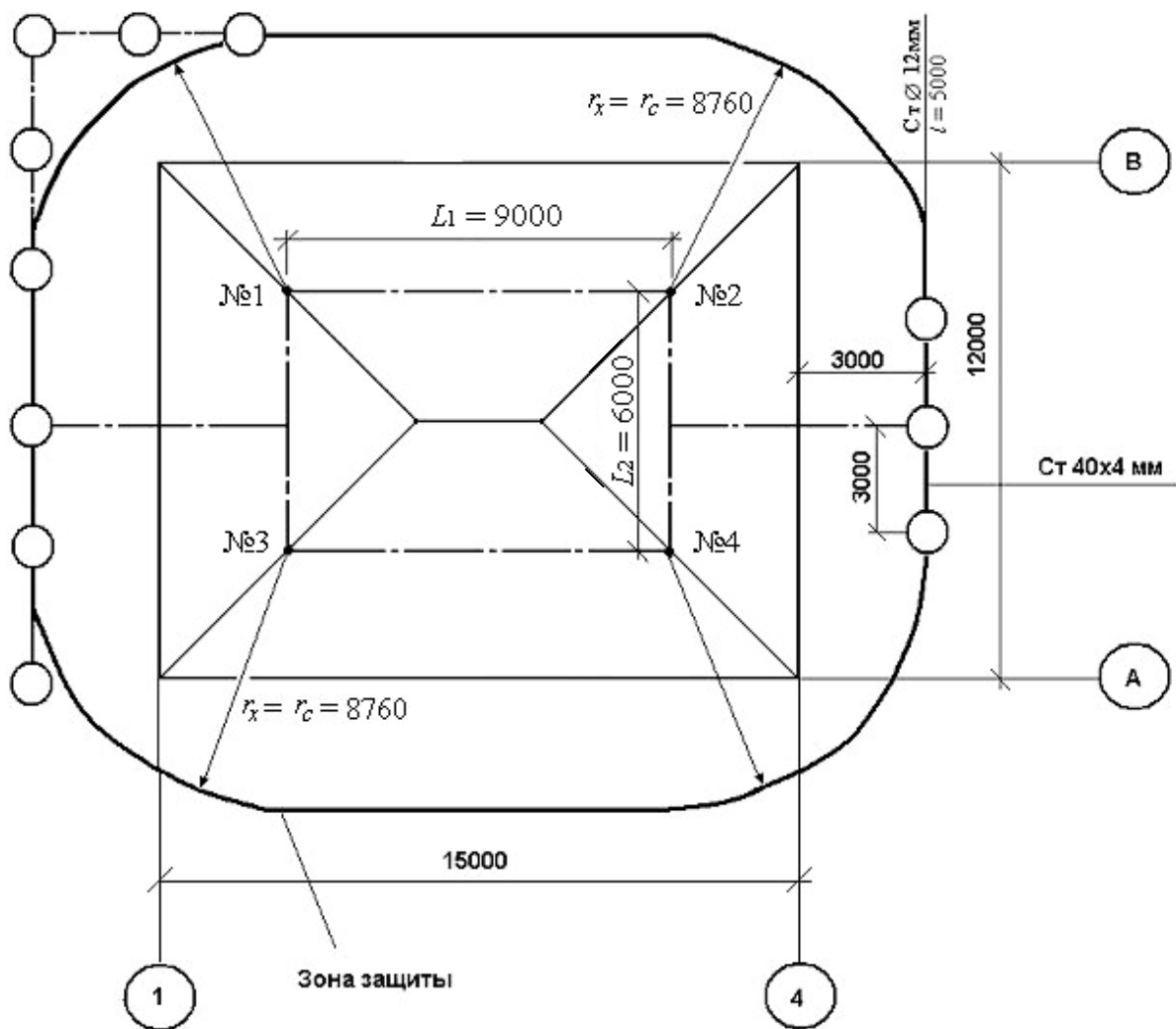


Рис. 3.9. План расположения молниеприемников и зона защиты на высоте $h_x = 3,92$ м

3.3.2. Определение и обоснование категории здания насосной по устройству молниезащиты

Так как помещение насосного зала светлых нефтепродуктов относится по ФЗ [1] к зоне класса 2, а по ПУЭ [12] к зоне класса В-Ia, и занимает площадь более 30 % всей площади здания, то, согласно п. 1.2 табл. 1 и п. 1.4 РД [41], здание насосной следует отнести ко II категории молниезащиты. Таким образом, в пояснительной записке к проекту категория молниезащиты здания установлена правильно.

Следовательно, здание насосной подлежит защите не только от прямых ударов молнии (т.е. от первичных воздействий), но и от вторичных ее воздействий, в основе которых лежат явления электростатической, электромагнитной индукции и заноса высокого потенциала по подземным и наземным (надземным) коммуникациям.

3.3.3. Определение и обоснование типа зоны защиты молниеотводов

В основу определения типа зоны защиты положена величина N (см. формулу (2.58)) – ожидаемое число поражений молнией в год зданий и сооружений, не оборудованных молниезащитой. Для зданий II категории при $N \leq 1$ устанавливается зона типа Б, а при $N > 1$ – зона типа А (табл. 1 [41]). По таблице на стр. 77, формуле (2.58) и данным на рис. 3.7–3.9 определяем величину N :

$$N = \left[(S + 6h_x)(L + 6h_x) - 7,7h_x^2 \right] n \cdot 10^{-6},$$

$$N = \left[(12 + 6 \cdot 3,92)(15 + 6 \cdot 3,92) - 7,7 \cdot 3,92^2 \right] 8,5 \cdot 10^{-6} = 0,0013.$$

Так как значение $N = 0,0013 < 1$, тип зоны защиты молниеотводов принимается – Б.

3.3.4. Определение необходимой высоты молниеотводов и его соответствия условиям надежности защиты

На рис. 3.7–3.9 видно, что здание насосной защищено от прямых ударов молнии четырьмя молниеприемниками типа МП-1 с расстоянием между ними 9 м и образующими многократный стержневой молниеотвод.

Основным условием защищенности здания насосной $h_x = 3,92$ м и с надежностью, соответствующей зоне типа Б (0,95), является выполнение неравенства $r_{cx} > 0$ для всех попарно взятых молниеотводов (п. 3 прил. 3 [41]).

По прил. 1 п. 2.1 РД [41] для молниеотводов 1–3 и 3–4 (см. рис. 3.8 и 3.9) определяем значение r_{cx} . Это значение в случае если $L_1 = 9 < h = 9,1$ м равно r_x . Следовательно, $r_{cx} = r_x = 1,5 (h - h_x / 0,92) = 1,5(9,1 - 3,92 / 0,92) = 8,76$ м (см. прил. 3 п. 2.1 и 1.1 РД [41]).

Таким образом, $r_{cx} = r_x = 8,76$ м, что является значительно больше, чем расстояние от точки расположения молниеприемника до края здания, равное 3 м (см. рис. 3.9). Таким образом, принятая высота молниеотводов для защиты здания насосной $h = 9,1$ м является вполне достаточной, что подтверждается схемой зоны защиты молниеотводов в плане на рис. 3.9.

Следует отметить, что при этой же высоте молниеприемника 5,5 м (см. рис. 3.6) для защиты здания насосной вполне достаточно всего лишь двух молниеприемников, при расположении их в середине между молниеприемниками 1–3 и 2–4 (см. рис. 3.9). Это подтверждается тем, что значение $r_{cx} = r_x = 8,76$ м больше расстояния до любой наиболее удаленной точки периметра здания, расположенной на высоте $h_x = 3,92$ м.

3.3.5. Определение соответствия проектных решений по надежности защиты от вторичных воздействий молний

В п. 2.20 РД [41] указано, что защита зданий II категории от электростатической индукции обеспечивается присоединением всего оборудования и аппаратов, находящихся в зданиях, к защитному заземлению электроустановок. Это требование совпадает с указаниями пояснительной записки. Следует отметить, что в пояснительной записке отсутствуют указания о защите здания от заноса высоких потенциалов по подземным и наземным коммуникациям, вводимым в здание.

3.3.6. Определение соответствия параметров заземлителей молниеотводов

Из рис. 3.7–3.9 видно, что молниеприемники присоединены к двум заземлителям: с левой стороны от оси один заземлитель, состоящий из восьми электродов, и с правой стороны от оси второй заземлитель, состоящий из трех электродов. Проверочный расчет первого заземлителя доказывает, что его сопротивление растеканию тока промышленной частоты $r_{иск} = 7,67$ Ом. По конструкции он соответствует типовому (см. прил. 16 или табл. 2 [41]), этому требованию соответствует и второй заземлитель, состоящий из трех электродов.

3.4. Пожарно-техническая экспертиза молниезащиты резервуарного парка (резервуары емкостью 20 тыс. м³)

3.4.1. Характеристика резервуарного парка

Резервуарный парк сырой нефти состоит из четырех наземных металлических резервуаров РВС-20000 (рис. 3.10). Резервуары имеют дыхательные и предохранительные клапаны. Наибольшая высота резервуара $H = 12,9$ м, а высота дыхательных клапанов $H_1 = 2$ м.

Молниезащита парка осуществлена четырьмя отдельно стоящими молниеотводами СМ-35. Заземлители защиты от прямых ударов молнии состоят из трех вертикальных электродов диаметром 12 мм длиной $l = 5$ м, соединенных друг с другом полосовой сталью 40×4 мм. Заземлители заглублены в землю на 0,8 м. Места расположения молниеотводов находятся за пределами обвалования резервуаров.

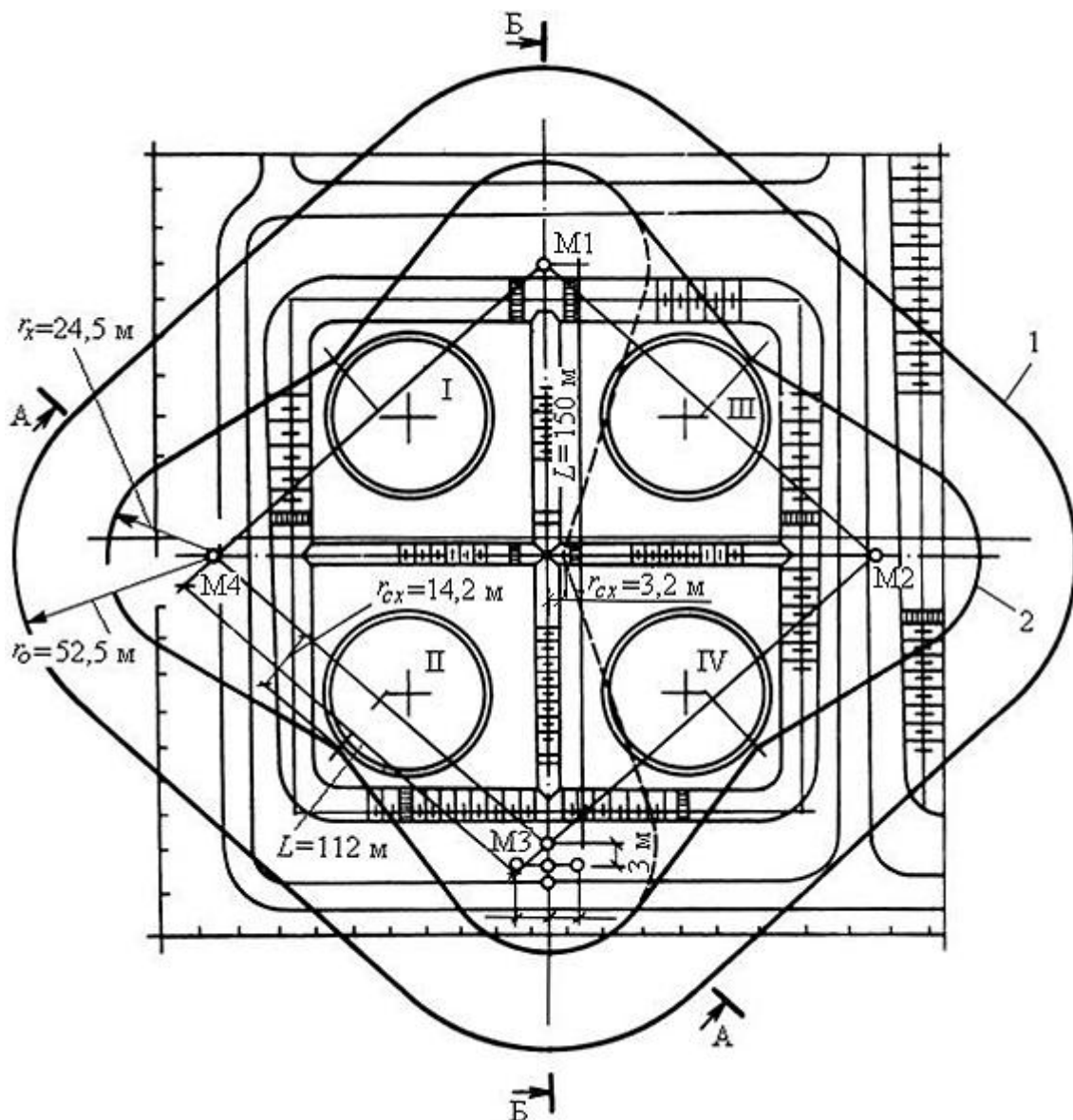


Рис. 3.10. План расположения молниеотводов и зоны защиты на уровне земли (1) и на высоте $h_x = 17,44$ м (2)

3.4.2. Обязательность молниезащиты парка, категория устройства молниезащиты и тип зоны защиты молниеотводов

По п. 3, табл. 1 РД [41] резервуары и парки с ЛВЖ (зоны класса 2 [1] или В-Г [12]) относятся к II категории устройства молниезащиты и подлежат молниезащите на всей территории России независимо от продолжительности грозы, а тип зоны защиты многократного стержневого молниеотвода, состоящего из четырех молниеотводов, выбирается – Б.

3.4.3. Основные размеры зоны защиты многократного молниеотвода

Исходные данные молниеотводов $h = 35$ м; высота защитного уровня $h_x = 12,9 + 2 + 2,5 = 17,44$ м, где 2,5 м – высота зоны взрывоопасности паров ЛВЖ над клапанами. Остальные размеры указаны на рис. 3.10 и 3.11. Для расчета размеров зоны защиты типа Б следует пользоваться формулами прил. 3, п. 1.1, п. 2.1 РД [41]:

$$h_0 = 0,92h; r_0 = 1,5h; r_x = 1,5(h-h_x/0,92),$$

при $L > h$ ($112 > 35$);

$$h_c = h_0 - 0,14(L-h); r_{cx} = r_0(h_c - h_x)/h_c; r_c = r_0.$$

Результаты расчета молниезащиты по указанным формулам сведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Номера молниеотводов	Высота, м		Радиус зоны защиты, м			Расстояние между молниеотводами L , м	Наименьшая высота зоны защиты h_c , м
	молниеотводов h	защитного уровня h_x	на высоте h_x , r_x	на уровне земли r_0	на высоте h_c , r_c		
Резервуарный парк (см. рис. 3.10 и 3.11, сечения А-А)							
M1-M2 M2-M3 M3-M4	35	17,44	23,8	52,5	12,2	112	24,4
Резервуар РВС 10000 (см. рис. 3.12 и 3.13)							
M1-M2 M2-M3 M3-M4 M4-M5 M5-M6 M6-M1	24,9	22,4	0,9	-	0,9	14,5	22,9

Сравнивая значение (рис. 3.11) $h_c = 23,7$ м (по разрезу А-А) с максимальным значением высоты зоны защиты (с учетом зоны взрывоопасности по вертикали), видим, что оно больше величины $h_x = 17,44$ м; параметр $r_{cx} = 12,2 > 0$ (см. п. 3 прил. 3 РД [41]). Каждый из заземлителей при данной их конструкции и параметрах соответствует табл. 3.2.

Следовательно, заземлители молниеотводов также соответствуют требованиям РД [41].

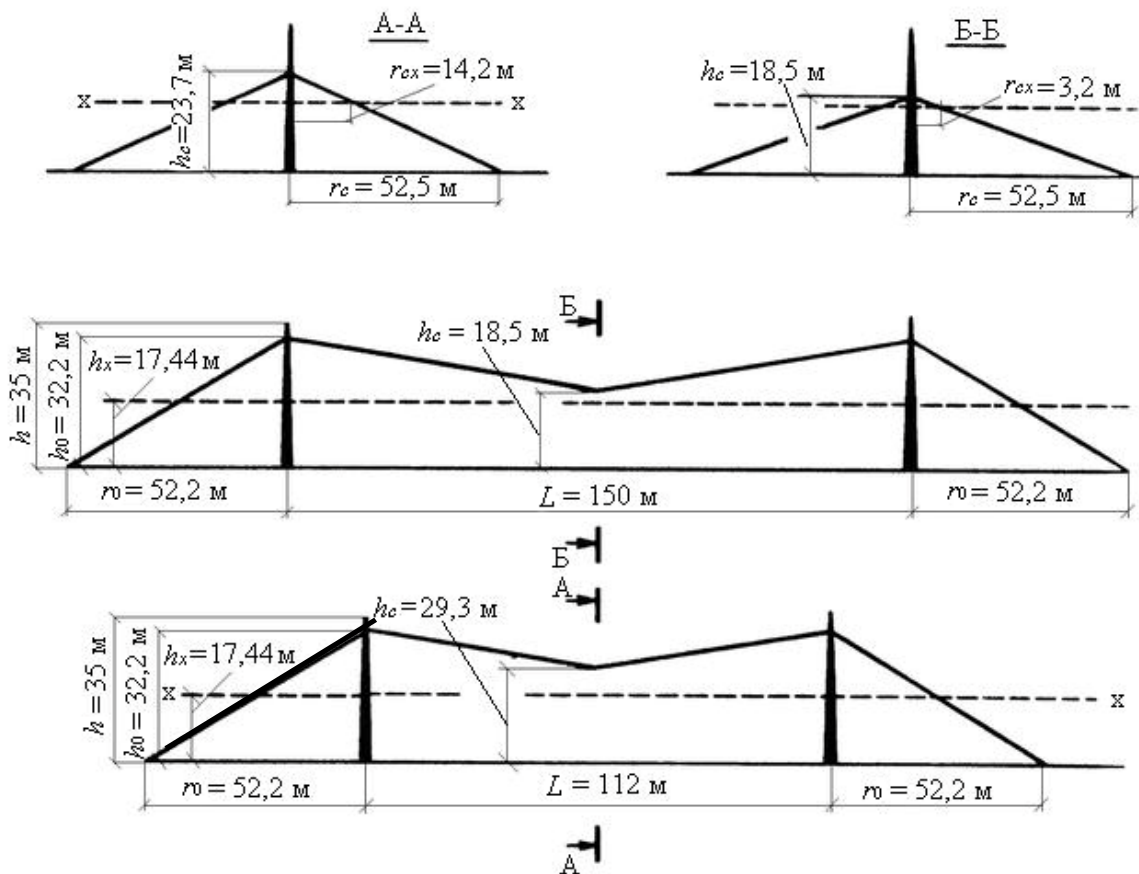


Рис. 3.11. Разрезы зон защиты молниеотводов

3.5. Пожарно-техническая экспертиза молниезащиты резервуара для нефти и светлых нефтепродуктов

3.5.1. Характеристика молниезащиты резервуара

Молниезащита резервуара РВС-10000 предусмотрена шестью молниеприемниками $h_m = 7$ м. В качестве токоотвода используют стенки резервуара. Симметрично по периметру резервуара расположены три заземлителя из стальных одиночных электродов диаметром 12 мм и $l = 5$ м, заглубленных в землю на 0,8 м и присоединенных к резервуару полосовой сталью сечением 40×4 мм (рис. 3.12). Зона защиты молниеотводов в плане показана на рис. 3.13.

Обязательность молниезащиты резервуара, категория ее устройства и тип зоны защиты молниеотводов принимаются идентичными примеру (см. п. 3.3) для резервуарного парка.

3.5.2. Основные параметры зоны защиты многократного молниеотвода

Исходные данные: высота молниеотводов $h = 24,9$ м; высота защитного уровня $h_x = 17,9+2+2,5 = 22,4$ м (2 м – высота дыхательного клапана; 2,5 м – высота зоны взрывоопасности паров ЛВЖ над клапанами); остальные данные приведены на рис. 3.12 и 3.13.

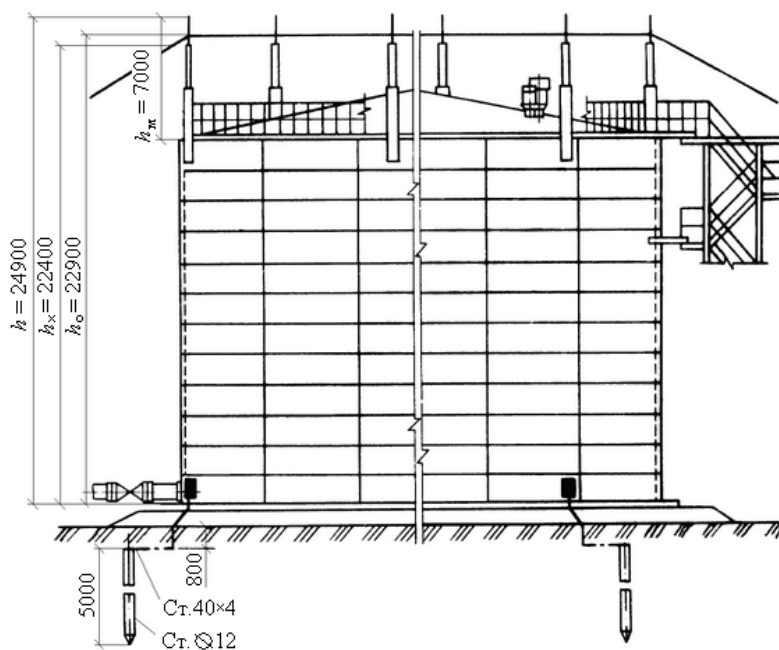


Рис. 3.12. Общий вид молниезащиты резервуара

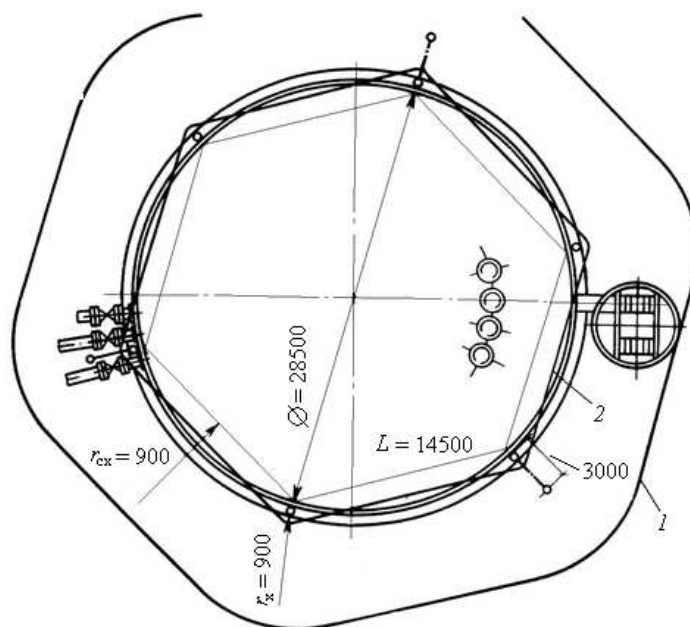


Рис. 3.13. План расположения молниеприемников и двух зон защиты:
1 – высота защитного уровня $h_x = 17900$ м; 2 – высота защитного уровня $h_x = 22400$ м

Размеры зоны защиты типа Б можно определить по формулам п.1.1 прил. 3 [41]:

$$h_0 = 0,92h; \quad r_0 = 1,5h; \quad r_x = 1,5(h-h_x/0,92);$$

при $L < h$ (п. 2.1 прил. 3 [41]):

$$h_c = h_0; \quad r_{cx} = h_x; \quad r_c = r_0.$$

Результаты расчета зоны защиты по указанным формулам смотри в табл. 3.2.

Сравнивая значения величины $h_c = 22,9$ м с максимальным значением высоты защитного уровня $h_x = 22,4$ м (с учетом взрывоопасной зоны над клапанами), видим, что защитный уровень вписывается в пределы зоны защиты молниеотводов. Если же обратить внимание на защищенность всех частей на уровне высоты стенок ($h_x = 17,9$ м), то защищенность резервуара тем более очевидна (см. рис. 3.13).

Каждый из трех заземлителей резервуара не соответствует РД (см. п. 3 табл. 2 [41]).

Таким образом, по результатам экспертизы молниезащиты резервуара можно сделать вывод, что она соответствует требованиям пожарной безопасности и РД [41]. Однако для того чтобы и заземлители соответствовали требованиям РД [41], в их конструкцию необходимо внести изменения по табл. 2 п. 3 [41].

3.6. Пожарно-техническая экспертиза молниезащиты электролизной станции

3.6.1. Характеристика молниезащиты электролизной станции

Электролизная станция (рис. 3.14) относится к объектам молниезащиты I категории. Защита станции от прямых ударов молнии предусмотрена двойным стержневым молниеотводом в виде отдельно стоящих молниеотводов высотой $h = 25$ м, расположенных по оси симметрии на расстоянии 6 м от торцов здания. Металлические молниеотводы приняты в виде решетчатых мачт. Заземлители молниеотводов выполнены четырьмя вертикальными электродами, соединенными между собой стальной полосой.

Защиту от электростатической индукции выполняют наложением металлической сетки на кровлю, а также путем присоединения всего металлического оборудования и аппаратуры здания к заземлителю защиты от электростатической индукции.

Для защиты от электромагнитной индукции между трубопроводами и другими протяженными металлическими предметами, в местах их

сближения на расстояние 10 см и меньше, через каждые 20 м длины установлены металлические перемычки.

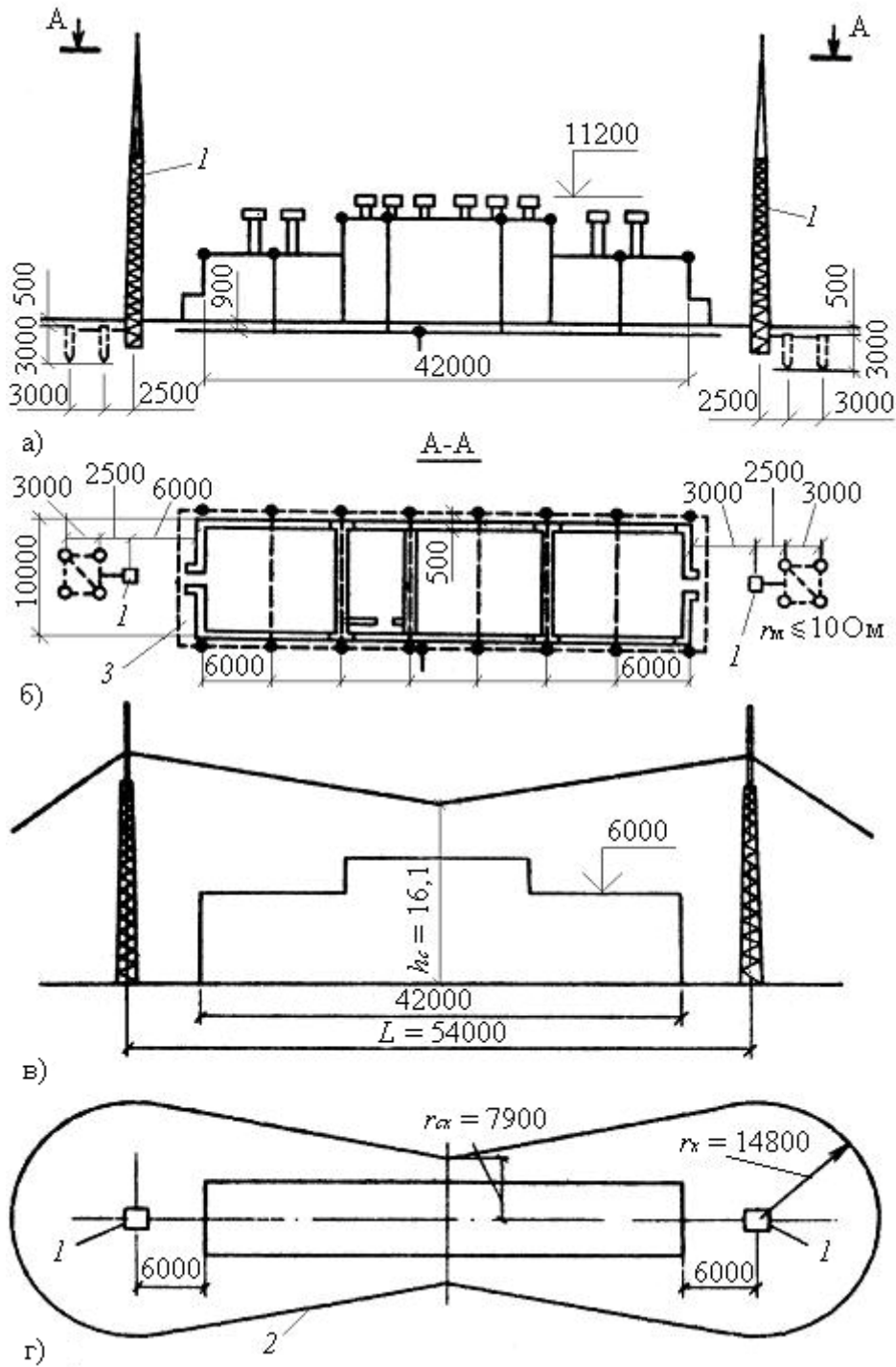


Рис. 3.14. Молниезащита электролизной станции:

- а) – общий вид здания и молниеотводов; б) – план заземлителей молниеотводов (1) и заземлителя защиты от вторичных воздействий молнии; в) – зона защиты молниеотводов (вид с фасада); г) – зона защиты молниеотводов (вид в плане); 1 – стержневой молниеотвод $h = 25$ м; 2 – граница зоны защиты на $h_x = 11,2$ м; 3 – заземлитель защиты от вторичных воздействий молнии

Для защиты объекта от заноса высоких потенциалов предусмотрено присоединение всех металлических коммуникаций и оболочек кабелей (в местах ввода в объект) к заземлителю защиты от вторичных воздействий молнии.

Заземлители молниеотводов удалены на 7 м от заземляющего контура защиты от вторичных воздействий молнии, заземляющих устройств электроустановок и подземных коммуникаций объекта.

3.6.2. Определение соответствия принятой высоты молниеотвода условиям надежности защиты от прямых ударов молнии

Поскольку электролизная станция относится по РД [41] к объектам I категории, то зону защиты молниеотвода принимают типа А. Основным условием защищенности здания станции с защитным уровнем $h_x = 11,2$ м является выполнение условия, чтобы $r_{cx} \geq S/2 = 5$ м. По формуле (см. п. 2.1 прил. 3 [41]) для случая $2h < L \leq 4h$, т.е. $50 < 54 < 100$ определяют

$$r_{cx} = r_c(h_c - h_x)/h_c = 22,99(16,1 - 11,2)/16,1 = 7,98 \text{ м,}$$

где: $r_c = r_0[1 - 0,2(L - 2h)/h] = 23,75[1 - 0,2(54 - 50)/25] = 22,99$ м;

$$h_c = h_0 - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4}h)(L - h) = 21,25 - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4} \cdot 25)(54 - 25) = 6,1 \text{ м;}$$

$$h_0 = 0,85h = 0,85 \cdot 25 = 21,25 \text{ м;}$$

$$r_0 = (1,1 - 0,002h)h = (1,1 - 0,002 \cdot 25)25 = 23,75 \text{ м.}$$

Поскольку $r_{cx} = 7,98 > S/2 = 5$ м, принятая в проектном решении высота двойного стержневого молниеотвода $h = 25$ м является вполне достаточной и отвечает условиям надежности защиты от прямых ударов молнии.

Согласно п. 2.3 [41] наименьшее допустимое расстояние по воздуху от молниеотвода до защищаемого здания станции должно быть не менее 3–4 м, а фактически оно равно 6 м (см. рис. 3.14).

Расстояние между заземлителями молниеотвода и заземлителем защиты от вторичных воздействий молнии принято в проекте 7 м, что, согласно п. 2.5 [41], является вполне достаточным, так как требуемое значение $S_3 = S_B + 2 = 4 + 2 = 6$ м меньше фактического.

Следовательно, как по высоте, так и по удаленности от защищаемого здания предусмотренный проектом молниеотвод соответствует требованиям РД [41].

3.6.3. Определение соответствия принятой в проекте защиты от вторичных воздействий молнии

Из характеристики устройств защиты от электростатической, электромагнитной индукции и заноса в здание электролизной станции высоких потенциалов видно, что эти устройства соответствуют

требованиям пп. 2.7 – 2.9 [41]. Следует отметить, что согласно п. 2.7 [41] в зданиях и сооружениях, относимых по устройству молниезащиты к I категории, для защиты от электростатической индукции достаточно присоединение металлических корпусов всего оборудования и аппаратов, установленных в защищаемом здании, а также металлических конструкций к специальному заземлителю или защитному заземлению электроустановок. Следовательно, наложение на кровлю здания специальной сетки, как это предусмотрено проектом, является по РД [41] дополнительной мерой защиты.

3.7. Пожарно-техническая экспертиза молниезащиты компрессорной станции (КС) магистрального газопровода

3.7.1. Определение и обоснование категорий объектов по территории КС и необходимости их молниезащиты

Необходимость молниезащиты объектов на площадке КС по РД [41] зависит:

- а) от класса пожаровзрывоопасной зоны по ФЗ[1] или ПУЭ [12];
- б) от среднегодовой продолжительности гроз в местности расположения КС.

В соответствии с ФЗ [1] или пп. 7.3.39, 7.3.41 и 7.3.44 ПУЭ [12] технологические установки, расположенные открыто на площадке или в зданиях (укрытиях), содержащие природный газ (ГГ) или ЛВЖ, относятся:

- к зоне класса 2 [1] или В-Iг [12], например, площадка с компрессорными агрегатами, площадка установок охлаждения газа; резервуар дизельного топлива и т.п.;
- к зоне класса 2 [1] или В-Iа [12], например, здание подготовки топливного газа и т.п.

Так как большинство наружных технологических взрывоопасных установок (содержащие горючие газы) относятся к взрывоопасным зонам класса 2 или В-Iг и они расположены в разных местах территории КС, то согласно п. 1.1, п. 3 табл. 1 [41] подлежат обязательной защите от прямых ударов молнии по всей территории России.

Для таких наружных взрывоопасных установок необходимо предусматривать защиту многократными стержневыми молниеотводами с зоной защиты типа Б (ориентировочная степень надежности 0,95). При этом оптимальным вариантом является совмещение стержневых молниеотводов с прожекторными мачтами, например, ПМС-32,5.

По устройству молниезащиты наружные взрывоопасные установки 2(В-Iг) и некоторые здания с зонами класса 2(В-Iа) относятся ко II категории молниезащиты (пп. 2 и 3 табл. 1 [41]).

3.7.2. Характеристика молниезащиты объектов на территории КС

Проектом молниезащиты объектов КС от прямых ударов молнии предусмотрено десять стержневых молниеотводов (22.1–22.10, табл. 3.3). Конструктивно молниеотводы представляют сочетание осветительной мачты типа ПМС-32,5 м и молниеприемника высотой 7,75 м. Общая высота молниеотвода $h = 40,25$ м. Места установки молниеотводов на территории КС и расстояния между ними указаны на чертеже плана КС.

Наибольшая высота защитного уровня h_x технологических наружных установок и зданий составляет 7 м.

По прил. 3 п. 3 [41] зона защиты многократного стержневого молниеотвода определяется как зона защиты двойных попарно взятых соседних стержневых молниеотводов.

Основными условиями защищенности одного или нескольких объектов с разными защитными уровнями h_x , с надежностью для зон типа Б, является удовлетворение требований неравенств: $r_{cx} \geq 0$ и $h_c \geq h_x$ всех попарно взятых молниеотводов.

3.7.3. Определение соответствия принятой высоты молниеотводов условиям надежности защиты объектов от прямых ударов молнии

Результаты проверочных расчетов параметров зон защиты всех попарно взятых смежных молниеотводов сведены в табл. 3.3.

Из сопоставления результатов расчетов параметров многократного стержневого молниеотвода (22.1 – 22.10) по основным соотношениям (см. табл. 3.3), определяющим защищенность объектов на площадке КС, видно, что:

- радиус зоны защиты на высоте защитного уровня h_x для всех попарно взятых молниеотводов находится в пределах от 44,8 до 49,3 м, т.е. условие $r_{cx} \geq 0$ удовлетворено;

- наименьшая высота зоны защиты h_c находится в пределах 26,2 – 35,9 м, т.е. условие $h_c \geq h_x$ также удовлетворено.

Все вышеприведенное позволяет сделать вывод, что молниезащита объектов защиты, расположенных в различных местах территории КС, соответствует нормативным требованиям надежности зон типа Б.

Для сравнения результатов расчета параметров зон защиты двойных стержневых молниеотводов по РД [41] и Инструкции [42] рассмотрим два примера. При этом надежность защиты P_3 примем двух вариантов:

- первый вариант, когда $P_3 = 0,99$ (п. 2.2, для специальных объектов [42]), т.е. приближенно сопоставимая с $P_3 = 0,95$ для зоны защиты типа Б по РД [41];

- второй вариант, когда $P_3 = 0,999$, т.е. более высокая, чем $P_3 = 0,95$, для зоны защиты типа Б по РД [41].

По Инструкции [42] молниеотвод считается двойным, когда расстояние между стержневыми молниеотводами L не превышает предельного значения L_{max} (табл. 3.6 [42]). Даже при $P_3 = 0,999$, когда $L_{max} = 169,5$ м, т.е. соотношение $L \leq L_{max}$ удовлетворено для самых удаленных друг от друга молниеотводов (22.5 – 22.1, табл. 3.3), т.е. $L = 112,5 < L_{max} = 169,5$ м.

Первый вариант ($P_3 = 0,99$): расчетные формулы принимаем (3.3) и (3.6) п. 3.3.2.2 и табл. 3.6 и 3.4 [42], т.е.

$$h_c = \frac{L_{max} - L}{L_{max} - L_c} h_0,$$

где $L_{max} = [4,75 - 3,57 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$ (табл. 3.6 [42];
 $L = 100$ м (для молниеотводов 22.7-22.9, табл. 3.3);
 $L_c = [2,25 - 0,0107(h - 30)]h$ (табл. 3.6 [42]);
 $h_0 = 0,8h$ (табл. 3.4 [42]);

$$r_{cx} = \frac{r_0 (h_c - h_x)}{h_c},$$

где $r_0 = 0,7h$ (табл. 3.4 [42]); $h_x = 7$ м (по проекту);

$$L_{max} = [4,75 - 3,57 \cdot 10^{-3}(40,25 - 30)] \cdot 40,25 = 189,7 \text{ м};$$

$$L_c = [2,25 - 0,0107(40,25 - 30)] \cdot 40,25 = 86,13 \text{ м};$$

$$h_0 = 0,8h = 0,8 \cdot 40,25 = 32,2 \text{ м};$$

$$h_c = \frac{189,7 - 100}{189,7 - 86,13} 32,2 = 28,04 \text{ м};$$

$$r_0 = 0,7h = 0,7 \cdot 40,25 = 28,1 \text{ м};$$

$$r_{cx} = \frac{r_0 (h_c - h_x)}{h_c} = \frac{28,1 \cdot (28,04 - 7)}{28,04} = 21,0 \text{ м}.$$

Таким образом, условия $h_c = 28,04 > h_x = 7$ м и $r_{cx} = 21,0 > 0$ удовлетворены.

Второй вариант ($P_3 = 0,999$):

$$L_{max} = [4,75 - 3,57 \cdot 10^{-3}]40,25 = 169,6 \text{ м};$$

$$L_c = [2,25 - 0,0107(40,25 - 30)] \cdot 40,25 = 86,13 \text{ м};$$

$$h_0 = [0,7 - 7,14 \cdot 10^{-4} (40,25 - 30)]40,25 = 27,8 \text{ м};$$

$$h_c = \frac{169,6 - 100}{169,6 - 86,13} 27,8 = 23,18 \text{ м};$$

$$r_0 = [0,6 - 1,43 \cdot 10^{-3} (40,25 - 30)]40,25 = 23,5 \text{ м};$$

$$r_{cx} = \frac{23,5 \cdot (23,18 - 7)}{23,18} = 16,4 \text{ м}.$$

Таблица 3.3

№ п/п	Номера смежных пар молниеотводов на плане площадки КС с местами установки молниеотводов	Высота, м		Наименьшая высота зоны защиты h_c , м	Расстояние между молниеотводами L , м	Радиус зоны защиты, м		
		молниеотвода h	защитного уровня h_x			на высоте h_x, r_x	на уровне земли $r_0=r_c$	на высоте h_c, r_{cx}
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	22.1–22.2	40,25	7,0	30,4	87,5	49,0	60,4	46,5
2	22.2–22.3	То же	То же	33,2	67,5	То же	То же	47,2
3	22.3–22.6	«	«	35,9	62,5	«	«	47,9
4	22.6–22.7	«	«	29,7	92,3	«	«	46,2
5	22.7–22.9	«	«	28,6	100,0	«	«	45,0
6	22.9–22.8	«	«	32,8	70,0	«	«	47,5
7	22.8–22.4	«	«	31,2	77,5	«	«	47,1
8	22.4–22.1	«	«	32,1	75,0	«	«	47,2
9	22.5–22.7	«	«	31,4	80,0	«	«	46,9
10	22.5–22.4	«	«	29,4	95,0	«	«	46,0
11	22.5–22.1	«	«	26,8	112,5	«	«	44,5
12	22.5–22.2	«	«	31,8	77,5	«	«	47,1
13	22.5–22.3	«	«	35,9	62,5	«	«	47,9
14	22.5–22.6	«	«	33,5	65,0	«	«	47,7
15	22,7–22,4	«	«	32,3	72,5	«	«	47,4
16	22.7–22.8	«	«	34,6	52,5	«	«	48,2
17	22.7–22.9	«	«	35,6	50,0	«	«	49,3
18	22.7–22.5	«	«	32,4	80,0	«	«	46,9
19	22.9–22.6	«	«	27,24	110	«	«	44,8
20	22.9–22.10	«	«	28,6	100	«	«	45,6

Примечание. Расчеты параметров зон защиты попарно взятых соседних молниеотводов произведены по формулам: $h_c = h_0 - 0,14(L - h)$; $h_0 = 0,92h$; $r_x = 1,5(h - h_x/0,92)$; $r_0 = 1,5h$; $r_{cx} = r_0(h_c - h_x)/h_c$ даны в прил. 3 п. 2 [41] с учетом соотношения $h \leq L \leq 6h$.

Следовательно, условия $h_c = 23,18 > h_x = 7$ м и $r_{cx} = 16,4 > 0$ удовлетворены и при этой повышенной надежности.

Общий вывод: молниезащита объектов от прямых ударов молнии на территории КС удовлетворяет как требованиям РД [41], так и требованиям Инструкции [42].

3.7.4. Дополнительные рекомендации по повышению уровня надежности молниезащиты объектов на территории КС

1. Питающие кабели к осветительным устройствам на осветительных мачтах-молниеотводах типа ПМС-325 необходимо проложить в стальной трубе, которая должна быть приварена к металлу тела мачты на верхнем и нижнем концах и в средней части.

Это необходимо для исключения пробоев и разрушений изоляционных и защитных оболочек кабеля, а также заноса высокого потенциала в распределительное устройство (РУ). Нижний конец трубы должен быть присоединен к заземлителю мачты.

2. Каждая мачта-молниеотвод должна иметь дополнительный заземлитель: по одному из вариантов, приведенных в табл. 2 [41]. Присоединение мачты к общему контуру заземления электроустановок недостаточно по условиям улучшения r_n (импульсной характеристики заземления мачты-молниеотвода).

3. Дополнительный очаг заземления мачты желательно располагать с противоположной стороны от ближайшего объекта защиты.

4. В нижней части осветительных мачт-молниеотводов установить защитные устройства от импульсных грозовых перенапряжений (низковольтные ограничители перенапряжений или УЗИП). Такие же ограничители перенапряжений установить в помещениях РУ, от которых питаются прожекторы на мачтах.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Стандартные условные графические обозначения на электротехнических схемах ЕСКД (без соблюдения размеров)

Обозначения	Наименование обозначений
—	Ток постоянный
~	Ток переменный. Общее обозначение
— ~	Ток постоянный и переменный
-	Полярность отрицательная
+	Полярность положительная
Y	Обмотка трехфазная, соединенная в звезду
Y _n	Обмотка трехфазная, соединенная в звезду с выведенной нейтральной (средней) точкой
Δ	Обмотка трехфазная, соединенная в треугольник
A, B, C	Фазы сети трехфазного тока (выше 1000 В)
L1, L2, L3	Фазы сети трехфазного тока (ниже 1000 В)
—	Линия электрической связи, провод, кабель, шина. Общее обозначение
	Цепь из двух, трех и <i>n</i> линий электрической связи
	Заземление. Общее обозначение.
	Защитное заземление
	Корпус (машины, аппарата, прибора)
	Линии электрической связи пересекающиеся, электрически не соединенные. Линии должны пересекаться под углом 90°
	Линии электрической связи пересекающиеся, электрически соединенные
	Соединение линии электрической связи с землей
	Линия электрической связи, осуществленная гибким проводом, кабелем или токопроводом

Продолжение прил. 1

Обозначения	Наименование обозначений
	Линия электрической связи с разделительным уплотнением в трубах для взрывоопасных помещений
	Экранирование
	Шина
	Отводы от шины
<p>а </p> <p>б </p> <p>в </p>	<p>Повреждение изоляции: <i>a</i> – между линиями электрической связи и между проводами; <i>б</i> – на корпус; <i>в</i> – на землю.</p>
	<p>Машина электрическая. Общее обозначение. Примечание. Внутри окружности допускается указывать следующие данные: <i>a</i> – род машины (генератор – Г, двигатель – М, возбудитель – В и т.д.); <i>б</i> – род тока, число фаз или вид соединения обмотки в соответствии с требованиями ГОСТ 2.721-74</p>
	<p>Обмотка трансформатора, автотрансформатора, дросселя и магнитного пускателя Катушка индуктивности, дроссель без сердечника</p>
	<p>Группа линий электрической связи, осуществленная п скрученными проводами, например, шестью скрученными проводами, изображаемая: а) однолинейно; б) многолинейно</p>
	Резистор постоянный
	Резистор переменный
	Конденсатор нерегулируемый
	Конденсатор регулируемый
	<p>Обмотка реле, контактора и магнитного пускателя. Общее обозначение</p>

Окончание прил. 1

Обозначения	Наименование обозначений
	<p>Контакт электрического реле, контактора, магнитного пускателя; блок-контакт электрического аппарата: а – замыкающий; б – размыкающий; в – переключающий</p>
	<p>Кнопка (выключатель кнопочный) с самовозвратом и замыкающим контактом</p>
	<p>Кнопка (выключатель кнопочный) с самовозвратом и размыкающим контактом</p>
	<p>Выключатель автоматический воздушный. Общее обозначение</p>
	<p>Устройство защитного отключения (УЗО). Защитное устройство дифференциального (остаточного) тока (УДТ).</p>
	<p>Разрядник. Общее обозначение</p>
	<p>Предохранитель плавкий. Общее обозначение</p>
	<p>Предохранитель пробивной</p>
	<p>Лампа накаливания осветительная</p>
	<p>Лампа накаливания сигнальная</p>
	<p>Звонок электрический. Общее обозначение</p>
	<p>Микрофон</p>
	<p>Громкоговоритель (репродуктор)</p>
	<p>Гудок, сигнальный рожок</p>
	<p>Контакт штепсельного разъема: штырь гнездо</p>
	<p>Соединение штепсельное разъемное; разъем (соединитель штепсельный)</p>

Приложение 2

Стандартные условные графические обозначения электрического оборудования и электропроводок

Обозначения	Наименование обозначений
	Электродвигатель асинхронный.
	Электродвигатель синхронный
	Электродвигатель постоянного тока
	Генератор синхронный
	Трансформатор
	Автотрансформатор
	Подстанция трансформаторная открытая
	Подстанция трансформаторная закрытая
	Щит, пульт, шкаф управления
	Щит, пункт распределительный
	Щиток групповой рабочего освещения
	Щиток групповой аварийного освещения

Продолжение прил. 2

Обозначения	Наименование обозначений
	Пускатель
	Ящик с автоматом
	Ящик с предохранителем
	Ящик с рубильником
	Ящик с рубильником и предохранителями
	Пост кнопочный, кнопка управления (число точек должно соответствовать числу кнопок)
	Реле
	Светильник с лампой накаливания
	Светильник с люминесцентной лампой
	Светильник с разрядной лампой высокого давления
	Прожектор, например, с лампой накаливания
	Светильник пылеводонепроницаемый
	Светильник рудничный нормальный с прозрачным стеклом
	Светильник рудничный нормальный с матовым стеклом
	Светильник повышенной надежности против взрыва (без отражателя)

Продолжение прил. 2

Обозначения	Наименование обозначений
	Светильник повышенной надежности против взрыва (с отражателем)
	Светильник взрывонепроницаемый
	Светильник с лампой накаливания на кронштейне, на стене здания, сооружения для наружного освещения
	Патрон настенной
	Розетка штепсельная двухполюсная в исполнении: а – нормальном; б – герметическом
	Розетка двухполюсная с третьим заземляющим контактом (в нормальном и герметическом исполнениях)
	Розетка трехполюсная с четвертым заземляющим контактом (в нормальном и герметическом исполнениях)
	Выключатель (однополюсный, двухполюсный, трехполюсный) в нормальном исполнении
	Выключатель (однополюсный, двухполюсный, трехполюсный) в герметическом исполнении
	Переключатель для светильников (в нормальном и герметическом исполнениях)
	Крепление светильника на тросе
	Линия проводки. Общее обозначение
	Линия сети аварийного и охранного освещения
	Прокладка шин и шинопроводов. Общее изображение
	Шинопровод закрытый на стойках
	Шинопровод закрытый на подвесах
	Шинопровод закрытый на кронштейнах
	Линия заземления, зануления
	Конструкции металлические, используемые в качестве магистралей заземления, зануления
	Заземлители
	Линия напряжения 36 В и ниже
	Проводка в трубах. Общее изображение
	Проводка в трубе, прокладываемой открыто

Окончание прил. 2

Обозначения	Наименование обозначений
	Проводка уходит на более высокую отметку или приходит с более высокой отметки
	Проводка уходит на более низкую отметку или приходит с более низкой отметки
	Прокладка проводов и кабелей. Открытая прокладка одного проводника
	Открытая прокладка одного проводника под перекрытием
	Проводка в лотке
	Проводка в коробе
	Проводка под плинтусом

Приложение 3

Технические данные тепловых реле, встраиваемых в пускатели ПМЕ и ПА

Величина пускателя	Тип реле	Номинальный ток реле, А	Номинальный ток теплового реле, А, при +25°C (положение регулятора уставки на нуле)	Предел регулирования номинального тока уставки
I	ТРН-8 или ТРН-10	10	0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,25; 3,2; 4; 5; 6,8; 8; 10	От 0,75 I_H до 1,3 I_H
II	ТРН-20 или ТРН-25	25	5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	От 0,74 I_H до 1,3 I_H
III	ТРН-32 или ТРН-40	40	16; 20; 25; 32; 40	От 0,75 I_H до 1,3 I_H
IV	ТРП-60	60	25; 30; 40; 50; 60	От 0,75 I_H до 1,25 I_H
V	ТРП-150	150	50; 60; 80; 100	От 0,75 I_H до 1,25 I_H
VI	ТРП-150	150	100; 120; 150	От 0,75 I_H до 1,25 I_H

Технические данные магнитных пускателей серии ПМЕ и ПА

Пускатель			Наибольшая мощность управляемого электродвигателя, кВт, при напряжении, В			Ток уставки тепловых реле, А		
Тип	Величина	Номинальный ток, А	220	380	500	Номинальный ток, А	Нулевая уставка (номинальный ток нагревательного элемента)	Диапазон уставок
ПМЕ-222	2	25	5,5	10	10	6,25	5	3,75–6,25
						7,87	6,3	4,72–7,87
						10,0	8	6–10
						12,5	10	7,5–12,5
						15,6	12,5	9,38–15,6
						20,0	16	12–20
25,0	20	15–25						
ПА-322	3	40	7	13	17	40	32	24–40
ПА-422	4	56	13	20	28	56	44	33–56
ПА-522	5	115	28	55	55	115	104	78–115
ПА-622	6	140	40	75	75	140	126	94–140

Примечания:

1. Нулевая уставка – уставка в нулевом положении указателя шкалы теплового реле.
2. Регулировка тока уставки реле плавная и производится регулятором уставки. Шкала регулятора тока уставки имеет по пять делений влево (минус) и вправо (плюс) от нулевой риски шкалы. Каждое деление шкалы соответствует примерно 5 % номинального тока нагревательных элементов (тока нулевой уставки) для пускателей открытого исполнения и 5,5 % – для защищенного исполнения.
3. Для магнитных пускателей серии ПА 4, 5 и 6-й величин (с тепловым реле без термокомпенсации) при температуре охлаждающей среды ниже +30 °С вносится поправка в пределах шкалы реле.
4. Деление шкалы тока уставок без температурной поправки определяется из выражения

$$\pm N_1 = (I_n - I_0) / cI_0,$$

где I_n – номинальный ток электродвигателя, А; I_0 – ток нулевой уставки, А; c – коэффициент цены деления шкалы (0,05 – для открытых пускателей, 0,055 – для защищенных).

Поправка на температуру в пределах делений шкалы

$$-N_2 = (t_{\text{окр}} - 30^\circ) / 10^\circ,$$

где знак минус означает, что поправка вводится только при понижении температуры от номинальной (+40 °С) больше чем на 10 °С.

Результирующее расчетное деление равно

$$\pm N = (\pm N_1) + (-N_2).$$

Если число N дробное, производится округление до целого в большую или меньшую сторону, в зависимости от характера нагрузки.

Пример. Ток электродвигателя $I_n = 54$ А; защищенный пускатель ПА-422 с током нулевой уставки, равным 44 А; температура окружающей среды 15 °С.

Определяем деление шкалы уставок реле:

уставка реле без поправки на температуру

$$\pm N = (55-44)/0,055 \cdot 44 = +4,91;$$

поправка на температуру

$$-N_2 = (15-30)/10 = -1,5;$$

результатирующее расчетное деление шкалы уставок

$$\pm N = (+4,91) + (-1,5) = +3,41;$$

округление до +4 деления, если электродвигатель не подвержен частым перегрузкам или имеет запас мощности; до +3 деления, если электродвигатель находится на пределе по нагреву при номинальной нагрузке или в результате частых перегрузок.

Приложение 5

Технические характеристики автоматов серии ВА

Тип и номинальный ток, А	Номинальный ток расцепителей максимального тока, А	Номинальное напряжение, В	Число полюсов	Ток срабатывания теплового расцепителя, кратный I_n	Уставка по току мгновенного срабатывания, кратная I_n	Предельная коммутационная способность, кА, при напряжении, В	
						380	660
<u>ВА 51-21</u> 25	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	~380 ~660	2,3	1,35	10,0	3,8	2,0
<u>ВА 16</u> 25	6,3; 10; 16; 20; 25	~380	1	1,35	14		
<u>ВА 14М</u> 35	6, 8, 10, 16	~380 -110	1, 2, 3, 2	1,35	10 16		
<u>ВА 51Г-25</u> 25	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,8; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	~380 ~660	2,3	1,20	14,0	3,0	2,0
<u>ВА 51-31-1</u> 100, 160	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80;100	~380 -110	1	1,35	3, 7, 10 3, 7	8,0 8,0	-
<u>ВА 51-31</u> 100, 160	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80;100	~660 ~380 -220	2,3	1,35	3, 7, 10 3, 7, 10 3, 7	5,0 10,0 20,0	-

Окончание прил. 5

Тип и номинальный ток, А	Номинальный ток расцепителей, А	Номинальное напряжение, В	Число полюсов	Ток срабатывания теплового расцепителя, кратный I_n	Уставка по току мгновенного срабатывания, кратная I_n	Предельная коммутационная способность, кА, при напряжении, В	
						380	660
<u>ВА 51Г-31</u> 100, 160	16; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80;100	~660 ~380	3	1,2	14	4,0 7,0	-
<u>ВА 52-31</u> 100, 160	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80;100	~660 ~380	3	1,35	3, 7, 10	12,0 25,0	-
<u>ВА 52Г-31</u> 100, 160	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80;100	~660 ~380	3	1,2	14	10,0 25,0	-
<u>ВА 51-33</u> 100, 160	80; 100; 125; 160	~660 ~380	2,3	1,25	10	9,0 12,5	-
<u>ВА 51Г-33</u> 100, 160	80; 100; 125; 160	~680 ~380	3	1,2	14	9,0 12,5	-
<u>ВА 52-33</u> 100, 160	80; 100; 125; 160	~660 ~380	3	1,25	10	12,0 35,0	-
<u>ВА 52Г-33</u> 100, 160	80; 100; 125; 160	~660 ~380	3	1,2	14	12,0 35,0	-

Приложение 6

Технические параметры однополюсных автоматов серии АЕ1000
и трехполюсных АЕ2000

Серия	Тип (по исполне- нию)	Тип расцепи- теля	Но- ми- наль- ный ток авто- мата $I_{н.а}$, А	Номиналь- ные токи расцепите- лей $I_{н.тепл}$, $I_{н.эл.м}$, А	Ток срабатывания расцепителя, А		Предель- ная от- ключаю- щая спо- собность автомата $I_{пр.а}$, А
					теплого, $I_{ср.тепл}$	электро- магнит- ного, $I_{ср.эл.м}$	
АЕ1000	АЕ1031-11 АЕ1031-21 АЕ1031-31 АЕ1031-41 АЕ1031-51	Комби- нирован- ный	25	6, 10, 16, 25	1,5 $I_{н.расц}$	(12-18) $I_{н.расц}$	2000
	АЕ1031-12 АЕ1031-22 АЕ1031-32 АЕ1031-42 АЕ1031-52	Тепло- вой	25	6, 10, 16, 25	1,5 $I_{н.расц}$	-	1000
	АЕ1031-13 АЕ1031-23 АЕ1031-33 АЕ1031-43 АЕ1031-53	Элек- тромаг- нитный	25	6, 10, 16, 25	-	(12-18) $I_{н.расц}$	1000
АЕ2000	АЕ2033	Элек- тромаг- нитный	25	0,; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	-	3 $I_{н.расц}$ или 12 $I_{н.расц}$	3000
	АЕ2036	Комби- нирован- ный	25	0,; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	1,25 $I_{н.расц}$	3 $I_{н.расц}$ или 12 $I_{н.расц}$	3000
	АЕ2053	Элек- тромаг- нитный	100	16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100	-	3 $I_{н.расц}$ или 12 $I_{н.расц}$	6000
	АЕ2056	Комби- нирован- ный	100	16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100	1,25 $I_{н.расц}$	3 $I_{н.расц}$ или 12 $I_{н.расц}$	6000

Приложение 7

Допустимая потеря напряжения в осветительных и силовых сетях

Мощность трансформатора S_T , кВ·А	Коэффициент загрузки K_z трансформатора	Коэффициент мощности суммарной нагрузки $\cos\phi$				
		1,0	0,9	0,8	0,7	0,6
		Допустимая потеря напряжения $\Delta U_{\text{доп}}$, %				
160-250	1,0	8,2	6,6	6,1	5,9	5,6
	0,9	8,4	6,9	6,5	6,3	6,0
	0,8	8,6	7,2	6,9	6,7	6,4
	0,7	8,8	7,5	7,3	7,1	6,8
400	1,0	8,6	6,8	6,3	6,0	5,7
	0,9	8,7	7,1	6,7	6,4	6,1
	0,8	8,8	7,4	7,1	6,8	6,5
	0,7	8,9	7,7	7,5	7,2	6,9
630-1000	1,0	8,7	6,5	5,8	5,5	5,0
	0,9	8,8	6,8	7,2	5,9	5,5
	0,8	8,9	7,1	6,6	6,3	6,0
	0,7	9,0	7,4	7,0	6,7	6,5
1600	1,0	8,9	6,7	5,9	5,5	5,1
	0,9	9,0	7,0	6,3	5,9	5,6
	0,8	9,1	7,3	6,7	6,3	6,1
	0,7	9,2	7,6	7,1	6,7	6,6

Приложение 8

Значение коэффициента s для определения (по упрощенной формуле) сечений проводников и потери напряжения в электропроводах

Напряжение приемника U , В	Система сети и род тока	Коэффициент s для проводов	
		медных	алюминиевых
500	Трехфазная	132	80
660	Трехфазная	231	138
380/220	Трехфазная с нулевым проводом	77	46
380/220	Двухфазная с нулевым проводом	34	20
220	Двухпроводная переменного или постоянного тока	12,8	7,7
220/127	Трехфазная с нулевым проводом	25,6	15,6
220/127	Двухфазная с нулевым проводом	11,4	6,9
127	Двухпроводная переменного или постоянного тока	4,3	2,6
110	Двухпроводная переменного или постоянного тока	3,2	1,4

Приложение 9

Технические характеристики автоматов серии С60

Марка автомата	Номинальный ток расцепителя $I_{н.расц}$, А	Номинальное напряжение, В (число полюсов P)	Ток срабатывания теплового расцепителя, кратный I_n	Уставка по току мгновенного срабатывания, кратная I_n	Предельная коммутационная способность, кА
<i>C60a</i>	6, 10, 16, 20, 25, 32, 40	230 (1) 400 (2,3,4)	1,25	3,2 или 4,8; 7 или 10	4,5
<i>C60N</i>	0,5, 1, 2, 3, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63	230 (1) 400 (2,3,4)	1,25	3,2 или 4,8; 7 или 10; 10 или 14	6
<i>C60H</i>	0,5, 1, 2, 3, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63	230 (1) 400 (2,3,4)	1,25	3,2 или 4,8; 7 или 10; 10 или 14	10
<i>C60L</i>	0,5, 1, 2, 3, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63	240 (1) 415 (2,3,4)	1,25	2,4 или 3,6; 3,2 или 4,8; 7 или 10;	15
<i>C60LMA</i>	1,6, 2, 3, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40	240 (1) 415 (2,3,4)	1,25	9,6 или 14,4	20

Приложение 10

Технические характеристики автоматов типа *DX 033*** и *DX 034***

Марка автомата	Число полюсов P	Номинальный ток расцепителя $I_{н.расц}$, А	Номинальное напряжение, В	Ток срабатывания теплового расцепителя, кратный I_n	Уставка по току мгновенного срабатывания, кратная I_n	Предельная коммутационная способность, кА
<i>DX 03382</i>	1	6	от 230 до 400	1,13 - 1,45	5 или 10	6
<i>DX 03384</i>		10				
<i>DX 03386</i>		16				
<i>DX 03387</i>		20				
<i>DX 03388</i>		25				
<i>DX 03389</i>		32				
<i>DX 03390</i>		40				
<i>DX 03391</i>		50				
<i>DX 03392</i>		63				

Продолжение прил. 10

Марка автомата	Число полюсов P	Номинальный ток расцепителя $I_{н.расц}, A$	Номинальное напряжение, В	Ток срабатывания теплового расцепителя, кратный I_n	Уставка по току мгновенного срабатывания, кратная I_n	Предельная коммутационная способность, кА
<i>DX 03429</i>	2	6	400	1,13 - 1,45	5 или 10	6
<i>DX 03431</i>		10				
<i>DX 03433</i>		16				
<i>DX 03434</i>		20				
<i>DX 03435</i>		25				
<i>DX 03436</i>		32				
<i>DX 03437</i>		40				
<i>DX 03438</i>		50				
<i>DX 03439</i>		63				
<i>DX 03447</i>	3	6				
<i>DX 03449</i>		10				
<i>DX 03451</i>		16				
<i>DX 03452</i>		20				
<i>DX 03453</i>		25				
<i>DX 03454</i>		32				
<i>DX 03455</i>		40				
<i>DX 03456</i>		50				
<i>DX 03457</i>		63				
<i>DX 03489</i>	4	6				
<i>DX 03491</i>		10				
<i>DX 03493</i>		16				
<i>DX 03494</i>		20				
<i>DX 03495</i>		25				
<i>DX 03496</i>		32				
<i>DX 03497</i>		40				
<i>DX 03498</i>		50				
<i>DX 03499</i>		63				

Приложение 11

Технические характеристики автоматов типа *DX-h 06**** и *DPX ****

Марка автомата	Число полюсов <i>P</i>	Номинальный ток расцепителя $I_{н.расц}$, А	Номинальное напряжение, В	Ток срабатывания теплового расцепителя, кратный I_n	Уставка по току мгновенного срабатывания, кратная I_n	Предельная коммутационная способность, кА
<i>DX-h 06383</i>	1	80	от 230 до 400	1,13 - 1,45	5 или 10	10
<i>DX-h 06384</i>		100				
<i>DX-h 06385</i>		125				
<i>DX-h 06475</i>	2	80				
<i>DX-h 06476</i>		100				
<i>DX-h 06477</i>		125				
<i>DX-h 06570</i>	4	80				
<i>DX-h 06571</i>		100				
<i>DX-h 06572</i>		125				
<i>DPX 125</i>	3	25	400	1,13 - 1,45	25	25 или 36
		40			20	
		63			15	
		100			12,5	
		125			10	
	4	100	400	1,13 - 1,45	12,5	25
125		10				
<i>DPX 160</i>	3	160	500	1,13 - 1,45	10	36
<i>DPX 250</i>		250	690		3,5 или 10	
<i>DPX 630</i>		320			6 или 10	
		400				

Технические характеристики плавких предохранителей

Тип	Номинальный ток, А		Предельный ток отключения $I_{пр.пр}$, А, при напряжении, В		
	предохранителя $I_{п.пр}$	плавкой вставки $I_{п.вст}$	220	380	500
ПР-2	15	6, 10 и 15	1200	800	700
	60	15, 20, 25, 35, 45, 60	5500	4500	3500
	100	60, 80 и 100	11000	11000	10000
	200	100, 125, 160 и 200	11000	11000	10000
	350	200, 225, 260, 300, 350	11000	13000	11000
	600	350, 430, 500, 600	15000	23000	20000
НПН-15 НПН-60М НПН2-60	15	6, 10 и 15	-	10000	-
	60	20, 25, 35, 45 и 60	-	10000	-
	63	6; 10; 16; 20; 25; 31,5; 40 и 63	-	10000	-
ПН-2	100	31,5; 40; 50; 63; 80; 100	-	100000	50000
	250	80, 100, 125, 160, 200 и 250	-	100000	40000
	400	200, 250, 315, 335 и 400	-	40000	25000
	630	315, 400, 500 и 630	-	25000	10000
ПНБ-2	40	40	-	-	100000
	60	60	-	-	
	100	100	-	-	
	150	150	-	-	
	200	200	-	-	
	300	250, 300	-	-	
	400	400	-	-	
600	600	-	-		
Ц-27	25	6, 10, 15, 20 и 25	-	600	-
Ц-33	60	15, 20, 25, 35, 60	-	1000	-
ПП-24 ПП-17	25	2; 4; 6,3; 10; 16; 20; 25	-	100000	-
	1000	500, 630, 800, 1000	-	120000	-
ПТ23 ПТ26	16	6, 10, 16	10000	-	-
	31,5	20; 25; 31,5	10000	-	-
ПР23 ПР26	16	6,3; 10; 15	10000	-	-
	31,5	20; 25; 31,5	10000	-	-
ППНИ-33-00 ППНИ-33-0 ППНИ-35-1 ППНИ-37-2 ППНИ-39-3	2-160 40-250 40-400 100-630	2, 4, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160	50 кА при 660 В 120 кА при 500 В		
		40, 50, 63, 80, 110, 125, 160, 200, 250			
		40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 355, 400			
		100, 125, 160, 200, 250, 315, 355, 400, 500, 630			

Примечание. Съем плавких вставок у всех типов исполнений ППНИ производится при помощи рукоятки РС-1.

Приложение 13

Значения коэффициентов K , учитывающих климатические условия

Тип заземлителя	Глубина заглабления, м	Повышающие коэффициенты		
		K_1	K_2	K_3
Поверхностный	0,5	6,5	5	4,5
	0,8	3	2	1,6
Углубленный (труба, уголок, стержень)	0,8	2	1,5	1,4

Примечания:

1. Для средней полосы России применяют:
 - K_1 – в том случае, если грунт влажен и измерениям предшествовали большие осадки;
 - K_2 – если грунт средней влажности и измерениям предшествовали небольшие осадки;
 - K_3 – если грунт сухой и перед измерениями не было осадков.
2. Для заземлителей, лежащих ниже глубины промерзания, коэффициенты не применяют.
3. Если непосредственные измерения отсутствуют, то можно пользоваться приближенными средними значениями удельных сопротивлений грунта, которые приводятся в литературе. Точность расчета при этом снижается.

Приложение 14

Коэффициенты использования вертикальных заземлителей η_v и горизонтальных полос η_g

Число вертикальных заземлителей	Отношение расстояния между вертикальными заземлителями к длине вертикального заземлителя a/l					
	1		2		3	
	η_v	η_g	η_v	η_g	η_v	η_g
При расположении полос по периметру замкнутого контура						
4	0,69	0,45	0,78	0,55	0,85	0,70
6	0,62	0,40	0,73	0,48	0,80	0,64
8	0,58	0,36	0,71	0,43	0,78	0,60
10	0,55	0,34	0,69	0,40	0,76	0,56
20	0,47	0,27	0,64	0,32	0,71	0,45
30	0,43	0,24	0,60	0,30	0,68	0,41
50	0,40	0,21	0,56	0,28	0,66	0,37
70	0,38	0,20	0,54	0,26	0,64	0,35
100	0,35	0,19	0,52	0,24	0,62	0,33
При расположении полос в ряд						
3	0,78	0,80	0,86	0,92	0,91	0,95
4	0,74	0,77	0,83	0,89	0,88	0,92
5	0,70	0,74	0,81	0,86	0,87	0,90
6	0,63	0,71	0,77	0,83	0,83	0,88
10	0,59	0,62	0,75	0,75	0,81	0,82
15	0,54	0,50	0,70	0,64	0,78	0,74
20	0,49	0,42	0,68	0,56	0,77	0,68
30	0,43	0,31	0,65	0,46	0,75	0,58

**Технические характеристики УЗО
(дифференциальный выключатель без защиты от сверхтоков)**

Параметры	Типы устройств защитного отключения						
	УЗО 2	УЗО 10-2	УЗО 20	УЗО В	УЗЩ 10	ЗОУП 25	УЗО 25
Напряжение, В	220					380	
Частота, Гц	50... 60	50...60	50	50...60	50	50	
Номинальный ток, А	10-32	10	6,3-32	6	10	25	
Номинальное значение устав-ки срабаты-вания по току утечки, мА	10, 30	10	10, 30	10	10	10	30
Время срабатывания, с	0,04	0,04	0,05	0,08	0,05	0,05	0,04
Потребляемая мощность, Вт	2,0	4,0	3,5	-	4,5	5,0	4,5
Рабочая температура, °С	-40 +55	-20 +55	-10 +40	-20 +40	-10 +35	-4 +40	-40 +55
Зависимость от колебаний напряжения сети	Зависит						
Потребность в источнике питания	Требуется						
Тип расцепителя	Электронно-электромагнитный						

Примечание. Для жилых, общественных и других зданий рекомендуется применять УЗО, не требующие источника питания (электрохимические). Например, АСТРО-УЗО.

Таблица 2

**Технические характеристики АСТРО-УЗО
(дифференциальный выключатель без защиты от сверхтоков)**

Тип УЗО	Номинальный ток I_n , А	Номинальное значение уставки срабатывания по току утечки, мА	Напряжение, В / частота, Гц	Число полюсов / модулей
Ф1111	16	10	220 / 50	2 (1P+N) / 2
Ф1211		30		
Ф2111	25	10		
Ф2211		30		
Ф3211	40	100		
Ф3311		300		
Ф3411		30		
Ф4211	63	100		
Ф4312		300		
Ф4411		30		
Ф1211S	16	30		
Ф2211S	25	100		
Ф3311S	40	300		
Ф3411S		30		
Ф1212	16	30	380 / 50	4 (3P+N) / 4
Ф1212	25	10		
Ф2212		30		
Ф2312		100		
Ф3212	40	30		
Ф3312		100		
Ф3412		300		
Ф4212	63	30		
Ф4312		100		
Ф4412		300		
Ф5312	80	100		
Ф5412	80, 100, 125	300		
Ф2212S	25	30		
Ф3312S	40	100		
Ф4312S	63			
Ф5312S	80			
Ф3412S	40	300		
Ф4412S	63			

Таблица 3

Технические характеристики УЗО серии F
(дифференциальный выключатель без защиты от сверхтоков)

Тип УЗО	Номинальный ток I_n , А	Номинальное значение уставки срабатывания по току утечки, мА	Напряжение, В / частота, Гц	Число полюсов / модулей
F202 AC	16	10	230-400 / 50	2 (1P+N) / 2
	25, 40, 63, 80, 100	30, 100, 300, 500		
F202 AP-R	25, 40, 63	30		
F204 AC	25, 40, 63, 80, 100, 125	30, 100, 300, 500	230-400 / 50	4 (3P+N) / 4
F362	16	10	230 / 50	2 (1P+N) / 2
	25, 40, 63, 80	30		
	25, 40, 63	300		
F664	80, 100	30, 300	400 / 50	4 (3P+N) / 4
	125	300		

Таблица 4

Технические характеристики УЗО серии DX
(дифференциальный выключатель без защиты от сверхтоков)

Тип УЗО	Номинальный ток I_n , А	Номинальное значение уставки срабатывания по току утечки, мА	Напряжение, В / частота, Гц	Число полюсов / модулей	
DX 08906	16	10	230 / 50	2 (1P+N) / 2	
DX 08909	25	30			
DX 08910	40				
DX 08911	63				
DX 08912	80				
DX 08915	25				
DX 08916	40	100			
DX 08917	63				
DX 08918	80				
DX 08927	25				
DX 08928	40				
DX 08929	63	300			
DX 08930	80				
DX 08993	25		30	400 / 50	4 (3P+N) / 4
DX 08994	40				
DX 08995	63				
DX 08996	80				
DX 08999	25	100			
DX 09000	40				
DX 09001	63				
DX 09002	80				

Продолжение табл. 4

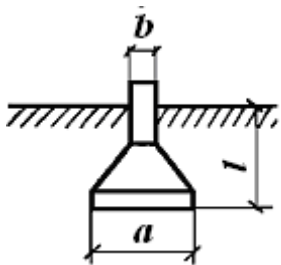
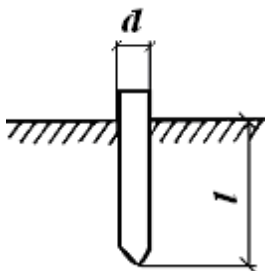
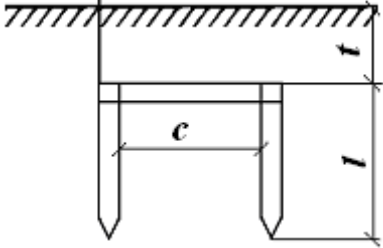
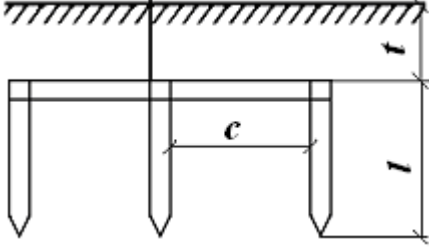
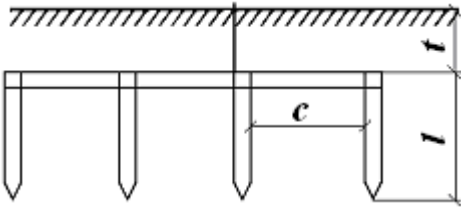
Тип УЗО	Номинальный ток I_n , А	Номинальное значение уставки срабатывания по току утечки, мА	Напряжение, В / частота, Гц	Число полюсов / модулей
<i>DX 09011</i>	25	300	400 / 50	4 (3P+N) / 4
<i>DX 09012</i>	40			
<i>DX 09013</i>	63			
<i>DX 09014</i>	80		230-400 / 50	
<i>DX 09018</i>	40			
<i>DX 09019</i>	63			

Таблица 5

**Технические характеристики УЗО серии *ID* и *ВД63*
(дифференциальный выключатель без защиты от сверхтоков)**

Тип УЗО	Номинальный ток I_n , А	Номинальное значение уставки срабатывания по току утечки, мА	Напряжение, В / частота, Гц	Число полюсов / модулей
<i>ID 23008</i>	25	10	240 / 50	2 (1P+N) / 2
<i>ID 23009</i>		30		
<i>ID 23014</i>	40			
<i>ID 23018</i>	63			
<i>ID 23011</i>	25	300		
<i>ID 23016</i>	40			
<i>ID 23021</i>	63			
<i>ID 23028S</i>				
<i>ID 23038</i>	25	30	415 / 50	4 (3P+N) / 4
<i>ID 23042</i>	40			
<i>ID 23047</i>	63			
<i>ID 23040</i>	25	300		
<i>ID 23045</i>	40			
<i>ID 23049</i>	63			
<i>ВД63 11454</i>	16	10	230 / 50	2 (1P+N) / 2
<i>ВД63 11450</i>	25	30		
<i>ВД63 11452</i>	40			
<i>ВД63 11455</i>	63			
<i>ВД63 11451</i>	25	300		
<i>ВД63 11453</i>	40			
<i>ВД63 11456</i>	63			
<i>ВД63 11460</i>	25	30	400 / 50	4 (3P+N) / 4
<i>ВД63 11463</i>	40			
<i>ВД63 11466</i>	63			
<i>ВД63 11464</i>	40	100		
<i>ВД63 11467</i>	63			
<i>ВД63 11465</i>	40	300		
<i>ВД63 11468</i>	63			

Типовые конструкции заземлителей молниеотводов

Тип заземлителя	Эскиз	Применимые размеры, м
Железобетонный подножник		$a \geq 1,8$ $b \geq 0,4$ $l \geq 2,2$
Железобетонная свая		$d = 0,25-0,4$ $l \geq 5$
Стальной двухстержневой, полоса 40×4 мм, стержни $d=10 \div 20$ мм		$t \geq 0,5$ $l = 3-5$ $c = 3-5$
Стальной трехстержневой, полоса 40×4 мм, стержни $d=10 \div 20$ мм		$t \geq 0,5$ $l = 3-5$ $c = 5$
Стальной четырехстержневой, полоса 40×4 мм, стержни $d=10 \div 20$ мм		$t \geq 0,5$ $l = 3-5$ $c = 5-7$

Приложение 17

Согласно п. 7.1.76. ПУЭ [20] рекомендуется использовать УЗО, представляющее собой единый аппарат с автоматическим выключателем, обеспечивающим защиту от сверхтока.

Не допускается использовать УЗО в групповых линиях, не имеющих защиты от сверхтока, без дополнительного аппарата, обеспечивающего эту защиту.

Таблица 1

Технические характеристики дифавтоматов серии DS (дифференциальный выключатель с защитой от сверхтоков)

Тип дифавтомата	Номинальный ток I_n , А	Номинальное значение уставки срабатывания по току утечки, мА	Напряжение, В / частота, Гц	Число полюсов	Ток срабатывания теплового расцепителя, кратный I_n	Уставка по току мгновенного срабатывания, кратная I_n	Предельная коммутационная способность, кА
DS 202	6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63	30	230-400/ 50	2 (1P+N)	1,13-1,45	3-5	6
DS 202 M							10
DS 203	6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40			3 (2P+N)			6
DS 203 M							10
DS 204				4 (3P+N)			6
DS 204 M							10
DS 642	6, 10, 16, 20, 25, 32	30	230 / 50	2 (1P+N)	1,13-1,45	5-10	4,5
DS 651	16, 25						
DS 652	10, 16	10	230-400/ 50	4 (3P+N)			6
	3, 16, 25, 40, 50						
DS 654	10, 32, 40, 50	30	400 / 50	2 (1P+N)			10, 15
DS 672	3, 16, 25, 32		230-400/ 50				
DS 941	6, 10, 16, 20, 25, 32, 40		230 / 50	2 (1P+N)	4,5		
DS 951	40	6					

Таблица 2

**Технические характеристики дифавтоматов серии DX
(дифференциальный выключатель с защитой от сверхтоков)**

Тип дифавтомата	Номинальный ток I_n , А	Номинальное значение уставки срабатывания по току утечки, мА	Напряжение, В / частота, Гц	Число полюсов	Ток срабатывания теплового расцепителя, кратный I_n	Уставка по току мгновенного срабатывания, кратная I_n	Предельная коммутационная способность, кА
<i>DX 07879</i>	16	10	230 / 50	2 (1P+N)	1,13-1,45	5-10	6
<i>DX 07881</i>	3	30					
<i>DX 07883</i>	6						
<i>DX 07884</i>	10						
<i>DX 07886</i>	16						
<i>DX 07887</i>	20						
<i>DX 07888</i>	25						
<i>DX 07889</i>	32						
<i>DX 07890</i>	40						
<i>DX 07894</i>	6	300					
<i>DX 07895</i>	10						
<i>DX 07897</i>	16						
<i>DX 07898</i>	20						
<i>DX 07899</i>	25						
<i>DX 07900</i>	32						
<i>DX 07901</i>	40						
<i>DX 07745</i>	10		10	230-400/ 50	2 (1P+N)	1,13-1,45	5-10
<i>DX 07746</i>	16						
<i>DX 07747</i>	20						
<i>DX 07911</i>	10	30					
<i>DX 07919</i>	16						
<i>DX 07920</i>	20						
<i>DX 07921</i>	25						
<i>DX 07922</i>	32						
<i>DX 07929</i>	40						
<i>DX 07930</i>	50						
<i>DX 07931</i>	63						
<i>DX 07944</i>	10	300					
<i>DX 07946</i>	16						
<i>DX 07947</i>	20						
<i>DX 07948</i>	25						
<i>DX 07949</i>	32						
<i>DX 07950</i>	40						
<i>DX 07951</i>	50						
<i>DX 07952</i>	63						

Окончание табл. 2

Тип дифавтомата	Номинальный ток I_n , А	Номинальное значение уставки срабатывания по току утечки, мА	Напряжение, В / частота, Гц	Число полюсов	Ток срабатывания теплового расцепителя, кратный I_n	Уставка по току мгновенного срабатывания, кратная I_n	Пределная коммутационная способность, кА
<i>DX 07962</i>	10	30	400 / 50	4 (3P+N)	1,13-1,45	5-10	6
<i>DX 07964</i>	16						
<i>DX 07965</i>	20						
<i>DX 07966</i>	25						
<i>DX 07967</i>	32						
<i>DX 07975</i>	10	300					
<i>DX 07977</i>	16						
<i>DX 07978</i>	20						
<i>DX 07979</i>	25						
<i>DX 07980</i>	32						
<i>DX 08013</i>	40	30	230-400/ 50	4 (3P+N)	1,13-1,45	5-10	6
<i>DX 08014</i>	50						
<i>DX 08015</i>	63						
<i>DX 08031</i>	40	300					
<i>DX 08032</i>	50						
<i>DX 08033</i>	63						

Таблица 3

**Технические характеристики дифавтоматов серии *EZ9D* и *DPN N*
(дифференциальный выключатель с защитой от сверхтоков)**

Тип дифавтомата	Номинальный ток I_n , А	Номинальное значение уставки срабатывания по току утечки, мА	Напряжение, В / частота, Гц	Число полюсов	Ток срабатывания теплового расцепителя, кратный I_n	Уставка по току мгновенного срабатывания, кратная I_n	Пределная коммутационная способность, кА
<i>EZ9D34610</i>	10	30	230 / 50	2 (1P+N)	1,13-1,45	5-10	4,5
<i>EZ9D34616</i>	16						
<i>EZ9D34620</i>	20						
<i>EZ9D34625</i>	25						
<i>EZ9D34632</i>	32						
<i>EZ9D34640</i>	40						
<i>VIGI 19661</i>	6	30	230 / 50	2 (1P+N)	1,13-1,45	5-10	6
<i>VIGI 19663</i>	10						
<i>VIGI 19665</i>	16						
<i>VIGI 19666</i>	20						

Окончание табл. 3

Тип дифавтомата	Номинальный ток I_n , А	Номинальное значение уставки срабатывания по току утечки, мА	Напряжение, В / частота, Гц	Число полюсов	Ток срабатывания теплового расцепителя, кратный I_n	Уставка по току мгновенного срабатывания, кратная I_n	Предельная коммутационная способность, кА
VIGI 19667	25	30	230 / 50	2 (1P+N)	1,13-1,45	5-10	6
VIGI 19668	32						
VIGI 19669	40						
A9N 19661	6	30	230 / 50	2 (1P+N)	1,13-1,45	5-10	6
A9N 19663	10						
A9N 19665	16						
A9N 19666	20						
A9N 19667	25						
A9N 19668	32						
A9N 19669	40						

Таблица 4

Технические характеристики дифавтоматов серии АД63 и АД63 К
(дифференциальный выключатель с защитой от сверхтоков)

Тип дифавтомата	Номинальный ток I_n , А	Номинальное значение уставки срабатывания по току утечки, мА	Напряжение, В / частота, Гц	Число полюсов	Ток срабатывания теплового расцепителя, кратный I_n	Уставка по току мгновенного срабатывания, кратная I_n	Предельная коммутационная способность, кА
серия АД63							
11473	16	30	230 / 50	2 (1P+N)	1,13-1,45	5-10	4,5
11474	25						
11475	40						
11471	25	300					
11472	40						
серия АД63 К (компактные)							
12478	6	30	230 / 50	2 (1P+N)	1,13-1,45	5-10	4,5
12521	10						
12522	16						
12523	20						
12524	25						
12525	32						

**Характеристика силовых кабелей для стационарной прокладки
на напряжение до 6 кВ**

Обозначение марки	Конструкция кабеля	Преимущественная область применения
1	2	3
ВВГнг	Кабель с медными токопроводящими жилами, с изоляцией из слоя стеклосодержащей ленты и слоя поливинилхлоридного пластика, в оболочке из поливинилхлоридного пластика пониженной горючести	Для передачи и распределения электрической энергии и электрических сигналов в стационарных установках на напряжение 400 В частотой 50 Гц
ВВГнг-LS	То же с пониженным газо-дымовыделением	То же
АВВГД (ВВГД)	Кабель силовой с алюминиевыми (медными) токопроводящими жилами с двухслойной изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного пластика с разделенными функциями слоев в изоляции и в оболочке, повышенной долговечности	Для передачи и распределения электрической энергии в стационарных установках на напряжение 0,66 и 1 кВ
АВБВ (ВБВ)	Алюминиевая (медная) токопроводящая жила, изоляция из поливинилхлоридного пластика, броня из двух стальных лент, шланг из поливинилхлоридного пластика	Для передачи и распределения электрической энергии в стационарных установках на напряжение 0,66 и 1 кВ
АПсБВ (ПсБВ)	Алюминиевая (медная) токопроводящая жила, изоляция из самозатухающего полиэтилена, броня из двух стальных лент, шланг из поливинилхлоридного пластика	То же
АПБВ (ПБВ)	Алюминиевая (медная) токопроводящая жила, изоляция из полиэтилена, броня из двух стальных лент, шланг из поливинилхлоридного пластика	«
АВПБс	Алюминиевая токопроводящая жила, изоляция из поливинилхлоридного пластика, броня из двух стальных лент, шланг из самозатухающего светостабилизированного полиэтилена (касполена)	«
АВВГ (ВВГ)	Алюминиевая (медная) токопроводящая жила, изоляция и оболочка из поливинилхлоридного пластика, без защитного покрова	Для передачи и распределения электрической энергии в стационарных установках на переменное напряжение 0,66, 1 и 6 кВ частотой 60 Гц

Продолжение прил. 18

Обозначение марки	Конструкция кабеля	Преимущественная область применения
1	2	3
АПсВГ (ПсВГ)	Алюминиевая (медная) токопроводящая жила, изоляция из самозатухающего полиэтилена, оболочка из поливинилхлоридного пластиката без защитного покрова	То же
АПсВГ (ПсВГ)	Алюминиевая (медная) токопроводящая жила, изоляция из самозатухающего полиэтилена, оболочка из поливинилхлоридного пластиката без защитного покрова	«
АПвВГ (ПвВГ)	Алюминиевая (медная) токопроводящая жила, изоляция из вулканизирующего полиэтилена, оболочка из поливинилхлоридного пластиката без защитного покрова	«
АВашВ (ВашВ)	Алюминиевая (медная) токопроводящая жила, изоляция из поливинилхлоридного пластиката, защитный покров типа Шв	«
АПвАшВ (ПвАшВ)	Алюминиевая (медная) токопроводящая жила, изоляция из вулканизирующего полиэтилена, защитный покров типа Шв	Для передачи и распределения электрической энергии в стационарных установках на переменное напряжение 0,66, 1 и 6 кВ частотой 60 Гц
АВбшВ (ВбшВ)	Алюминиевая (медная) токопроводящая жила, изоляция из поливинилхлоридного пластиката, броня из 2-х стальных лент, оболочка из поливинилхлоридного пластиката	Для передачи и распределения электрической энергии при прокладке в земле (траншее)
АПбшВ (ПбшВ)	Алюминиевая (медная) токопроводящая жила, изоляция из полиэтилена, защитный покров типа БбшВ	«
АПсбшВ (ПсбшВ)	Алюминиевая (медная) токопроводящая жила, изоляция из самозатухающего полиэтилена, защитный покров типа БбшВ	«
АПвбшВ (ПвбшВ)	Алюминиевая (медная) токопроводящая жила, изоляция из вулканизирующегося полиэтилена, защитный покров типа БбшВ	«
АВВ	С алюминиевой жилой, с изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного пластиката	Для передачи и распределения электрической энергии

Продолжение прил. 18

Обозначение марки	Конструкция кабеля	Преимущественная область применения
1	2	3
АВтВ	С алюминиевой жилой, с изоляцией и оболочкой из термостойкого поливинилхлоридного пластика	То же
АСРГ (СРГ)	Алюминиевая (медная) жила, с резиновой изоляцией, в свинцовой оболочке, голый	Для прокладки внутри помещений, в каналах, в туннелях, в местах, не подверженных вибрации, в условиях отсутствия механических воздействий на кабель, в среде нейтральной по отношению к свинцу
АСРБ (СРБ)	Алюминиевая (медная) жила, с резиновой изоляцией, в свинцовой оболочке, защитный покров типа Б	Для прокладки в земле (траншеях), если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
АСРБГ (СРБГ)	Алюминиевая (медная) жила, с резиновой изоляцией, в свинцовой оболочке, защитный покров типа БГ	Для прокладки внутри помещений, в каналах, в туннелях, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
АСРБ2лГ (СРБ2лГ)	Алюминиевая (медная) жила, с резиновой изоляцией, в свинцовой оболочке, защитный покров типа Б2лГ	То же, для метрополитена
АВРГ (ВРГ)	Алюминиевая (медная) жила, с резиновой изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке, голый	Для прокладки внутри помещений, в каналах, туннелях, в условиях отсутствия механических воздействий на кабель и при наличии агрессивных сред (кислот, щелочей и др.)
АВРБ (ВРБ)	Алюминиевая (медная) жила, с резиновой изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке, защитный покров типа Б	То же
АВРБГ (ВРБГ)	Алюминиевая (медная) жила, с резиновой изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке, защитный покров типа БГ	Для прокладки в земле (траншеях), если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
АНРГ (НРГ)	Алюминиевая (медная) жила, нейритовая изоляция, резиновая маслостойкая оболочка, не распространяющая горение, голый	Для прокладки внутри помещений, в каналах, туннелях, в условиях отсутствия механических воздействий на кабель

Окончание прил. 18

Обозначение марки	Конструкция кабеля	Преимущественная область применения
1	2	3
АНРБ (НРБ)	Алюминиевая (медная) жила, нейритовая изоляция, резиновая маслостойкая оболочка, не распространяющая горение, защитный покров типа Б	Для прокладки в земле (траншеях), если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
АНРБГ (НРБГ)	Алюминиевая (медная) жила, нейритовая изоляция, резиновая маслостойкая оболочка, не распространяющая горение, защитный покров типа БГ	Для прокладки внутри помещений, в каналах, в туннелях, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
АВРБн (ВРБн)	Алюминиевая (медная) жила, с резиновой изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке, защитный покров типа Бн	Для прокладки в земле (траншеях), если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям и в случае, когда требуется стойкость к распространению горения

Примечание. Электрические кабели и провода по основным показателям пожарной опасности, таким, как количество пожаров, размер ущерба от пожара и число погибших людей при пожаре, занимают первое место в ранге пожарной опасности среди электротехнических изделий. Поэтому в последние годы при разработке или усовершенствовании кабелей, предназначенных для эксплуатации в кабельных сетях и сооружениях особо опасных объектов (АЭС, метрополитенов, зданий и сооружений с пожаровзрывоопасной технологией, на судах, в офисных помещениях и т.п.), к ним предъявляются более жесткие требования по совокупности показателей пожарной безопасности, приведенных в таблице:

Наименование показателя	Обозначение марок кабелей	Нормативная база для оценки показателя
Нераспространение горения	Индекс «нг»	ГОСТ ИЕС 60332-1-2-2011 ГОСТ ИЕС 60332-1-3-2011 ГОСТ ИЕС 60332-2-2-2011
Дымогазовыделение	Индекс «LS» (<i>low-smoke</i>)	ГОСТ ИЕС 61034-2-2011 ГОСТ ИЕС 61034-2-2011
Коррозийная активность продуктов дымо- и газовыделения	Индекс «HF» (<i>halogen-free</i>)	ГОСТ ИЕС 60754-2-2011
Огнестойкость	Индекс «FR» (<i>fire resistance</i>)	ГОСТ ИЕС 60332-3-21-2011 ГОСТ ИЕС 60332-3-22-2011 ГОСТ ИЕС 60332-3-23-2011 ГОСТ ИЕС 60332-3-24-2011 ГОСТ ИЕС 60332-3-25-2011

Характеристика силовых изолированных проводов

Обозначение марки	Конструкция провода	Преимущественная область применения
1	2	3
АПВ	С алюминиевой жилой ограниченной гибкости (для сечений до 16 мм ² вкл., однопроволочная), с поливинилхлоридной изоляцией	Для прокладки в стальных трубах, пустотных каналах строительных конструкций, на лотках и др., для монтажа электрических цепей
ПВ1	С медной жилой ограниченной гибкости (для сечений до 10 мм ² вкл., однопроволочная), с поливинилхлоридной изоляцией	То же
ПВ2	С медной жилой нормальной гибкости, с поливинилхлоридной изоляцией	Для монтажа участков электрических цепей, где возможны изгибы проводов
ПВ3	С медной жилой повышенной гибкости, с поливинилхлоридной изоляцией	То же
ПВ4	С медной жилой высокой гибкости, с поливинилхлоридной изоляцией	Для монтажа участков электрических цепей, где возможны частые изгибы проводов
АППВ	С алюминиевыми жилами ограниченной гибкости (для сечений до 16 мм ² вкл., однопроволочными), с поливинилхлоридной изоляцией, плоский, с разделительным основанием	Для стационарного монтажа
ПРТО	С медной жилой нормальной гибкости, с резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом	Для прокладки в трубах
АПРТО	То же, с алюминиевой жилой	То же
ПРН	С медной жилой нормальной гибкости, с резиновой изоляцией, в негорючей резиновой оболочке	Для прокладки в сухих и сырых помещениях, в пустотных каналах негорючих строительных конструкций, а также на открытом воздухе
АПРН	То же, с алюминиевой жилой	То же
ПРГН	То же, с медной гибкой жилой	Для прокладки при повышенной гибкости при монтаже и для соединения подвижных частей электрических машин в сухих и сырых помещениях, а также на открытом воздухе

Окончание прил. 19

Обозначение марки	Конструкция провода	Преимущественная область применения
1	2	3
АППР	С алюминиевыми жилами нормальной гибкости, с резиновой изоляцией, не распространяющей горение, с разделительным основанием	Для прокладки по деревянным поверхностям и конструкциям жилых и производственных сельскохозяйственных помещений, включая животноводческие и птицеводческие помещения
АПР	С алюминиевой жилой с резиновой изоляцией, в резиновой оболочке	Для неподвижной прокладки
ПР	То же, с медной жилой	То же
ПРГ	То же, гибкий	То же, если требуется повышенная гибкость
ПРПГ	То же, повышенной гибкости	Для присоединения к подвижным токоприемникам
ПРПГУ	То же, в усиленной резиновой оболочке	То же, при возможности внешних механических воздействий
ПРКТ	С медной гибкой жилой, с изоляцией из кремнийорганической резины	Для фиксированного монтажа внутри осветительной арматуры, электробытовых приборов
ПРКА	С медной жилой нормальной и повышенной гибкости, с изоляцией из кремнийорганической резины повышенной твердости	Для фиксированного монтажа внутри осветительной арматуры и бытовых электронагревательных приборов
АПВД	С алюминиевой жилой ограниченной гибкости с двухслойной поливинилхлоридной изоляцией, повышенной долговечности	Для электрических установок при стационарной прокладке в осветительных и силовых сетях
ПВД1	То же, с медной жилой нормальной гибкости	То же
ПВД2	То же, повышенной долговечности	«
ПВД3	То же, с жилой повышенной гибкости	«
ПАЛ	С медной жилой нормальной и повышенной гибкости, с асбестопленочной изоляцией, лакированный	Для стационарной прокладки в электрических установках, в осветительных сетях, для межприборного монтажа
ПАЛО	То же, облегченный	То же
ПВБ	С медной жилой и изоляцией из поливинилхлоридного пластиката	Для работы при напряжении 500 В постоянного тока и 220 В переменного тока частотой
ППБ	С медной жилой и изоляцией из полиэтилена	То же

Технические характеристики отечественных серий и типов взрывозащищенных электродвигателей

Серия или тип электродвигателя	Мощность, кВт	Напряжение, В	Маркировка взрывозащиты	Примечание
ВАО 2	55-315 200-2000	380/660 6000-10000	1ExdIIВТ4	Привод стационарных машин и механизмов
ВАСО 2	22-75	380/660	1ExdIIВТ4	Вертикальный
ВАСО4	22-90	380	1ExdIIВТ4 1ExdIIСТ4 2ExdIIСТ3	Привод вентиляторов
ВАСО5К	30-90	380	1ExdIIВТ4	То же
ВАСО7	6,5-15 22-90	380 380/660	1ExdIIВТ4 1ExdIIСТ4	То же
ВАОВ	400-2000	6000-10000	1ExdIIВТ4	Привод вертикальных нефтяных насосов
ВАЗМВ1	500-2000	6000	1ExdIIВТ4	Привод насосов, компрессоров, нагнетателей и других быстроходных механизмов
В	0,25-110	220/380 380/660	1ExdIIВТ4	Частота оборотов 1500-3000 об/мин
2В	1,5-2,2	220/380/660	1ExdIIВТ4	Привод подъемно-транспортных и других механизмов в химической, нефтяной и газовой промышленности и других случаях
	1,5-5,5	До 660	1ExdIIВТ4	
	37-110	До 660	1ExdIIВТ4	
3В (ЗВР)	2,2-11	220/380/660	1ExdIIВТ4	То же
	15-55	380/660		
ВА132 ВА200	3-4,5 15,5-45	380/660	1ExdIIВТ4 2ExdIIВТ4	То же
АИМУ	0,25-7,5 4-315	380 380/660	1ExdIIВТ4	То же
АИМ (АИМР)	0,25-7,5	220/380/660	1ExdeIIВТ4 2ExdeIIСТ4 1ExdIIВТ4 1ExdIIСТ4	То же
АИМ (С) АИМ (Р)	4-22 7-30	До 660	1ExdIIВТ4*	Привод механизмов в химической, газовой, нефтеперерабатывающей и других отраслях

* Первые (АИМ (С)) имеют вводное устройство с видом взрывозащиты «е», а корпус – с видом взрывозащиты *d*, т.е. для взрывоопасных зон 2(В-Іа, В-Іг, В-Іб), 22(В-Іа). Вторые (АИМ (Р)) – вводное устройство и корпус имеют защиту вида *d*, т.е. для взрывоопасных зон – 1(В-І), 21(В-ІІ).

Технические характеристики взрывозащищенных аппаратов управления

Наименование	Тип	Аппарат			
		Область применения			
		Категория взрывоопасной смеси	Группа взрывоопасной смеси	Маркировка взрывозащиты	Класс взрывоопасной зоны
Кнопочный пост управления	ПВК	IIA, IIB, IIC	T1-T6	1ExdIIBT5 2ExedIICT6	1(B-I), 2(B-Ia), 2(B-Ir), 21(B-II), 22(B-IIa)
	ПВК-М	IIA, IIB, IIC	T1-T6	2ExedIICT4...T6 2ExeIIIT4...T6 0ExiaIICT6	0,1, 2,21
	КУ-90(1,2,3)	IIA, IIB	T1-T5	1ExdIIBT5	1,2, 21,22
	<i>ComEx</i> <i>ComEx316L</i>	IIA, IIB, IIC	T1-T6	2ExedIICT6 2ExedmIICT6	2, 22
	<i>EFDC</i>	IIA, IIB, IIC	T1-T6	1ExdIICT5...T6	1,2, 21,22
Выключатели конечные и путевые, переключатели	ВКВ ВКМ-1(2)	IIA, IIB IIA, IIB, IIC	T1-T4 T1-T5	2ExedIIBT4 1ExdIIBT5 1ExdIICT5	2, 22 1,21
	ВВ-3	IIA, IIB, IIC	T1-T6	2ExdmIICT5 2ExmIIIT6 1ExdIIIT6	2, 22 1,21
	КВВ	IIA, IIB, IIC	T1-T6	2ExedIICT6	2, 22
	ВП-4М	IIA	T1-T6	1ExdIIAT6	2, 22 1,21
	ВПВ-4М ВПВ-1	IIA, IIB, IIC	T1-T6	1ExdIICT6	1,21
Командоаппарат кулачковый	КАПВ	IIA	T1-T3	2ExedIIAT3	2, 22
Блоки контактные	БКВ-1	IIA, IIB, IIC	T1-T6	1ExdIICT6	2, 22 1,21
Разъем взрывозащищенный	ВР-61М	IIA, IIB	T1-T4	1ExdIIBT4	2, 22 1,21
Ящики клеммные	ЯК	II	T1-T5	2ExeIIIT5	2, 22 1,21
Коробки соединительные	КС	II	T1-T6	2ExeIIIT5 0ExiaIIIT6X	0,1,2
Устройства заземления автоцистерн	УЗА-2МК04 УЗА-2МК06	IIA-IIC	T1-T6	1ExsibIIIT6 1ExsibIICT6	1, 2

Технические характеристики взрывозащищенных светильников

Тип	Исполнение по взрывозащите	Номинальное напряжение, В, или тип батареи	Мощность, Вт	Область применения по взрывоопасной смеси	
				Категория	Группа
Стационарные светильники					
РСП45-80(50)	1ExdeIICT6	220	80	IIA-IIIC	T1-T6
РСП25-80,125,250	1ExdeIICT4	220	80, 125, 250	IIA-IIIC	T1-T4
РСП38М-80,100,250	1ExdeIICT6 1ExdeIICT5 1ExdeIICT4	220	80, 125, 250	IIA-IIIC	T1-T6
РСП 62-250	1ExdIIIBT4	220	250	IIA-IIIB	T1-T4
РСП 69-80 (125)	2ExdeIICT6 2ExdeIICT5	220	80, 125	IIA-IIIC	T1-T6
ГСП25-125,175,250	1ExedIIIBT4	220	125, 175, 250	IIA-IIIB	T1-T4
В3Г-200 АМС	1ExdIIIBT4	220	200	IIA-IIIB	T1-T4
Н4Б-300 МА	2ExedIIIBT4	220	300	IIA-IIIB	T1-T4
НСП23-220	2ExedIICT2	220	200	IIA-IIIB	T1,T2
НСП43М	1ExdsIICT4 1ExdsIICT5 1ExdsIICT6	220	75, 150, 200, 250, 300	IIA-IIIC	T1-T6
НСП47-01-75 (100)	1ExdeIICT6 1ExdeIICT5	220	75, 100	IIA-IIIC	T1-T6
НСП47-100 (200)	1ExdeIICT5 1ExdeIICT4	220	100, 200	IIA-IIIC	T1-T5
НСП 55-300	1ExdeIICT6	220	300	IIA-IIIC	T1-T6
НСП 69-100,200,300	2ExdeIICT6 2ExdeIICT5 2ExdeIICT4	220	100, 200, 300	IIA-IIIC	T1-T6
ЖСП 47-70	1ExdeIICT6	220	70	IIA-IIIC	T1-T6
ЖСП 69-70	2ExdeIICT6	220	70	IIA-IIIC	T1-T6
ФСП 03	1ExdeIICT6	220	2 x 9 4 x 9	IIA-IIIC	T1-T6
НПП-18-100 (200)	1ExdIICT4	220	100, 200	IIA-IIIC	T1-T4
НПП 25-100	1ExdeIIIBT4	220	100	IIA-IIIB	T1-T4
ЛСП 66	1ExdsIIIBT6X 1ExdsIICT6X	220	2 x 80, 2 x 58-65, 2 x 36-40, 2 x 18-20	IIA-IIIC	T1-T6

Продолжение прил. 22

Тип	Исполнение по взрывозащите	Номинальное напряжение, В, или тип батареи	Мощность, Вт	Область применения по взрывоопасной смеси	
				Категория	Группа
ЛПП-05УEx	1ExedqIICT5	220	18, 36, 58	ПА-ПС	T1-T5
ФСП 03-АО	1ExdsIICT6	220	26	ПА-ПС	T1-T6
ФВН-64	1ExdIIВТ4Х	12	50	ПА-ПВ	T1-T4
ПВ-100-2М	1ExdIIВТ4	220	100	ПА-ПВ	T1-T4
ВИДАР	1ExdsIICT5	220	250,400,500	ПА-ПС	T1-T5
ВАД-61	1ExdIICT3	220	70,80,100, 125,150,175, 250,400	ПА-ПС	T1-T3
ВАД-71	2ExdeIICT4	220	85,160,165, 200,250, 300,500	ПА-ПС	T1-T4
ВАД-91	2ExdeIICT4	220	150,175,250, 400	ПА-ПС	T1-T4
Н4Т4Л	2ExdeIICT4	220	1 x 80 2 x 80	ПА-ПС	T1-T4
Н4Т5Л	2ExdeIICT5	220	1 x 65 2 x 65	ПА-ПС	T1-T5
КВАДРО Р-50 КВАДРО Р-80 КВАДРО Г-70 КВАДРО Ж-70 КВАДРО Н-100	1ExdsIIВТ5	220	50 80 70 70 60-100	ПА-ПВ	T1-T5
КВАДРО Ф	1ExdsIIВТ6	220	2 x 9	ПА-ПВ	T1-T6
Переносные светильники*					
ФР-ВС Экотон-3	0ExdmIICT6X	3,7	1,2	ПА-ПС	T1-T6
ФР-ВС М Экотон-5	2ExmIIТ5Х	3,6	1,2	II	T1-T5
Экотон-6	1ExdmiaIICT5X	3,7	1,2	ПА-ПС	T1-T5
Экотон-8	1ExmsIIТ6	4	1,2	II	T1-T6
Экотон-8П	1ExdIIВТ6Х	4	1,2	ПА-ПВ	T1-T6
IL-80	1ExeibIICT4X	6	5	ПА-ПС	T1-T4
ВРН-60	1ExdIIВТ4Х	12	40	ПА-ПВ	T1-T4
БП-62В	1ExdIIВТ4Х	24	15	ПА-ПВ	T1-T4
СГВ-2 СГВА-2	1ExdIIВТ5Х	3,6	1,3	ПА-ПВ	T1-T5

*Могут применяться во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (ред. от 10.07.2012 г.) : Федер. закон РФ от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ.
2. ТР ТС 012/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах : введ. 15.02.2013 г. – М. : Комиссия таможенного союза, 2013.
3. ГОСТ Р МЭК 60079-0-2011. Взрывоопасные среды. Часть 0. Оборудование. Общие требования : введ. 01.07.2012 г. – М. : Стандартинформ, 2012.
4. ГОСТ ИЕС 60079-14–2011. Взрывоопасные среды. Часть 14. Проектирование, выбор и монтаж электроустановок : введ. 15.02.2013 г. – М. : Стандартинформ, 2013.
5. ОТР «Электротехническая рабочая документация. Общие требования и рекомендации по составу и оформлению» (Взамен ВСН 381-85) : введ. 01.01.1993 г. – М. : Акционерная холдинговая компания «Электромонтаж», 1993.
6. И1.16-10. Инструкция о составе и оформлении электротехнической рабочей документации (общие требования и рекомендации) : введ. 03.08.2010 г. – М. : Ассоциация «Росэлектромонтаж» 2010.
7. ГОСТ 21.614-88. Изображения условные графические. Электрооборудования и проводок на планах (ред. от 01.11.2005): введ. 01.07.1988 г. – М. : Государственный комитет СССР по строительству, 2006.
8. ГОСТ 2.702-2011. Межгосударственный стандарт. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем : введ. 01.01.2012 г. – М. : Стандартинформ, 2011.
9. ГОСТ 21.608-84. Внутреннее электрическое освещение. Рабочие чертежи : введ. 01.01.1985 г. – М. : Издательство стандартов, 1990.
10. ГОСТ 30852.5-2002 (МЭК 60079-4:1975). Межгосударственный стандарт. Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 4. Метод определения температуры самовоспламенения : введ. 15.02.2014 г. – М. : Стандартинформ, 2014.
11. ГОСТ ИЕС 61241-2-1-2011. Электрооборудование, применяемое в зонах, опасных по воспламенению горючей пыли. Часть 2. Методы испытаний. Раздел 1. Методы определения температуры самовоспламенения горючей пыли : введ. 15.02.2013 г. – М. : Стандартинформ, 2013.
12. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). – 6-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
13. ГОСТ ИЕС 60079-10-1-2011. Взрывоопасные среды. Часть 10-1. Классификация зон. Взрывоопасные газовые среды : введ. 15.02.2013 г. – М. : Стандартинформ, 2013.
14. ГОСТ ИЕС 60079-10-2-2011. Взрывоопасные среды. Часть 10-2. Классификация зон. Взрывоопасные пылевые среды : введ. 15.02.2013 г. – М. : Стандартинформ, 2013.
15. *API RP 505. Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class I, Zone 0, Zone 1, and Zone 2 // American Petroleum Institute. First edition – November 1997.*
16. ГОСТ 30852.9-2002 (МЭК 60079-10:1995). Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 10. Классификация взрывоопасных зон : введ. 15.02.2014 г. – М. : Стандартинформ, 2014.
17. ГОСТ Р 12.3.047-2012. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля : введ. 01.01.2014 г. – М. : Стандартинформ, 2014.

18. Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности : утв. приказом Ростехнадзора от 12.03.2013 г. № 101; введ. 18.12.2013 г. – М. : Ростехнадзор, 2013.
19. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах : утв. приказом МЧС РФ от 10.05.2009 г. № 404 (в ред. Приказа МЧС РФ от 14.12.2010 г. № 649); введ. 04.03.2011 г. – М. : МЧС РФ, 2011.
20. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). – 7-е изд. – М.: Изд-во НИЦ ЭНАС, 2002.
21. Правила изготовления взрывозащищенного электрооборудования (ПИВЭ). – М.: Л.: Энергия, 1963.
22. Правила изготовления взрывозащищенного и рудничного электрооборудования (ПИБРЭ). – М.: Энергия, 1969.
23. ГОСТ Р МЭК 60079-20-1-2011. Взрывоопасные среды. Часть 20-1. Характеристики веществ для классификации газа и пара. Методы испытаний и данные : введ. 01.07.2012 г. – М. : Стандартинформ, 2012.
24. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП) : введ. 01.07.2003 г. – М. : Минэнерго России, 2003.
25. ГОСТ 31610.1.1-2012/IEC 60079-1-1:2002 Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред. Часть 1-1. Взрывонепроницаемые оболочки "d". Метод испытания для определения безопасного экспериментального максимального зазора : введ. 15.02.2014 г. – М. : Стандартинформ, 2014.
26. ГОСТ IEC 60079-1-2011 Взрывоопасные среды. Часть 1. Оборудование с видом взрывозащиты "взрывонепроницаемые оболочки "d" : введ. 15.02.2013 г. – М. : Стандартинформ, 2013.
27. ГОСТ 30852.0-2002 (МЭК 60079-0:1998). Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 0. Общие требования : введ. 15.02.2014 г. – М. : Стандартинформ, 2014.
28. Черкасов В.Н., Зыков В.И. Пожарная безопасность электроустановок : учеб. – 5-е изд. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2012.
29. Набоков Э.П. Основы взрывобезопасности оборудования. – М : Логос, 2013.
30. Инструкция по монтажу электрооборудования силовых и осветительных сетей взрывоопасных зон № И 1.01-11 : введ. 30.10.2011 г. – М. : Ассоциация «Росэлектромонтаж», 2012.
31. ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89) Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP) (ред. от 01.09.2008 г.) : введ. 01.01.1997 г. – М. : Стандартинформ, 2008.
32. Инструкция по монтажу электрооборудования в пожароопасных зонах № И 1.02-09 : введ. 19.08.2009 г. – М. : Ассоциация «Росэлектромонтаж», 2009.
33. СП 31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий : введ. 01.01.2004 г. – М. : Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004.
34. ГОСТ 31613-2012. Электростатическая искробезопасность. Общие технические требования и методы испытаний : введ. 15.02.2013 г. – М. : Стандартинформ, 2013.
35. ГОСТ 12.1.018-93 ССБТ. Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования : введ. 01.01.1995 г. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2001.
36. Правила защиты от статического электричества в производствах химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. – М.: Химия, 1973.
37. IEC TR 60079-32: Explosive atmospheres – P. 32: Electrostatics (IEC TR 60079-32: Взрывоопасные среды. – Ч. 32: Электростатика), 2010.

38. *Черкасов В. Н., Харламенков А. С.* Обеспечение взрывопожаробезопасности автозаправочных станций и эстакад // *Пожаровзрывобезопасность*. – 2012. – № 8.
39. *В.Н. Веревкин, Г.И. Смелков, В.Н. Черкасов.* Электростатическая искробезопасность и молниезащита. – М.: МИЭЭ, 2006.
40. Свод Правил. Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности : введ. 01.07.2014 г. – М. : ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2014.
41. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
42. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. – М.: Изд-во МЭИ, 2004.
43. *Базелян Э.М.* Азбука молниезащиты. – М.: Знак, 2011.
44. *Базелян Э.М., Горин Б.Н., Литвинов В.И.* Физические и инженерные основы молниезащиты. – Л.: Гидрометеиздат, 1978.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Состав проектной документации. Методика чтения электротехнических схем и чертежей электроустановок, устройств молниезащиты и защиты от статического электричества (СЭ)	4
1.1. Графические условные обозначения, применяемые в электротехнических схемах и чертежах.....	4
1.2. Поясняющие надписи на электротехнических схемах и чертежах.....	11
1.3. Методика чтения электротехнических схем и чертежей.....	11
1.4. Методика чтения схем и чертежей устройств молниезащиты и защиты от СЭ.....	12
Глава 2. Пожарно-техническая экспертиза электроустановок, устройств защиты от СЭ и молниезащиты. Виды, методы и принципы проведения пожарно-технической экспертизы	14
2.1. Экспертиза соответствия электроустановок нормам.....	16
2.1.1. Термины и определения.....	16
2.1.2. Нормативная оценка классов взрыво- и пожароопасных зон и их размеров.....	18
2.1.3. Аналитическая оценка классов взрыво- и пожароопасных зон и их размеров.....	26
2.1.4. Определение и обоснование категорий и групп взрывоопасных смесей.....	32
2.1.5. Определение и обоснование соответствия уровней, видов и маркировки взрывозащиты электрооборудования требованиям нормативных документов.....	35
2.1.6. Особенности выбора и условия применения <i>Ex</i> -оборудования во взрывоопасных зонах.....	40
2.1.7. Особенности выбора и условия применения электрооборудования в пожароопасных зонах и помещениях с нормальной средой.....	45
2.1.8. Сопоставление характеристик предусмотренного проектом электрооборудования с требуемыми по нормам.....	46
2.1.9. Проверочные расчеты сечений проводников сетей, параметров аппаратов защиты.....	47
2.2. Обеспечение электростатической искробезопасности на взрывопожароопасных объектах.....	55
2.2.1. Термины и определения.....	56
2.2.2. Экспертиза нормативной необходимости рекомендаций и устройств защиты от СЭ.....	57
2.2.3. Обеспечение электростатической искробезопасности автозаправочных станций и сливо-наливных эстакад с применением устройств заземления железнодорожных и автоцистерн.....	61
2.3. Экспертиза соответствия защитного заземления нормам и защитных мер электробезопасности.....	63
2.3.1. Термины и определения.....	64
2.3.2. Выбор и обоснование применения заземляющего устройства.....	65

2.3.3. Проверочный расчет параметров заземлителей защитного зануления или заземления.....	67
2.4. Экспертиза соответствия устройств молниезащиты нормам.....	70
2.4.1. Термины и определения.....	71
2.4.2. Оценка габаритов зоны защиты одиночных стержневых молниеотводов ($h \leq 150$ м и $150 < h \leq 600$ м).....	73
2.4.3. Оценка габаритов зоны защиты одиночных тросовых молниеотводов ($h \leq 150$ м).....	75
2.4.4. Обязательность устройства молниезащиты.....	76
Глава 3. Пожарно-техническая экспертиза электроустановок, устройств защиты от СЭ и молниезащиты некоторых пожаровзрывоопасных объектов..	80
3.1. Пожарно-техническая экспертиза электроустановок насосной станции для слива нефтепродуктов из железнодорожных цистерн.....	80
3.1.1. Определение и обоснование классов пожаровзрывоопасных зон.	80
3.1.2. Определение и обоснование категории и группы взрывоопасных смесей.....	87
3.1.3. Определение и обоснование соответствия уровней, маркировки взрывозащиты и степеней защиты оболочек электрооборудования требованиям нормативных документов.....	88
3.1.4. Проверочные расчеты сечений проводников сетей, параметров аппаратов защиты.....	96
3.1.5. Определение соответствия защитного заземления и зануления электроустановок требованиям пожарной безопасности и ПУЭ. Проверочные расчеты заземлителей.....	101
3.1.6. Заключение пожарно-технической экспертизы электротехнической части проекта здания насосной станции.....	103
3.2. Определение соответствия принятой в проекте защиты здания от разрядов СЭ.....	105
3.3. Пожарно-техническая экспертиза молниезащиты здания насосной станции.....	106
3.3.1. Характеристика молниезащиты здания насосной.....	106
3.3.2. Определение и обоснование категории здания насосной по устройству молниезащиты.....	109
3.3.3. Определение и обоснование типа зоны защиты молниеотводов...	110
3.3.4. Определение необходимой высоты молниеотводов и соответствия их условиям надежности защиты.....	110
3.3.5. Определение соответствия проектных решений по надежности защиты от вторичных воздействий молний.....	111
3.3.6. Определение соответствия параметров заземлителей молниеотводов.....	111
3.4. Пожарно-техническая экспертиза молниезащиты резервуарного парка (резервуары емкостью 20 тыс. м ³).....	111
3.4.1. Характеристика резервуарного парка.....	111
3.4.2. Обязательность молниезащиты парка, категория устройства молниезащиты и тип зоны защиты молниеотводов.....	112
3.4.3. Основные размеры зоны защиты многократного молниеотвода...	113

3.5. Пожарно-техническая экспертиза молниезащиты резервуара для нефти и светлых нефтепродуктов.....	114
3.5.1. Характеристика молниезащиты резервуара.....	114
3.5.2. Основные параметры зоны защиты многократного молниеотвода.....	115
3.6. Пожарно-техническая экспертиза молниезащиты электролизной станции.....	116
3.6.1. Характеристика молниезащиты электролизной станции.....	116
3.6.2. Определение соответствия принятой высоты молниеотвода условиям надежности защиты от прямых ударов молнии.....	118
3.6.3. Определение соответствия принятой в проекте защиты от вторичных воздействий молнии.....	118
3.7. Пожарно-техническая экспертиза молниезащиты компрессорной станции (КС) магистрального газопровода.....	119
3.7.1. Определение и обоснование категорий объектов по территории КС и необходимости их молниезащиты.....	119
3.7.2. Характеристика молниезащиты объектов на территории КС.....	120
3.7.3. Определение соответствия принятой высоты молниеотводов условиям надежности защиты объектов от прямых ударов молнии.....	120
3.7.4. Дополнительные рекомендации по повышению уровня надежности молниезащиты объектов на территории КС.....	123
Приложения	124
Литература	160

Учебное издание

Черкасов Владимир Николаевич
Харламенков Александр Сергеевич

ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПРОЕКТА

Учебное пособие

Издание пятое, переработанное
и дополненное

Подписано в печать _____. Формат 60×90 1/16.
Печ. л. 10,25. Уч.-изд. л. 7,5. Бумага офсетная.
Тираж 400 экз. Заказ

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