



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Л.А. МОССОУЛИНА

**ПРИМЕНЕНИЕ
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ
ВО ВЗРЫВО- И ПОЖАРООПАСНЫХ
ПРОИЗВОДСТВАХ**

Учебное пособие

**Самара
Самарский государственный технический университет
2015**

Печатается по решению редакционно-издательского совета СамГТУ

УДК 621.313:628.382.3

Э 44

Моссоулина Л.А.

Э 44 Применение электрооборудования во взрыво- и пожароопасных производствах: учеб. пособие / *Л.А. Моссоулина.* – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2015. – 86 с.: ил.

Рассмотрены основные сведения о применении электрооборудования во взрывопожароопасных производствах. Достаточно подробно изложены сведения о категорировании зданий и сооружений по взрывопожароопасности, взрыво- и пожароопасных средах и зонах. Даны сведения нормативно-технического характера по выбору электрооборудования во взрывопожароопасных зонах и средах и защите его от воздействия внешней среды.

Предназначено для студентов высших технических заведений, обучающихся по электротехническим и нефтехимическим специальностям, слушателей ФПК.

Рецензент д-р техн. наук Н.Г. Я г о в к и н

УДК 621.313:628.382.3

Э 44

© Л.А. Моссоулина, 2015

© Самарский государственный
технический университет, 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

В нефтяной, газовой и нефтехимической промышленности значительное место занимают взрывоопасные производства. Для обеспечения безопасной и безаварийной работы электрооборудования в этих отраслях необходимо выполнение правил и норм при его проектировании, монтаже и эксплуатации.

Настоящее учебное пособие написано в соответствии с рабочей программой дисциплины «Применение электрооборудования во взрывопожароопасных производствах» для студентов по направлению подготовки 280700 «Техносферная безопасность» по профилю «Безопасность технологических процессов и производств».

В материалах обобщен и применен опыт преподавания курса на кафедре «Безопасность жизнедеятельности» Самарского государственного технического университета, а также использованы нормативные материалы (ГОСТ, Правила устройств электроустановок, Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей, НПБ и др.).

Автор заранее благодарен за высказывания и предложения по содержанию учебного пособия.

ВВЕДЕНИЕ

Нефть и нефтепродукты являются пожаро- и взрывоопасными веществами. Предприятия, где производится их переработка, относятся к взрывопожароопасным производствам. При неправильной организации технологического процесса или несоблюдении определенных требований безопасности на этих предприятиях возможно образование взрывоопасной и пожароопасной среды.

Возникновение в таких средах электрической дуги или нагрева окружающих предметов до критических температур приводит к пожару и взрыву, которые влекут за собой аварии, термические ожоги и

травмирование работающих. Значительную опасность подобных ситуаций представляет не соответствующее современным требованиям электрооборудование.

Решение проблемы обеспечения безопасности во взрывопожароопасных производствах связано с повышением технического уровня электрооборудования, которое обслуживает взрывоопасные и пожароопасные зоны внутри и вне помещений.

В процессе изучения дисциплины «Применение электрооборудования во взрывопожароопасных производствах» решается задача обеспечения безопасности человека в условиях жизнедеятельности, его защита от воздействия опасных факторов (пожар, взрыв, электрический ток), предупреждение реальной и потенциальной опасности возникновения пожара и взрыва, а также поражение электротоком.

Студенты, как будущие специалисты, должны хорошо знать основы процесса горения, источники воспламенения на взрывоопасных предприятиях, защиту электрооборудования от воздействия внешней среды, быть достаточно компетентным в области категорирования и классификации взрыво- и пожароопасных помещений, зданий и наружных установок, а также среды, смеси и зоны, уметь выбирать электрооборудование для взрывоопасных и пожароопасных зон.

Выполнение правил и норм по охране труда обеспечивает необходимую электробезопасность и взрывобезопасность электроустановок, комфортную среду на рабочих местах работников, обслуживающих электроустановки во взрывопожароопасных производствах.

1. ПРОЦЕСС ГОРЕНИЯ. КАТЕГОРИИ ПОМЕЩЕНИЙ, ЗДАНИЙ И НАРУЖНЫХ УСТАНОВОК ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

1.1. Основы процесса горения и показатели пожаро- и взрывоопасности горючих веществ

Горение – это быстропротекающая химическая реакция окисления, сопровождающаяся выделением тепла и лучистой энергии (света).

Для того чтобы возник и протекал процесс горения, необходимо одновременное наличие трех составляющих [4]:

1. горючего вещества (твердого, жидкого, пылеобразного, паро-, газообразного);
2. окислителя (кислород, вода, хлор, бром, сера и т.д.);
3. источника зажигания (открытый огонь, электрическая искра и дуга, раскаленное твердое тело и т.д.).

Горение не будет иметь места, если отсутствует одно из этих условий. Если, например, отсутствует кислород, то даже при наличии источника зажигания горение не произойдет. При наличии горючего вещества и кислорода без источника зажигания (кроме случаев самовоспламенения) горение также не возникнет.

Горение может быть диффузионным и кинетическим.

При диффузионном горении горючая смесь химически неоднородна, т.е. горючее вещество (твердое, жидкое) и окислитель не перемешаны и имеют поверхность раздела. При таком горении окислитель непрерывно диффундирует сквозь продукты сгорания к горючему веществу и затем вступает с ним в химическую реакцию. Скорость диффузионного горения невелика, так как она замедляется процессом диффузии.

При кинетическом горении горючая смесь химически однородна, т.е. горючее вещество (пыль, газ, пары) и окислитель перемешаны и не имеют поверхности раздела. В этом случае горение протекает быстро, и его скорость определяется только скоростью химической реакции. Кинетическое горение в замкнутом объеме представляет собой взрывное горение.

Взрыв. Взрывом называется мгновенное изменение химического состояния вещества, сопровождающееся выделением большого количества энергии, резким повышением температуры и давления, образованием большого количества газов [4]. Газы за счет выделяющегося тепла нагреваются до высокой температуры, резко увеличиваются в объеме и, расширяясь, давят с большой силой на стенки аппаратов. Давление в момент взрыва газовых смесей достигает 10 ат, температура колеблется в пределах 1500-2000 °С, а скорость распространения взрывной волны достигает сотен метров в секунду. Взрывы, как правило, вызывают большие разрушения и пожары.

На нефтеперерабатывающих заводах взрывоопасными являются смеси паров нефтепродуктов с воздухом. Такие смеси могут образоваться на территории предприятия, в закрытых помещениях и внутри аппаратов. В закрытых помещениях и, особенно, внутри аппаратов сила взрыва значительно увеличивается [4].

Смесь паров вещества с воздухом становится взрывоопасной, когда в ней содержится определенное количество горючих паров.

Если содержание горючих паров в смеси незначительно по отношению к воздуху, то такая смесь не взорвется, так как большая часть тепла, выделяющегося в точке воспламенения, израсходуется на нагревание воздуха. Смесь не взорвется и в том случае, если в ней содержится мало воздуха, так как не хватит кислорода для поддержания процесса горения. Наименьшая концентрация паров нефтепродукта в воздухе, при которой уже возможен взрыв, называется *нижним концентрационным пределом взрываемости*, а наибольшая концентрация паров в воздухе, при которой еще возможен взрыв, называется *верхним концентрационным пределом взрываемости*. Промежуток между наименьшим и наибольшим содержанием горючего в воздухе, в котором от источника открытого огня происходит взрыв, называется *областью (диапазоном) взрываемости*.

Нижний и верхний пределы взрываемости, а, следовательно, и диапазон взрываемости для различных паров и газов различны.

Основными показателями пожаро- и взрывоопасности веществ являются температура вспышки, температура воспламенения, температура самовоспламенения и область воспламенения.

Вспышкой называется быстрое и кратковременное сгорание находящихся над нефтепродуктом паров при поднесении к ним источника воспламенения. Количество выделившегося при вспышке тепла недостаточно для того, чтобы вызвать выделение новой порции паров жидкости и воспламенить эту жидкость, поэтому горение прекращается.

Температурой вспышки горючей жидкости называется самая низкая ее температура, при которой над поверхностью образуются пары или газы, способные давать вспышку в воздухе от источника зажигания, но скорость их образования еще недостаточна для последующего горения (бензин А-72 $t_{всп.} = - 36 \text{ }^{\circ}\text{C}$) [4].

Температура вспышки нефтепродуктов зависит от температуры начала их кипения: чем ниже температура начала кипения жидкости, тем ниже температура вспышки. Например, бензиновые фракции имеют температуру вспышки от -30 до $-40 \text{ }^{\circ}\text{C}$, т.е. вспышка может произойти даже зимой, при низких температурах; у керосиновых фракций температура вспышки колеблется в пределах $28-60 \text{ }^{\circ}\text{C}$, значит, они огнеопасны в жаркое время года; масляные фракции характеризуются температурой вспышки в пределах $130-325 \text{ }^{\circ}\text{C}$ и поэтому менее огнеопасны. Следовательно, температура вспышки является показателем огнеопасности жидкости.

Воспламенение. Если нефтепродукт нагреть до температуры, более высокой, чем температура вспышки, будет происходить дальнейшее выделение паров жидкости, вспышка перейдет в горение всего нефтепродукта и закончится полным его сгоранием.

Температурой воспламенения горючего вещества называется его температура, при которой оно выделяет горючие пары и газы с такой скоростью, что после воспламенения их от источника зажигания возникает устойчивое горения (бензин А-72 $t_{воспл.} = - 39 \text{ }^{\circ}\text{C}$) [4].

Знание температуры воспламенения горючего вещества имеет большое значение для определения степени его пожарной опасности.

Очевидно, что, например, автомобильный бензин, имеющий температуру воспламенения минус 36-39 °С или бензол, у которого этот параметр равен минус 11 °С, значительно опаснее в пожарном отношении, чем мазут или аммиак, у которых температуры воспламенения соответственно равны 140 и 650 °С.

Самовоспламенение. Нефтепродукт, нагретый до высокой температуры, при соприкосновении с воздухом может воспламениться и без источника открытого пламени. Это произойдет при определенной температуре, называемой *температурой самовоспламенения*.

Температурой самовоспламенения называется та наименьшая температура горючего вещества, при которой резко увеличивается скорость экзотермических реакций, заканчивающихся, возникновением пламенного горения (бензин А-72 $t_{\text{самовоспл.}} = 300$ °С) [4].

Например, температура самовоспламенения автомобильного бензина равна 300 °С, поэтому если его нагреть в присутствии кислорода воздуха (в открытом сосуде) до этой температуры, он самовоспламеняется, несмотря на то, что нет какого-либо внешнего источника его зажигания.

В аппаратах многих нефтеперерабатывающих установок, например в трубчатых печах, реакторах, горючее вещество находится в герметически закрытой аппаратуре, однако будучи нагрето выше температуры самовоспламенения, оно не загорается, поскольку не контактирует с кислородом воздуха. Но в случае разрушения аппарата это горючее вещество выходит наружу, вступает в контакт с кислородом воздуха и, поскольку оно нагрето выше температуры самовоспламенения, воспламеняется, хотя и нет внешнего источника зажигания.

Областью воспламенения называется область концентраций горючего вещества, внутри которой его смеси с окислителем способны воспламеняться от источника зажигания с последующим распространением горения по смеси на большое расстояние от источника зажигания. Область воспламенения горючего вещества может иметь два предела концентраций: *нижний - минимальный* и *верхний - макси-*

мальный. Нижний концентрационный предел воспламенения (НКПВ) горючей смеси представляет собой концентрацию горючего вещества в воздухе, ниже которой воспламенение не происходит, а верхний концентрационный предел воспламенения (ВКПВ) горючей смеси - концентрацию горючего вещества в воздухе, выше которой воспламенение также не возникает (бензин А-72 НКПВ = 1,08 %об.).

Кроме того, для оценки пожарной опасности необходимо знать степень горючести вещества.

Все вещества по горючести делятся на:

1. негорючие – это вещества, которые не способны гореть в атмосфере воздуха обычного состава;

2. трудногорючие – это вещества способные гореть под воздействием источника зажигания, но не способные самостоятельно гореть после его удаления;

3. горючие – это вещества, которые способны самостоятельно гореть после удаления источника зажигания.

Жидкости в зависимости от температуры вспышки подразделяются на два класса: горючие и легковоспламеняющиеся.

Горючие жидкости (ГЖ) – это жидкости, температура вспышки которых больше $61\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($t_{\text{всп.}} > 61\text{ }^{\circ}\text{C}$) в закрытом тигле и больше $66\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($t_{\text{всп.}} > 66\text{ }^{\circ}\text{C}$) в открытом тигле.

Легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ) – это жидкости, у которых температура вспышки паров равна $61\text{ }^{\circ}\text{C}$ или ниже ($t_{\text{всп.}} \leq 61\text{ }^{\circ}\text{C}$), в закрытом тигле и $66\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($t_{\text{всп.}} \leq 66\text{ }^{\circ}\text{C}$) в открытом тигле.

Имеется понятие «горючий газ» (ГГ), то есть газ, способный образовывать с воздухом воспламеняемые и взрывоопасные смеси при температурах не выше $55\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1.2. Категории помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б,

В, Г и Д.

По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории A_n , B_n , V_n , Γ_n и D_n .

Категории взрывопожарной и пожарной опасности помещений и зданий определяются для наиболее неблагоприятного в отношении пожара или взрыва периода, исходя из вида находящихся в аппаратах и помещениях горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, особенностей технологических процессов.

Категории пожарной опасности наружных установок определяются, исходя из вида находящихся в наружных установках горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, особенностей технологических процессов.

Определение пожароопасных свойств веществ и материалов производится на основании результатов испытаний или расчетов по стандартным методикам с учетом параметров состояния (давления, температуры и т. д.).

1.2.1. Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности принимаются в соответствии с таблицей 1.1.

Определение категорий помещений следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям, приведенным в таблице 1.1, от высшей (А) к низшей (Д).

При расчете значений критериев взрывопожарной опасности в качестве расчетного следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант аварии или период нормальной работы аппаратов, при котором во взрыве участвует наибольшее количество веществ или материалов, наиболее опасных в отношении последствий взрыва.

Определение пожароопасной категории помещения осуществляется путем сравнения максимального значения удельной временной

пожарной нагрузки в $\text{МДж}\cdot\text{м}^{-2}$ на любом из участков с величиной удельной пожарной нагрузки, приведенной в НПБ 105-03.

Таблица 1.1

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А взрывопожаро- опасная	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б взрывопожаро- опасная	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5кПа
В1 - В4 пожароопасные	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б
Г	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

1.2.2. Категории зданий по взрывопожарной и пожарной опасности

Здание относится к категории А, если в нем суммарная площадь помещений категории А превышает 5% площади всех помещений или 200м².

Допускается не относить здание к категории А, если суммарная площадь помещений категории А в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более

1000 м²) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории Б, если одновременно выполнены два условия:

- 1) здание не относится к категории А;
- 2) суммарная площадь помещений категорий А и Б превышает 5% суммарной площади всех помещений или 200 м².

Допускается не относить, здание к категории Б, если суммарная площадь помещений категорий А и Б в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 м²) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится, к категории В, если одновременно выполнены два условия:

- 1) здание не относится к категориям А или Б;
- 2) суммарная площадь помещений категорий А, Б и В превышает 5 % (10 %, если в здании отсутствуют помещения категорий А и Б) суммарной площади всех помещений.

Допускается не относить здание к категории В, если суммарная площадь помещений категорий А, Б и В в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 3500 м²) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории Г, если одновременно выполнены два условия:

- 1) здание не относится к категориям А, Б или В;
- 2) суммарная площадь помещений категорий А, Б, В и Г превышает 5 % суммарной площади всех помещений.

Допускается не относить здание к категории Г, если суммарная площадь помещений категорий А, Б, В и Г в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 5000 м²) и помещения категорий А, Б, В оборудуются установ-

ками автоматического пожаротушения. Здание относится к категории Д, если оно не относится к категориям А, Б, В или Г.

1.2.3. Категории наружных установок по пожарной опасности

Категории наружных установок по пожарной опасности принимаются в соответствии с нижеследующей таблицей 1.2.

Таблица 1.2

Категория наружной установки	Критерии отнесения наружной установки к той или иной категории по пожарной опасности
А _н	Установка относится к категории А _н , если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) горючие газы; легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С; вещества и/или материалы, способные гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и /или друг с другом; при условии, что величина индивидуального риска при возможном сгорании указанных веществ с образованием волн давления превышает 10 ⁻⁶ в год на расстоянии 30 м от наружной установки
Б _н	Установка относится к категории Б _н , если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) горючие пыли и/или волокна; легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С; горючие жидкости; при условии, что величина индивидуального риска при возможном сгорании пыле- и/или паровоздушных смесей с образованием волн давления превышает 10 ⁻⁶ в год на расстоянии 30 м от наружной установки
В _н	Установка относится к категории В _н , если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) горючие и/или трудногорючие жидкости; твердые горючие и/или трудногорючие вещества и/или материалы (в том числе пыли и/или волокна); вещества и/или материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и/или друг с другом гореть; не реализуются критерии, позволяющие отнести установку к категориям А _н или Б _н ; при условии, что величина индивидуального риска при возможном сгорании указанных веществ и/или мате-

	риалов превышает 10^{-6} в год на расстоянии 30 м от наружной установки
--	---

Окончание таблицы 1.2

Категория наружной установки	Критерии отнесения наружной установки к той или иной категории по пожарной опасности
Γ_n	Установка относится к категории Γ_n если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) негорючие вещества и/или материалы в горячем, раскаленном и/или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и/или пламени, а также горючие газы, жидкости и/или твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива
D_n	Установка относится к категории D_n если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) в основном негорючие вещества и/или материалы в холодном состоянии и по перечисленным выше критериям она не относится к категориям A_n, B_n, B_n, Γ_n

Определение категорий наружных установок следует осуществлять путем последовательной проверки их принадлежности к категориям, приведенным в таблице 1.2 от высшей (A_n) к низшей (D_n).

Для категорий A_n и B_n :

- горизонтальный размер зоны, ограничивающей газопаровоздушные смеси с концентрацией горючего выше нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР), превышает 30 м (данный критерий применяется только для горючих газов и паров) и/или расчетное избыточное давление при сгорании газо-, паро- или пылевоздушной смеси на расстоянии 30 м от наружной установки превышает 5 кПа.

Для категории B_n :

интенсивность теплового излучения от очага пожара веществ и/или материалов, указанных для категории B_n на расстоянии 30 м от наружной установки превышает $4 \text{ кВт} \cdot \text{м}^2$.

2. ВЗРЫВООПАСНЫЕ И ПОЖАРООПАСНЫЕ СРЕДЫ

2.1. Особенности взрывоопасной и пожароопасной среды

Особенности взрывоопасной среды. Взрывоопасность среды обусловливается возможностью образования в ней газопаропылевоздушных смесей, приобретающих при соответствующих условиях способность взрываться от соприкосновения с посторонними источниками зажигания или нагретыми до определенной температуры предметами [5].

Свойства взрывоопасности приобретают смеси горючих веществ, способных самостоятельно гореть после удаления источников зажигания. К ним относятся:

1. смеси с воздухом, кислородом и другими окислителями любых горючих газов и паров легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) при соответствующих концентрациях к объему воздуха в процентах (%) или в граммах на кубический метр (г/м^3);

2. смеси воздуха с горючей пылью или волокнами с нижним концентрационным пределом воспламенения не более 65 г/м^3 .

Характерными показателями, определяющими взрывоопасность смесей горючих веществ, являются температура вспышки и температура самовоспламенения.

К взрывоопасным относятся ЛВЖ, температура вспышки паров которых равна $61 \text{ }^\circ\text{C}$ или ниже, а давление паров при температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$ не превышает 100 кПа (около 1 кгс/см^2).

Горючие жидкости с температурой вспышки выше $61 \text{ }^\circ\text{C}$, нагретые в условиях производства до температуры вспышки и выше, также относятся к взрывоопасным.

Взрывоопасность газопаропылевоздушных смесей находится в промежутке между нижним и верхним концентрационными пределами воспламенения (НКПВ, ВКПВ). При концентрациях ниже или выше пограничных значений, взрыва не происходит.

Важное значение для правильной оценки взрывоопасности среды, особенно при устройстве электроосвещения, имеет плотность выде-

ляющихся в помещениях горючих газов и паров ЛВЖ по отношению к плотности воздуха. Относительная плотность указанных веществ, применяемых в разных производствах, колеблется в пределах от долей единицы до нескольких единиц. При нарушениях технологических процессов или работы вентиляции относительной плотностью определяется способность распространения горючих газов и паров ЛВЖ в верхних или нижних зонах помещений. Так, в окрасочных цехах, где плотности паров растворителей значительно превышают плотность воздуха, наиболее опасной является нижняя зона помещений, а в зарядных помещениях аккумуляторов, где при зарядке выделяется водород, наиболее опасна верхняя зона, где обычно размещаются светильники и электропроводки.

Плотность горючих газов и паров ЛВЖ по сравнению с плотностью воздуха характеризуется следующими признаками: горючие газы или пары ЛВЖ, имеющие при температуре окружающей среды $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлении 100 кПа плотность $0,8$ или менее, относятся к легким; горючие газы или пары ЛВЖ, имеющие при тех же условиях плотность более $0,8$, относятся к тяжелым; горючие газы, превращающиеся в жидкость при температуре окружающей среды ниже $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ или при давлении выше 100 кПа , а также при совместном действии обоих этих условий, относятся к сжиженным [5].

При оценки взрывоопасности среды в помещениях учитывается значение предельно допустимой концентрации горючих газов или паров ЛВЖ по условиям токсичности. Повышенная токсичность газопаровоздушных смесей при нарушениях технологического процесса или аварийных ситуациях является индикатором, предупреждающим о возникновении взрывоопасных концентраций в помещениях с пребыванием людей.

Эти концентрации для большинства смесей нередко в сотни раз превышают нормативные концентрации по условиям токсичности.

Появление резких запахов, слезотечения или других признаков повышенной токсичности позволяет своевременно принять меры по

устранению причин, вызвавших ощутимое повышение концентрации горючих газов или паров ЛВЖ.

При определении расчетным путем взрывоопасных концентраций, обусловленных применением, переработкой и хранением в помещениях горючих газов и ЛВЖ, в ряде случаев возникает необходимость перевода концентраций, выраженных в граммах на 1 м³ воздуха, в значения, выраженные в процентах к объему воздуха в помещении или наоборот. Для упрощенного взаимного перевода указанных величин рекомендуются следующие формулы, соответствующие температуре в помещениях 20 °С и атмосферному давлению 100 кПа:

$$1 \text{ г/м}^3 = 2,4/M, \text{ \%}, \text{ или } 1\% = M \cdot 0,41 \cdot \text{г/м}^3,$$

где М - молекулярная масса горючего вещества.

Особенности пожароопасной среды. Пожароопасность среды обусловливается хранением или применением в ней определенных горючих веществ, находящихся там при нормальном технологическом процессе или при его возможных нарушениях. К указанным веществам относятся горючие жидкости (ГЖ) с температурой вспышки более 61 °С, горючие пыли или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65г/м³ при нахождении их в воздухе во взвешенном состоянии, горючие пыли или волокна, содержание которых в воздухе по производственным условиям не достигает взрывоопасных концентраций, горючие твердые вещества (дерево, ткани, пластмассы и др.).

Процесс горения этих веществ при достижении соответствующей температуры по сравнению со взрывом происходит значительно медленнее, без существенного повышения давления газов в помещении.

2.1. Причины образования взрыво- и пожароопасной среды на нефтехимических производствах

В большинстве случаев легковоспламеняющиеся и горючие нефтепродукты находятся в закрытых аппаратах и емкостях и, следовательно, изолированы от внешней среды. Однако горючая и взрывоопасная смесь паров с воздухом может образоваться и внутри аппаратов.

Взрывоопасные концентрации внутри аппаратов и трубопроводов чаще всего образуются во время их отключения на ремонт или во время пуска.

Взрывоопасные концентрации образуются, если из отключенного аппарата не полностью удалены жидкость и образовавшиеся над ней пары продукта. Тогда поступающий в аппарат воздух создает взрывчатую смесь. Поэтому при остановке аппарата или ремонте трубопровода жидкость из них полностью сливают. Если из-за конструкции аппарата это невозможно, как, например, в тарельчатых колоннах, то их промывают водой. Оставшиеся пары нефтепродукта удаляют продувкой паром или инертными газами. Чтобы в остановленный аппарат не могли проникнуть продукты из других аппаратов или трубопроводов, его отключают на входе и выходе заглушками.

При пуске аппарата в эксплуатацию из него предварительно удаляют воздух продувкой паром или инертным газом.

Большинство установок работает под избыточным давлением, поэтому воздух в них проникнуть не может. В установках, которые работают под вакуумом, возможен подсос воздуха, поэтому здесь тщательно следят за герметичностью оборудования и непрерывно проверяют состав газов внутри аппаратов установки на присутствие кислорода.

Это наиболее часто встречающиеся в практике нефтеперерабатывающей промышленности случаи образования взрывоопасной среды внутри аппаратуры. Они известны, изучены, разработаны способы их предупреждения и ликвидации.

В производственных помещениях взрывоопасная среда может образоваться вследствие проливов и течей нефтепродуктов, при выходе наружу их паров через люки и крышки аппаратов, при неплотностях в швах, фланцевых соединениях и сальниках, а также при повреждениях и авариях.

Пролитые на пол помещения нефтепродукты даже в небольших количествах могут образовать взрывоопасную концентрацию паров. Допустим, что на бетонный пол пролит 1 л бензина, при этом образовалась лужа диаметром 1 м. Температура воздуха в помещении 30 °С.

В таких условиях испаряющийся бензин может образовать взрывоопасную концентрацию в объеме, равном $22,5 \text{ м}^3$. Отсюда следует, что пролитые нефтепродукты нужно немедленно смывать струей воды в канализацию. Для быстрейшего стока полы помещений делают с небольшим уклоном к стенкам, вдоль которых предусматривают канавки, соединенные через гидравлические затворы с канализацией.

На территории предприятия взрывоопасные смеси паров нефтепродуктов с воздухом могут образоваться при испарении продуктов из емкостей, переливе при их заполнении, пропусках в аппаратуре и трубопроводах и т.д.

Как известно, при хранении нефтепродуктов их пары выделяются из резервуаров через дыхательные клапаны. Днем пары продукта выходят наружу, а ночью, при понижении температуры, конденсируются, вследствие чего в емкость засасывается наружный воздух. Этот процесс называется «малым дыханием» резервуара. Кроме того, наблюдается «большое дыхание» резервуара при закачке продукта в емкость, когда пары вытесняются наружу жидкостью. Выделения при «дыхании» резервуаров могут быть весьма значительны. Например, установлено, что в летнее время суточные потери бензина из резервуара емкостью 5000 м^3 от «малого дыхания» составляют около 100 кг.

Для уменьшения этих потерь осуществляют различные технологические и организационные мероприятия. Процесс испарения уменьшается с увеличением степени заполнения резервуара, поэтому стремятся заполнять его объем на 95-97% от полной емкости, оставляя остальной объем на температурное расширение продукта. Применяют резервуары с плавающей крышей, которая предотвращает образование газового пространства над жидкостью, и, следовательно, испарение продукта. Воздействие наружной температуры уменьшают рациональной окраской резервуаров: алюминиевая или белая краска снижает потери соответственно в 2 и 3 раза.

Однако наибольшую опасность представляют течи, проливы и переливы нефтепродуктов. Подсчитано, что в течение месяца истечение струи продукта из отверстия диаметром 2,5 мм при давлении

1 кг/см² приводит к потере порядка 25000л. Если своевременно такая утечка не будет обнаружена, то продукт пропитает землю, может скопиться в низких местах, канавах и станет возможным источником пожара или взрыва.

Наибольшую опасность представляют аварийные выбросы нефтепродуктов, быстро образующих взрывоопасные смеси с воздухом.

Нужно иметь в виду, что пары нефтепродуктов тяжелее воздуха и обладают большей, чем жидкости, текучестью, вследствие чего они растекаются по земле далеко от места, где они образовались, и заполняют низины, ямы, канавы и траншеи. Если на пути паров встречается источник открытого огня, может произойти взрыв, который передается по всему пути движения газов и вызывает пожар в нескольких местах. Горючие газы могут попасть вместе с воздухом в топки трубчатых печей, которые подсасывают воздух и могут притянуть к себе взрывоопасные смеси иногда со значительных расстояний.

Любые переливы и разливы огнеопасных и легковоспламеняющихся продуктов следует предотвращать, а если они уже произошли, то их необходимо немедленно устранять способом, который предусмотрен в производственных инструкциях.

Особо большие по масштабам и последствиям пожаро- и взрывоопасные концентрации паров и газов создаются при разрыве аппаратов, разрушении емкостей, повреждении оборудования, трубопроводов, арматуры. Современная технология и аппаратурное оформление предусматривают создание производственных процессов, исключая аварии, а если они все-таки происходят, то объясняется это только нарушением технологических регламентов, правил техники безопасности, плохим обслуживанием оборудования, недостаточным надзором за его состоянием.

Взрывоопасные смеси могут образоваться также при наличии в воздухе горючей пыли, при дроблении, просеве и перемещении пылящих материалов. Концентрационные пределы для пылей не являются постоянными и зависят от влажности, степени измельчения, со-

держания в них негорючих веществ.

Знание пределов взрываемости веществ, применяемых в производстве, очень важно для создания безопасных условий труда. Если, например, при ремонте аппарата или трубопровода, в которых содержались горючие продукты, необходимо провести электросварочные или газосварочные работы, то обязателен анализ воздушной среды на отсутствие взрывоопасных концентраций.

Из сказанного видно, какое большое значение для создания и поддержания безопасных условий труда на производстве имеет знание и правильное использование показателей (параметров), характеризующих степень пожаровзрывоопасности, применяемых в производстве веществ. Поэтому, прежде чем какое-либо вещество будет включено в производство, специальными испытаниями определяют его параметры пожаро- и взрывоопасности, которые учитываются при разработке технологических процессов и их аппаратного оформления.

Некоторые вещества обладают способностью энергично адсорбировать кислород воздуха, при этом протекают реакции окисления, сопровождающиеся выделением тепла. Если отдача тепла во внешнюю среду затруднена, то температура повышается, процесс окисления ускоряется и может наступить загорание вещества. Процесс самонагревания вещества, заканчивающийся его горением, называется *самовоспламенением*. В ряде случаев самовозгорание может начаться при обычной температуре. Это наблюдается, например, когда обтирочные материалы, пропитанные растительным маслом или жирами, содержащими непредельные органические углеводороды, хранятся в плотной массе. Были случаи, когда процесс нагревания, начавшийся при 10-15 °С, заканчивался самовозгоранием через 4-5 ч. Поэтому правила техники безопасности требуют, чтобы все отработанные обтирочные материалы немедленно складывались в металлические плотно закрывающиеся ящики, содержимое которых ежемесячно следует удалять из цеха в специально отведенное место и уничтожать.

Ряд веществ воспламеняется при контакте с воздухом. К ним относятся, например, сульфиды, железа, свежеприготовленная сажа и др. Некоторые из них образуются в процессе производства. Так, сульфиды железа (FeS_2 и Fe_2S_3), называемые обычно пирофорным железом, образуются в результате взаимодействия сероводорода с продуктами коррозии железа аппаратов, трубопроводов, емкостей. Это может быть при переработке и хранении нефтепродуктов и газов, содержащих сероводород.

Есть вещества, которые, наоборот, *воспламеняются при контакте с водой*. К ним относятся, например, щелочные металлы: (металлические натрий и калий), карбид кальция и др. Карбид кальция, реагируя с водой, выделяет ацетилен, самовоспламеняющийся от теплоты реакции. Для защиты от влаги карбид кальция хранится и транспортируется в железных герметически укуренных барабанах. Для тушения применяют сухой песок, инертные газы.

Некоторые вещества - *окислители* могут вызывать воспламенение при соприкосновении с отдельными органическими веществами. Кислород является сильным окислителем и при контакте с маслами вызывает их воспламенение. Известны многие случаи, когда рабочий в промасленных рукавицах брался за вентиль кислородного баллона, рукавицы тотчас вспыхивали, вызывая тяжелые ожоги рук. Поэтому правила техники безопасности требуют, чтобы при работах, связанных с использованием кислорода, предотвращался контакт с ним даже следов масел.

3. ИСТОЧНИКИ (ИМПУЛЬСЫ) ВОСПЛАМЕНЕНИЯ И МЕРЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Выше уже отмечалось, что для возникновения загорания и взрыва помимо наличия горючей и взрыво- опасной среды необходим *источник (импульс)* воспламенения. Если импульса воспламенения не будет, то и воспламенения не произойдет. Необходимо знать, какие

источники воспламенения могут возникнуть в производственных условиях и что следует делать для их предупреждения.

В качестве источников воспламенения на нефтехимическом производстве могут быть тепловые импульсы, статическое электричество, воздействие разрядов молнии, наличие пирофорных веществ.

3.1. Тепловые импульсы воспламенения и меры их устранения

Для возникновения загорания и взрыва необходим источник (импульс) воспламенения.

Наиболее часто на нефтеперерабатывающих заводах возникают так называемые *точечные* импульсы воспламенения - искры различного происхождения, затем - открытый огонь, реже - импульсы от соприкосновения с нагретыми поверхностями.

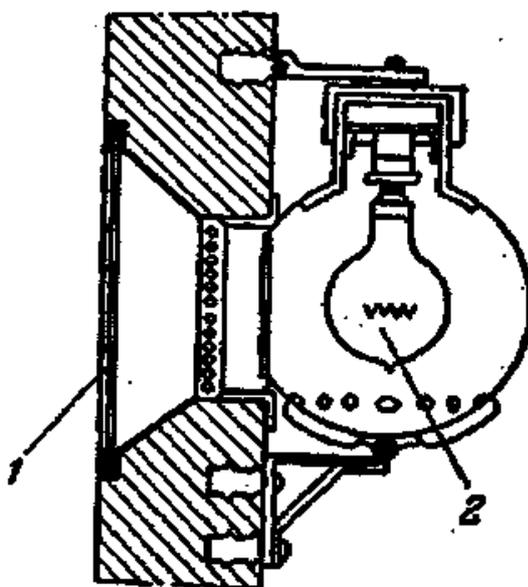
Искры могут возникать от трения, удара или вызываться электрическим током. Большое значение имеет продолжительность времени действия искры и ее энергия; если она действует настолько непродолжительно или обладает такой малой энергией, что не в состоянии создать достаточно устойчивый очаг горения, то взрыв не произойдет. Наиболее опасны электрические искры: почти всегда их время действия и энергия достаточны для воспламенения горючих смесей.

Во взрывоопасных помещениях применяют инструмент и приспособления из металлов, не дающих искр при ударах, например из алюминия или бериллиевой бронзы, а зубила, чеканки и ножовки покрывают густым слоем консистентной смазки. Полы в таких помещениях делают из мягких неискрящихся материалов, например, из асфальта или магнезита, а обувь - на медных или деревянных гвоздях.

Наиболее распространенным тепловым импульсом воспламенения является электрическая искра. Это объясняется тем, что на современных нефтеперерабатывающих предприятиях применяется много электрооборудования, электропроводки, электросветильников, в которых возможны нарушения контактов и, следовательно, искрение.

Чтобы предупредить образование электрических искр во взрывоопасных помещениях устанавливают *взрывозащищенное* электрооборудование: *взрывонепроницаемое* оборудование с корпусом, способным выдержать давление, если внутри его произошел взрыв взрывоопасной смеси; *оборудование повышенной надежности против взрыва*, в котором исключается возникновение искрения, электрической дуги или опасных температур; *оборудование с масляным наполнением*, искрящие и неискрящие части которого погружены в масло; *искробезопасное* оборудование, искры которого не способны воспламенить данную взрывоопасную среду из-за их малой энергии, и др. Действуют строгие нормативы, определяющие, какое именно оборудование следует устанавливать в зависимости от степени взрывоопасности помещения.

Для освещения взрывоопасных помещений применяют взрывозащищенные светильники или обычные светильники, устанавливаемые снаружи, чтобы свет падал в помещение через плотно закрытые застекления (рис. 3.1).



Р и с. 3.1. Светильник, установленный снаружи для освещения через застекление:

1 - плотно закрытое застекление; 2 – светильник

Специальные требования предъявляются к электропроводке, к

защите ее изоляции от механических повреждений и от воздействия окружающей среды. Сечение проводов рассчитывают так, чтобы при перегрузке они нагревались не выше определенных пределов. Основными мерами профилактики также являются: плотное присоединение проводов в местах контактов, скручивание и пропайка мест соединений проводов, систематическая, проверка соединений, контактов и изоляции. Категорически запрещается неквалифицированное устройство проводок, самовольная починка имеющихся проводов, перемена предохранителей; все это может делать только электромонтер. Поэтому при обнаружении нарушений изоляции, нагреве ее выше нормальной температуры и при искрении нужно немедленно отключить участок электросети и вызвать электромонтера. Несоблюдение этого важного требования нередко приводило к пожарам и взрывам.

Импульсом воспламенения может быть *открытый огонь*. На нефтеперерабатывающих заводах при ремонтных работах применяется электросварка и газосварка. Электрическая дуга и пламя газовой горелки являются источником открытого огня. Открытый огонь имеется в трубчатых печах, в топках коксовых печей и на других установках.

При проведении электро- и газосварочных работ следует строго соблюдать правила техники безопасности, задача которых - не допустить проникновение взрывоопасных смесей газов и паров к месту сварки. Прежде всего нужно обязательно провести анализ воздуха, чтобы узнать, нет ли в аппарате или возле него взрывоопасных концентраций паров нефтепродуктов. Необходима тщательная проверка соблюдения всех противопожарных требований. Только после этого главный инженер завода выдает разрешение на производство огневых работ, согласованное с пожарной охраной. В этом разрешении указывается место проведения работы, объект и метод сварки, условия, которые должны выполняться при производстве всех операций. Сварщик не имеет права приступать к работе до тех пор, пока не получит письменное разрешение на руки. Пожарная охрана предприятия устанавливает на месте надзор за ходом выполнения огневых работ.

При проектировании нефтеперерабатывающих заводов трубчатые печи и другие устройства с открытым огнем размещаются на территории завода на определенном расстоянии от мест возможного выделения в атмосферу паров нефтепродуктов. Установки с открытым огнем располагают с подветренной стороны по отношению к направлению преобладающих ветров в данной местности для того, чтобы возникшие газовыделения меньше заносились движением воздуха на эти объекты.

Территория, дороги, установки, производственные помещения, рабочие места оборудуются постоянной сетью электроосвещения с таким расчетом, чтобы повсюду было достаточно светло. Однако могут быть такие случаи, когда нужно на короткое время сделать проверку или провести работу в неосвещенных местах, тогда применяются переносные аккумуляторные взрывозащищенные светильники различных типов, в которых источник света надежно закрыт от проникновения взрывоопасной смеси.

Если через территорию завода проходит железнодорожный путь, то для передвижения вагонов применяются мотовозы, двигатели которых не дают искр, паровозы, работающие на жидком топливе, горение которого происходит без искрения. Запрещается передвижение тракторов и автомашин по дорогам и проездам без специальных искрогасителей.

Импульсы воспламенения могут возникнуть от *соприкосновения пожароопасной среды с нагретыми поверхностями*. Валы, подшипники и другие трущиеся части оборудования и аппаратов могут нагреться до температуры, вызывающей воспламенение горючих паров и газов. Поэтому во взрывоопасных цехах применяют подшипники качения, неискрящие шестерни из бронзы или пластмасс. Там, где этого нельзя сделать, обеспечивается обильная смазка трущихся поверхностей, постоянный контроль за работой смазывающих устройств и за температурой трущихся частей.

Поверхности аппаратуры могут нагреваться в результате нарушений технологических режимов. Очевидно, что строгое соблюдение технологических регламентов и контроль за температурой определенных частей оборудования могут устранить эту опасность.

3.2. Статическое электричество и защита от него

Взрывы и пожары на нефтеперерабатывающих заводах могут вызываться так называемым *статическим электричеством* [4].

Оно образуется при трении двух диэлектриков (веществ, не проводящих или плохо проводящих электрический ток) друг о друга или диэлектриков о металл, при этом на поверхностях трущихся веществ могут накапливаться электрические заряды. За способность накапливать электрические заряды на поверхности тела образующееся при этом электричество получило название статического.

В случае накопления заряда до определенного предела может произойти электрический разряд, искра которого способна вызвать воспламенение горючей смеси.

Бензин, керосин, бензол и некоторые другие нефтепродукты являются диэлектриками, поэтому они способны накапливать электрические заряды.

Возникающие заряды статического электричества обладают высоким электрическим потенциалом. Например, разность потенциалов при протекании химически чистого бензола по стальным трубам может достигать 3600 В. Поскольку считается, что при разности потенциалов 3000 В искровой разряд может воспламенить почти все горючие газы, то очевидно, насколько опасны проявления статического электричества как импульсов воспламенения.

Заряды статического электричества возникают при перекачке нефтепродуктов по трубопроводам и резиновым шлангам, при перемешивании продуктов, при наливке их в емкость падающей струей, при переливании из сосуда в сосуд, а также при перевозке в цистернах, когда жидкость «болтается» в емкости. При стирке в бензине

шерстяной или шелковой ткани может быть проскок электрической искры между жидкостью и тканью, которая вызовет воспламенение бензина. Такие случаи оканчиваются, как правило, тяжелыми ожогами. Отмечались случаи электризации и искрообразования при мытье рук в бензине. При удалении воронки от сосуда, в который наливается бензин, бензол или керосин, также может появиться искра, воспламеняющая горючую жидкость [4].

Одним из основных способов борьбы со статическим электричеством является *заземление* аппаратов, емкостей и трубопроводов. При наличии заземления образующиеся заряды статического электричества отводятся в землю и не накапливаются в таком количестве, которое может вызвать искру.

Заземлению подлежат аппараты, оборудование, обвязывающие их трубопроводы. Особо тщательно заземляются те из них, где вероятно быстрое возникновение высоких потенциалов и где имеются взрывоопасные и пожароопасные среды. К ним в первую очередь относятся аппараты, емкости и насосы, предназначенные для бензина, керосина, бензола, алкилатов и других горючих и легко воспламеняющихся жидкостей; компрессоры и устройства для хранения и применения сжиженных и газообразных углеводородов: бутана, бутилена, пропана, пропилена и др.

Заземляются также железнодорожные и автомобильные цистерны при сливе и наливке нефтепродуктов. Для этого на эстакадах и бензоколонках монтируют постоянные заземлительные устройства, к которым болтами и клеммами присоединяют провода, закрепленные на цистернах.

Для снятия зарядов статического электричества с резиновых шлангов и наконечников последние соединяют металлическим проводом, обвитым вокруг шланга, с заземленным бензопроводом.

Для ослабления электризации при наполнении резервуара или цистерны сливную трубу доводят до дна так, чтобы жидкость не падала струей, а попадала под слой продукта, находящегося в емкости. В пустые сосуды сначала медленно наливают такой слой жидкости,

который позволяет погрузить в нее конец шланга, и только после этого начинают интенсивное заполнение сосуда.

Если жидкость поступает в резервуар падающей струей, то плавающие на поверхности жидкости посторонние предметы (щепка, обломок рейки, оторвавшийся поплавок) могут накопить в себе заряд статического электричества. Приблизившись к стенке резервуара, такие плавающие предметы могут дать разряд электричества на стенку и вызвать взрыв и пожар. Поэтому нужно тщательно следить за чистотой резервуаров и при их чистке удалять все находящиеся там предметы.

Применяют и другие способы, снижающие интенсивность накопления зарядов статического электричества. Например, ограничивают скорость движения жидкостей при перекачке, потому что степень электризации возрастает с увеличением скорости движения.

3.3. Первичные и вторичные проявления молнии и защита от них

Молния – это электрический разряд в атмосфере между разноименно заряженными частями облаков или между облаком и землей.

Воздействие разрядов молнии может быть двух видов: первичное и вторичное (первичный поражающий фактор и вторичные поражающие факторы). Оба эти воздействия могут привести к возникновению пожара, взрыва и механическим повреждениям конструкций.

Под первичным воздействием (первичным поражающим фактором) молнии понимают прямой удар молнии в объект.

Для защиты от прямых ударов молнии применяют молниеотводы. Молниеотвод состоит из опоры, которой может служить само здание или сооружение, молниеприёмника, токоотвода и заземлителя. Наиболее распространены стержневые и тросовые молниеотводы.

Под вторичным воздействием (вторичным поражающим фактором) молнии понимают:

- электростатическую индукцию;
- электромагнитную индукцию;
- занос высоких потенциалов.

Электростатическая индукция, проявляется в том, что на изолированных от земли металлических предметах за счет статического поля большой напряженности между облаками и землей наводятся значительные электрические потенциалы, вследствие чего возможно искрение между отдельными металлическими элементами конструкций и оборудования.

Защита от проявления электростатической индукции обеспечивается путем присоединения всего оборудования, находящегося в зданиях, к заземлению.

Электромагнитная индукция, проявляется в том, что в незамкнутых контурах, образованных внутри здания из различных протяжённых металлических предметов (трубопроводы, воздуховоды и т.п.) в момент разряда молнии, который сопровождается мощным, быстро изменяющимся во времени магнитным полем, индуцируется ЭДС, способная вызвать искрообразование в местах сближения отдельных элементов контура.

Для защиты от действия электромагнитной индукции устраивают через каждые 25-30 м металлические перемычки между трубопроводами или другими протяжёнными металлическими объектами (кабели, эстакады), расположенными друг от друга на расстоянии 10 см и менее.

Занос высоких потенциалов, проявляется в том, что при ударе молнии в различные металлические сооружения и коммуникации (эстакады, рельсовые пути, трубопроводы, провода ВЛ, оболочки кабелей и т.п.), находящиеся вдали от производственных зданий и сооружений, возможно проникновение (занос) высоких потенциалов по этим коммуникациям в здания, которое сопровождается мощными электрическими разрядами (искрообразованием).

Для защиты от заноса высоких потенциалов по коммуникациям (трубопроводы, кабели и др.) применяют заземление, которое исполняется путем присоединения входящих в здание коммуникаций к заземлителю. Чтобы осуществить защиты при вводе в здание электрических сетей напряжением до 1 кВ, подходы этих ВЛ к объекту оснащают грозозащитными тросами и устанавливают разрядники или

ограничители перенапряжений (ОПН) на опорах.

3.4. Пирофорное железо и способы борьбы с ним

Пирофорными называются вещества, способные к самовозгоранию в присутствии воздуха при обычной температуре. К числу таких веществ относится *пирофорное железо*, которое образуется при переработке сернистых нефтей в результате взаимодействия сероводорода с продуктами коррозии железной аппаратуры, емкостей и трубопроводов. Внешне пирофорное железо представляет собой черный осадок, похожий на сажу и покрывающий внутренние стенки аппаратуры и емкостей. При действии кислорода воздуха пирофорное железо окисляется и разогревается; если окисление происходит медленно, то образующееся пирофорное железо нагревается в небольшой степени, но если окисление происходит быстро, то пирофорное железо нагревается до красного каления и находящиеся в контакте с ним нефтепродукты и их пары могут загореться или взорваться. Окисление и разогрев пирофорного железа возможны даже при низкой температуре наружного воздуха, например при минус 20 °С. Отложения пирофорного железа на крышевых конструкциях резервуаров практически не опасны, так как вследствие медленного и постоянного их окисления по мере образования они не разогреваются, а покрываются отложениями элементарной серы. Но если отложения пирофорного железа образовались и накопились под слоем нефтепродукта, а затем уровень жидкости понизился и отложения соприкасаются с воздухом, то окисление происходит быстро и пирофорное железо раскаляется иногда до 600-700 °С, вызывая пожар или взрыв. Такие явления происходят главным образом при освобождении емкостей от продукта и при ремонте аппаратов.

Основным способом борьбы с пирофорным железом является удаление сероводорода из нефти и нефтепродуктов, поступающих на переработку. Для этого бензиновые дистилляты и сырую нефть, если она содержит сероводород, защелачивают до поступления в резервуары. Емкости и аппараты систематически очищают от продуктов

коррозии. Проводятся и другие мероприятия, уменьшающие возможность образования и накопления пирофорных веществ.

Перед ремонтом или очисткой резервуары заполняют паром под давлением немного выше атмосферного, тогда воздух не может проникнуть в емкость. После пропарки емкость заполняют водой и медленно снижают ее уровень (на 0,5 м в 1 ч) для того, чтобы отложения по мере их высыхания окислялись постепенно. Во время ремонтных работ или очистки внутренние стенки поливают водой из брандспойта, поддерживая их, таким образом, во влажном состоянии. Грязь и отложения, извлеченные из резервуара в процессе очистки, при удалении с территории завода, тоже поддерживают во влажном состоянии, потому что эти отложения под действием пирофорного железа могут воспламениться.

4. ВЗРЫВООПАСНЫЕ СМЕСИ. ВЗРЫВООПАСНЫЕ И ПОЖАРООПАСНЫЕ ЗОНЫ

4.1. Взрывоопасные смеси. Категории и группы взрывоопасных смесей

Правилами устройства электроустановок определено, что взрывоопасными являются все смеси горючих газов и паров жидкостей, имеющих температуру вспышки ниже $+ 61^{\circ}\text{C}$ и горючие пыли и волокна, если нижний предел взрываемости их ниже 65 г/м^3 воздуха.

Взрывоопасные смеси классифицируются по категориям и группам.

Взрывоопасные смеси, согласно ГОСТ и ПУЭ, подразделяются на категории в зависимости от способности передавать взрыв из оболочки через узкую щель между двумя поверхностями прилегания фланцев при величине зазора 1,0 мм. Как показали исследования, если оболочку объемом 2,5 л соединить через узкую щель с другой, заполнить обе оболочки взрывоопасной смесью и произвести в одной из них взрыв, то окажется, что одни смеси вызывают взрыв в другой оболочке, т.е. передают его через узкую щель, а другие не передают.

Изменяя величину зазора, определили, что, например, в смеси с воздухом во взрывоопасной концентрации газ метан передает взрыв в другой сосуд при величине зазора более 1 мм, пары бензина - при зазоре более 0,65 мм, а водорода - при зазоре менее 0,35 мм.

Это явление объясняется тем, что нагретые взрывом газообразные продукты, проходя путь в 25 мм через щель между двумя прилегающими плоскостями фланцев, передавая им свое тепло, успевают при определенной ширине щели охладиться до температуры, не вызывающей взрыва в соседнем сосуде. Другие газообразные продукты для охлаждения до безопасной температуры необходимо пропустить через щели меньшей ширины при той же длине пути.

Эту щель называют безопасным экспериментальным максимальным зазором (БЭМЗ).

Безопасный экспериментальный зазор – это максимальный зазор между фланцами оболочки, через которые не происходит передача взрыва из оболочки в окружающую среду при любой концентрации горючего воздуха.

Взрывоопасные смеси разделены на четыре категории (I, IIА, IIВ, IIС) в зависимости от величины безопасного экспериментального максимального зазора (БЭМЗ) (табл. 4.1). Из таблицы видно, что к первой категории отнесены смеси, передающие взрыв при величине зазора более 1 мм, ко второй - передающие взрыв при зазоре от 0,9 до 1 мм включительно, к третьей - от 0,5 до 0,9 мм и к четвертой - передающие взрыв через зазор менее 0,5 мм.

Таблица 4.1

Категории взрывоопасных смесей в зависимости от величины БЭМЗ

Категорий и наименования взрывоопасных смесей	Величины БЭМЗ, мм
I. Рудничный метан	свыше 1,0
II. Промышленные газы и пары: IIА IIВ IIС	свыше 0,9 до 1,0 включительно свыше 0,5 до 0,9 включительно до 0,5

Согласно нормативным документам (ГОСТ, ПУЭ) взрывоопасные смеси подразделяются на группы по температуре самовоспламенения.

Все взрывоопасные смеси делятся на шесть групп (Т1, Т2, Т3, Т4, Т5, Т6) (табл. 4.2.)

Таблица 4.2

Группы взрывоопасных смесей в зависимости от температуры самовоспламенения

Группы взрывоопасных смесей	Температура самовоспламенения, °С
Т1	свыше 450
Т2	свыше 300 до 450 включительно
Т3	свыше 200 до 300 включительно
Т4	свыше 135 до 200 включительно
Т5	свыше 100 до 135 включительно
Т6	свыше 85 до 100 включительно

Распределение взрывоопасных смесей по категориям и группам приведено в Приложении 1.

4.2. Классификация взрыво- и пожароопасных зон

Классы взрыво- и пожароопасных зон определяются для правильного выбора электрооборудования, т.е. для предотвращения образования источника зажигания (каждый третий пожар возникает из-за неисправности или неправильного выбора электрооборудования).

4.2.1. Классификация взрывоопасных зон

Взрывоопасная зона – это помещение или ограниченное пространство в помещении или наружной установке, в котором имеются или могут образоваться взрывоопасные смеси.

Взрывоопасные зоны делятся на классы В-I, В-Iа, В-Iб, В-Iг, В-II, В-IIа.

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

При определении взрывоопасных зон принимается, что:

а) взрывоопасная зона в помещении занимает весь объем помещения, если объем взрывоопасной смеси превышает 5 % свободного объема помещения;

б) взрывоопасной считается зона в помещении в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от технологического аппарата, из которого возможно выделение горючих газов или паров ЛВЖ, если объем взрывоопасной смеси равен или менее 5 % свободного объема помещения. Помещение за пределами взрывоопасной зоны следует считать невзрывоопасным, если нет других факторов, создающих в нем взрывоопасность;

в) взрывоопасная зона наружных взрывоопасных установок ограничена размерами, определяемыми для зоны В-Іг.

Зоны класса В-І - зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары 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, хранении или переливании ЛВЖ, находящихся в открытых емкостях, и т. п.

Зоны класса В-Іа - зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов (независимо от нижнего концентрационного предела воспламенения) или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

Зоны класса В-Іб - зоны, расположенные в помещениях в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей и которые отличаются одной из следующих особенностей:

1. Горючие газы в этих зонах обладают высоким нижним концен-

трационным пределом воспламенения (15% и более) и резким запахом при предельно допустимых концентрациях (например, машинные залы аммиачных компрессорных и холодильных абсорбционных установок).

2. Помещения производств, связанных с обращением газообразного водорода, в которых по условиям технологического процесса исключается образование взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5% свободного объема помещения, имеют взрывоопасную зону только в верхней части помещения. Взрывоопасная зона условно принимается от отметки 0,75 общей высоты помещения, считая от уровня пола, но не выше кранового пути, если таковой имеется (например, помещения электролиза воды, зарядные станции тяговых и стартерных аккумуляторных батарей).

К классу В-Іб относятся также зоны лабораторных и других помещений, в которых горючие газы и ЛВЖ имеются в небольших количествах, недостаточных для создания взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5 % свободного объема помещения, и в которых работа с горючими газами и ЛВЖ производится без применения открытого пламени. Эти зоны не относятся к взрывоопасным, если работа с горючими газами и ЛВЖ производится в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтами.

Зоны класса В-Іг - пространства у наружных установок: технологических установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ (за исключением наружных аммиачных компрессорных установок, выбор электрооборудования для которых производится согласно ПУЭ, п. 7.3.64) 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.

К зонам класса В-Іг также относятся: пространства у проемов за наружными ограждающими конструкциями помещений со взрывоопасными зонами классов В-І, В-Іа и В-ІІ (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 взрывоопас-

ными зонами любого класса или если они находятся в пределах наружной взрывоопасной зоны; пространства у предохранительных и дыхательных клапанов емкостей и технологических аппаратов с горючими газами и ЛВЖ.

Для наружных взрывоопасных установок взрывоопасная зона класса В-Г считается в пределах до:

а) 0,5 м по горизонтали и вертикали от проемов за наружными ограждающими конструкциями помещений со взрывоопасными зонами классов В-І, В-Іа, В-ІІ;

б) 3 м по горизонтали и вертикали от закрытого технологического аппарата, содержащего горючие газы или ЛВЖ; от вытяжного вентилятора, установленного снаружи (на улице) и обслуживающего помещения со взрывоопасными зонами любого класса;

в) 5 м по горизонтали и вертикали от устройств для выброса из предохранительных и дыхательных клапанов емкостей и технологических аппаратов с горючими газами или ЛВЖ;

г) 8 м по горизонтали и вертикали от резервуаров с ЛВЖ или горючими газами (газгольдеры); при наличии обвалования - в пределах всей площади внутри обвалования;

д) 20 м по горизонтали и вертикали от места открытого слива и налива для эстакад с открытым сливом и наливом ЛВЖ.

Эстакады с закрытыми сливно-наливными устройствами, эстакады и опоры под трубопроводы для горючих газов и ЛВЖ не относятся к взрывоопасным, за исключением зон в пределах до 3 м по горизонтали и вертикали от запорной арматуры и фланцевых соединений трубопроводов, в пределах которых электрооборудование должно быть взрывозащищенным для соответствующих категории и группы взрывоопасной смеси.

Зоны класса В-ІІ - 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).

Зоны класса В-Па - зоны, расположенные в помещениях, в которых опасные состояния, указанные выше, не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

Зоны в помещениях и зоны наружных установок в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от аппарата, в котором присутствуют или могут возникнуть взрывоопасные смеси, но технологический процесс ведется с применением открытого огня, раскаленных частей либо технологические аппараты имеют поверхности, нагретые до температуры самовоспламенения горючих газов, паров ЛВЖ, горючих пылей или волокон, не относятся в части их электрооборудования к взрывоопасным. Классификацию среды в помещениях или среды наружных установок за пределами указанной 5-метровой зоны следует определять в зависимости от технологических процессов, применяемых в этой среде.

Зоны в помещениях и зоны наружных установок, в которых твердые, жидкие и газообразные горючие вещества сжигаются в качестве топлива или утилизируются путем сжигания, не относятся в части их электрооборудования к взрывоопасным.

Зоны в помещениях вытяжных вентиляторов, обслуживающих взрывоопасные зоны любого класса, относятся к взрывоопасным зонам того же класса, что и обслуживаемые ими зоны.

Для вентиляторов, установленных за наружными ограждающими конструкциями и обслуживающих взрывоопасные зоны классов В-I, В-Ia, В-II, электродвигатели применяются как для взрывоопасной зоны класса В-Iг, а для вентиляторов, обслуживающих взрывоопасные зоны классов В-Iб и В-IIa, электродвигатели применяются без средств взрывозащиты. Однако, для класса взрывоопасной зоны В-Iб оболочка электрической машины должна быть выполнена со степенью защиты не менее IP44, а для класса взрывоопасной зоны В-IIa - со степенью защиты IP54. Искрящиеся части машины (например, контактные кольца) должны быть заключены в оболочку со степенью защиты не менее IP44 для класса взрывоопасной зоны В-Iб и IP54 для класса взрывоопасной зоны В-IIa.

Зоны в помещениях приточных вентиляторов, обслуживающих взрывоопасные зоны любого класса, не относятся к взрывоопасным, если приточные воздуховоды оборудованы самозакрывающимися обратными клапанами, не допускающими проникновения взрывоопасных смесей в помещения приточных вентиляторов при прекращении подачи воздуха.

При отсутствии обратных клапанов помещения приточных вентиляторов имеют взрывоопасные зоны того же класса, что и обслуживаемые ими зоны.

Взрывоопасные зоны, содержащие легкие несжиженные горючие газы или ЛВЖ, при наличии признаков класса В-I, допускается относить к классу В-Ia при условии выполнения следующих мероприятий:

а) устройства системы вентиляции с установкой нескольких вентиляционных агрегатов. При аварийной остановке одного из них остальные агрегаты должны полностью обеспечить требуемую производительность системы вентиляции, а также достаточную равномерность действия вентиляции по всему объему помещения, включая подвалы, каналы и их повороты;

б) устройства автоматической сигнализации, действующей при возникновении в любом пункте помещения концентрации горючих газов или паров ЛВЖ, не превышающей 20% нижнего концентрационного предела воспламенения, а для вредных взрывоопасных газов - также при приближении их концентрации к предельно допустимой. Количество сигнальных приборов, их расположение, а также система их резервирования должны обеспечить безотказное действие сигнализации.

В производственных помещениях без взрывоопасной зоны, отделенных стенами (с проемами или без них) от взрывоопасной зоны смежных помещений, следует принимать взрывоопасную зону, класс которой определяется в соответствии с табл. 4.3, размер зоны – до 5 м по горизонтали и вертикали от проема двери.

Таблица 4.3

**Класс зоны помещения, смежного со взрывоопасной зоной
другого помещения**

Класс взрывоопасной зоны	Класс зоны помещения, смежного со взрывоопасной зоной другого помещения и отделенного от нее	
	стеной (перегородкой) с дверью, находящейся во взрывоопасной зоне	стеной (перегородкой), без проемов или с проемами, оборудованными тамбур-шлюзами, или с дверями, находящимися вне взрывоопасной зоны
1	2	3
В-I В-Ia	В-Ia В-Iб	Невзрыво- и непожароопасная То же

1	2	3
В-Иб	Невзрыво- и непожаро- опасная	То же
В-П	В-Иа	То же
В-Па	Невзрыво- и непожаро- опасная	То же

4.2.2. Классификация пожароопасных зон

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

Пожароопасные зоны делятся на классы П-И, П-П, П-Па, П-Ш.

Зоны класса П-И - зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C .

Зоны класса П-П - зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыль или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м^3 к объему воздуха.

Зоны класса П-Па - зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества.

Зоны класса П-Ш - расположенные вне помещения зоны, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C или твердые горючие вещества.

Зоны в помещениях и зоны наружных установок в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от аппарата, в которых постоянно или периодически обращаются горючие вещества, но технологический процесс ведется с применением открытого огня, раскаленных частей либо технологические аппараты имеют поверхности, нагретые до температуры самовоспламенения горючих паров, пылей или волокон, не относятся в части их электрооборудования к пожароопасным. Класс среды в помещениях или среды наружных установок за пределами указанной 5-метровой зоны следует определять в зависимости от технологических процессов, применяемых в этой среде.

Зоны в помещениях и зоны наружных установок, в которых твердые, жидкие и газообразные горючие вещества сжигаются в качестве топлива или утилизируются путем сжигания, не относятся в части их электрооборудования к пожароопасным.

Зоны в помещениях вытяжных вентиляторов, а также в помещениях приточных вентиляторов (если приточные системы работают с применением рециркуляции воздуха), обслуживающих помещения с пожароопасными зонами класса П-П, относятся также к пожароопасным зонам класса П-П.

Зоны в помещениях вентиляторов местных отсосов относятся к пожароопасным зонам того же класса, что и обслуживаемая ими зона.

Для вентиляторов, установленных за наружными ограждающими конструкциями и обслуживающих пожароопасные зоны класса П-П и пожароопасные зоны любого класса местных отсосов, электродвигатели выбираются как для пожароопасной зоны класса П-Ш.

Определение границ и класса пожароопасных зон должно производиться технологами совместно с электриками проектной или эксплуатационной организации.

При размещении в помещениях или наружных установках единичного пожароопасного оборудования, когда специальные меры против распространения пожара не предусмотрены, зона в пределах до 3 м по горизонтали и вертикали от этого оборудования является пожароопасной. Соответствие классов взрывоопасной зоны категориям помещений по взрывопожароопасности приведены в Приложении 2.

4.3. Особенности определения степени взрывоопасности зон с выделением горючих пылей

Отметим некоторые особенности, усложняющие определение степени взрывоопасности зон в производствах, связанных с выделением горючих пылей. Известно, что горючие пыли, содержащиеся и отлагающиеся не только внутри производственного оборудования, но и на его поверхностях и в помещениях, могут находиться как во взвешенном, так и в осевшем состоянии. В этих условиях местная вспышка (взрыв) взвешенной пыли в одном месте может привести к взрыхле-

нию осевшей пыли и вызвать образование на смежных участках взрывоопасной концентрации в большем объеме воздуха и с повторным взрывом разрушительной силы. Поскольку расчетную концентрацию пыли, которая может образоваться при ее взрыхлении в аварийных условиях, практически установить невозможно, условия взрыво- и пожароопасности производств с наличием горючих пылей рекомендуется определять путем сравнения нижнего концентрационного предела воспламенения выделяющейся в производстве пыли с нормативным нижним пределом воспламенения 65 г/м^3 . Решение этого вопроса должно быть комплексным, основанным на технологии производства, степени измельчения и размола твердых горючих веществ, способах их транспортировки и хранения, механической обработки, шлифовки поверхностей, составления порошковых композиций и прессования порошков, принятых систем аспирации и очистки воздуха.

4.4. Оценка взрыво- и пожароопасности некоторых характерных зон

В таблице 4.4 представлены рекомендации по классификации некоторых характерных взрыво- и пожароопасных зон, широко распространенных в разных производствах.

Таблица 4.4

Наименование и краткая характеристика зоны	Обращающиеся в производстве горючие вещества и ЛВЖ	Класс взрыво-и пожароопасных зон
1	2	3
<p>1. Металлообрабатывающие производства (механические, ремонтно-механические инструментальные, сборочные цехи и отделения)</p> <p>1.1. Одиночные станки, агрегаты и установки, работающие с использованием горючих смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ)</p>	<p>Индустриальные масла, эмульсол и другие ГЖ</p>	<p>П-Г¹, (в пределах 3 м от краев оборудования)</p>

1	2	3
<p>1.2 Промывка и расконсервация узлов и деталей в изолированных помещениях</p> <p>1.3. Упаковка изделий, прошедших консервацию</p>	<p>а) Бензин, керосин, уайт-спирит, ацетон, трихлорэтилен и другие ЛВЖ</p> <p>б) Тетрахлорэтилен, перхлорэтилен и другие ГЖ</p> <p>Древесина, картон, бума-</p>	<p>В-Ia² (в общем объеме помещения или в пределах 5 м от краев промывочных ванн или оборудования)</p> <p>П-I</p> <p>П-IIa</p>
<p>2. Окрасочные производства</p> <p>2.1. Цехи и отделения камерной и бескамерной окраски в изолированных помещениях с применением легковоспламеняющихся растворителей</p> <p>2.2. Окрасочные цехи, отделения и участки с применением масляных красок</p>	<p>Уайт-спирит, бензол, толуол, ксилол и другие ЛВЖ</p> <p>Олифа и другие</p>	<p>В-Ia² (в общем объеме помещения или в пределах 5 м от открытых проемов окрасочных и сушильных камер или от краев решеток и от окрашиваемых изделий)</p> <p>П-I</p>
<p>3. Котельные</p> <p>3.1. Топливоподачи и дробильные отделения для угля, надбункерные и транспортные галереи, разгрузочные и приемные устройства</p> <p>3.2. Пылеприготовительные отделения</p> <p>3.3. Насосные станции жидкого топлива и присадок</p>	<p>Угли разных марок</p> <p>а) Угли с нижним концентрационным пределом воспламенения пыли до 65 г/м³</p> <p>б) Угли с нижним, концентрационным пределом воспламенения пыли более 65 г/м³</p> <p>Мазут и другие ГЖ ЛВЖ</p>	<p>П-II</p> <p>В-IIa</p> <p>П-II</p> <p>П-I</p> <p>В-Ia</p>

1	2	3
3.4. Наружные приемносливные устройства жидкого топлива и присадок	Мазут и другие ГЖ ЛВЖ	П-III В-Iг
3.5. Газораспределительные пункты	Горючие газы	В-Iа
4. Компрессорные станции		
4.1. Помещения масляного хозяйства	Компрессорное, висциновое и другие масла	П-I
4.2. Участки промывки и зарядки фильтров в машинных залах	Компрессорное, висциновое и другие масла	П-I ¹ (в пределах 3 м от краев промывочных ванн и оборудования)
5. Холодильные станции. Машинные залы	Аммиак	В-Iб
6. Насосные станции и очистные сооружения		
6.1. Перекачка ЛВЖ и ГЖ	ЛВЖ ГЖ	В-Iа П-I
6.2. Помещения очистки производственных стоков	Общепромышленные стоки	П-I
6.3. Открытые нефтеловушки	ЛВЖ	В-Iг
7. Складское хозяйство		
7.1. Закрытые склады и кладовые ЛВЖ, лакокрасочных материалов и ГЖ	ЛВЖ ГЖ	В-Iа П-I
7.2. Открытые склады ЛВЖ и ГЖ (заглубленные и наземные)	ЛВЖ ГЖ	В-Iг П-III
7.3. Железнодорожные эстакады и причалы по сливу и наливу ЛВЖ и ГЖ	ЛВЖ ГЖ	В-Iг П-III
7.4. Битумохранилища, битумные площадки и хранилища антисептиков	Битум, жидкие антисептики	П-III

1	2	3
7.5. Разливочные пункты в мелкую тару в помещениях	ЛВЖ ГЖ	В-Ia П-I
7.6. То же вне помещений	ЛВЖ ГЖ	В-Iг П-III
7.7. Открытые склады горючих газов в емкостях	Разные горючие газы	В-Iг

¹ При наличии специальных мер против распространения пожара пределы пожароопасной зоны могут быть сокращены.

² Взрывоопасность зоны в общем объеме помещения или в пределах 5-метровой зоны от камер, ванн и другого оборудования с выделением взрывоопасных смесей уточняется расчетом.

Для большей части помещенных в таблице зон даны однозначные рекомендации по определению взрыво- и пожароопасности зон. Для отдельных зон, взрывоопасность которых обусловлена обращением в производстве ЛВЖ и горючих газов, где однозначный выбор класса зоны не представляется возможным, уточнение класса должно быть подтверждено расчетом. Эти расчеты должны входить в состав технологической части проектов.

5. ЗАЩИТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

5.1. Степень защиты электрооборудования от попадания твердых тел, пыли и воды

Исполнение оболочек светильников, групповых щитков и аппаратов, электрических машин, применяемых в пожароопасных зонах всех классов и во взрывоопасных зонах некоторых классов (В-Iб, В-IIa), должно удовлетворять требованиям нормативно-технической документации (НТД). Степени защиты оболочек электрооборудования по этой НТД обозначаются двумя начальными буквами англий-

ских слов «International Protection» (IP), указывающими на международную систему обозначений. Следующие за ними две цифры обозначают: первая цифра - степень защиты персонала от соприкосновения с токоведущими и движущимися частями, а также от попадания внутрь оболочки твердых тел и пыли, вторая цифра - степень защиты от попадания воды (например, IP53) [5].

Защита от проникновения внутрь оболочки электрооборудования посторонних твердых тел и пыли имеет семь градаций (от 0 до 6).

Характеристика степени защиты электрооборудования от попадания твердых тел и пыли, а также защиты персонала от соприкосновения с токоведущими или движущимися частями электрических машин приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Характеристика степеней защиты персонала от соприкосновения с токоведущими или движущимися частями внутри оболочки и от попадания твердых тел внутрь оболочки электротехнического изделия напряжением до 72,5 кВ

Обозначение степени защиты	Степень защиты	
	Краткое описание	Характеристика (определение)
1	2	3
0	Защита отсутствует	Специальная защита отсутствует
1	Защита от твердых тел размером более 50 мм	Защита от проникновения внутрь оболочки большого участка поверхности человеческого тела, например руки, и твердых тел размером свыше 50 мм
2	Защита от твердых тел размером более 12 мм	Защита от проникновения внутрь оболочки пальцев и твердых тел размером свыше 12 мм
3	Защита от твердых тел размером более 2,5 мм	Защита от проникновения внутрь оболочки инструментов, проволоки и т.п. диаметром или толщиной более 2,5 мм и твердых тел размером более 2,5 мм
4	Защита от твердых тел размером более 1 мм	Защита от проникновения внутрь оболочки проволоки и твердых тел размером более 1 мм

1	2	3
5	Защита от пыли	Проникновение внутрь оболочки пыли полностью не предотвращено. Однако количество проникающей пыли таково, что не вызывает нарушения работы изделия
6	Пыленепроницаемость	Проникновение пыли предотвращено полностью

Если в определенных условиях окружающей среды отсутствует необходимость в обоих видах защиты, вместо обозначения одной из них, которая в данном изделии не требуется, проставляется знак X (например, IP5X).

Защита от проникновения внутрь оболочки электрооборудования имеет девять градаций (от 0 до 8). Характеристика степени защиты электрооборудования от попадания воды приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2

Характеристика степеней защиты электротехнического изделия напряжением до 72,5 кВ от попадания воды внутрь оболочки

Обозначение степени защиты	Степень защиты	
	Краткое описание	Характеристика (определение)
1	2	3
0	Защита отсутствует	Специальная защита отсутствует
1	Защита от капель воды	Капли воды, вертикально падающие на оболочку, не должны оказывать вредного воздействия на изделие
2	Защита от капель воды при наклоне до 15°	Капли воды, вертикально падающие на оболочку, не должны оказывать вредного воздействия на изделие при наклоне его оболочки на любой угол до 15° относительно нормального положения
3	Защита от дождя	Дождь, падающий на оболочку под углом 60° от вертикали, не должен оказывать вредного воздействия на изделие
4	Защита от брызг	Вода, разбрызгиваемая на оболочку в любом направлении, не должна оказывать вредного воздействия на изделие

1	2	3
5	Защита от водяных струй	Струя воды, выбрасываемая в любом направлении на оболочку, не должна оказывать вредного воздействия на изделие
6	Защита от волн воды	Вода при волнении не должна попадать внутрь оболочки в количестве, достаточном для повреждения изделия
7	Защита при погружении в воду	Вода не должна проникать в оболочку, погруженную в воду, при определенных давлении и времени в количестве, достаточном для повреждения изделия
8	Защита при длительном погружении в воду	Изделия пригодны для длительного погружения в воду при условиях, установленных изготовителем

Для разных видов электрооборудования стандартам установлены предпочтительные степени защиты от проникновения внутрь твердых тел и воды (таблицы 5.3, 5.4). Этим достигается в пределах целесообразности сокращение номенклатуры изделий по степени защиты от воздействия окружающей среды.

Таблица 5.3

**Степени защиты оболочек электрических аппаратов
напряжением до 1000 В**

Степень защиты от соприкосновения и попадания посторонних тел	Степень защиты от проникновения воды								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	IP00	—	—	—	—	—	—	—	—
1	IP10	IP11	IP12	—	—	—	—	—	—
2	IP20	IP21	IP22	IP23	—	—	—	—	—
3	IP30	IP31	IP32	IP33	IP34	—	—	—	—
4	IP40	IP41	IP42	IP43	IP44	—	—	—	—
5	IP50	IP51	—	—	IP54	IP55	IP56	—	—
6	IP60	—	—	—	—	IP65	IP66	IP67	IP68

Степени защиты электрических машин

Степень защиты от соприкосновения и попадания посторонних тел	Степень защиты 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	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	IP43	IP44	—	—	—	—
5	—	—	—	—	IP54	IP55	IP56	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Исходя из специфических особенностей отдельных видов электрических машин, допускаются степени защиты IP57 и IP58.

Если электрическая машина имеет коробку выводов или коробку контактных колец, то степень защиты коробки должна соответствовать степени защиты электрической машины, но не менее IP20 для коробки выводов и IP23 для коробки контактных колец, если степень защиты электрической машины менее IP20.

У электрической машины со степенью защиты IP43 и выше, имеющей внешний вентилятор, насаженный на конец вала, степень защиты кожуха вентилятора должна быть не менее IP20. У машины со степенью защиты IP43 или IP44, имеющей указанный вентилятор и продуваемый воздухом ротор, степень защиты отверстий для прохода воздуха через ротор должна быть не менее IP23. При этом конструкция машины с продуваемым ротором должна обеспечивать соответственно степень защиты IP43 или IP44 внутренней части машины (зоны расположения обмоток статора и ротора) от тракта, по которому проходит воздух, охлаждающий ротор.

Со стороны выхода воздуха (промежутки между наружными ребрами станины или трубы) должна быть обеспечена защита от сопри-

косновения пальца с вращающимся вентилятором и от попадания крупных твердых посторонних тел (диаметром более 50 мм).

Сливные отверстия в корпусе машины со степенью защиты IP44 должны иметь степень защиты не менее IP23.

Система обозначения светильников имеет некоторые особенности, вызванные тем, что для электрических аппаратов и машин подразумевается одинаковая степень защиты от пыли всех частей электрооборудования. Следует учитывать особенности конструкций светильников с открытыми лампами или лампами, закрытыми неуплотненными светопропускающими оболочками, при разной степени уплотнения их корпусов.

В связи с этим для светильников имеются дополнительные обозначения, в которых отсутствуют буквы IP, а за первой цифрой, обозначающей степень защиты от пыли, проставляется знак штрих (например, 5'3).

Степень защиты светильников от воздействия пыли и воды с расшифровкой видов светильников приведены в таблице 5.5.

Таблица 5.5

Степени защиты светильников

Вид светильника по степени защиты от пыли	Цифровое обозначение (первая цифра)	Вид светильника по степени защиты от воды						
		Водонезащищенный	Каплезащищенный	Дождезащищенный	Брызгозащищенный	Струезащищенный	Водонепроницаемый	Герметичный
		Цифровое обозначение (вторая цифра)						
		0	2	3	4	5	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пыленезащищенный (токоведущие части и колба лампы не защищены от попадания пыли)	2	IP20	IP22	IP23	-	-	-	-
Перекрытый пыленезащищенный (попадание пыли ограничивается неуплотненными светопропускающими оболочками)	2'	2'0	2'2	2'3	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Частично пылезащищенный (токоведущие части защищены от попадания пыли в количествах, достаточных для повреждения или нарушения удовлетворительной работы светильника)	5'	5'0	5'2	5'3	5'4	5'5	-	-
Пылезащищенный (токоведущие части и колба лампы защищены от пыли в количествах, достаточных для повреждения или нарушения удовлетворительной работы светильника)	5	IP50	IP52	IP53	IP54	IP55	-	-
Частично пыленепроницаемый (токоведущие части полностью защищены от попадания пыли)	6'	6'0	6'2	6'3	6'4	6'5	6'7	6'8
Пыленепроницаемый (токоведущие части и колба лампы полностью защищены от попадания пыли)	6	IP60	IP62	IP63	IP64	IP65	IP67	IP68

5.2. Взрывозащита электрооборудования

Взрывозащищенное электрооборудование подразделяется по уровням и видам взрывозащиты, группам и температурным классам.

Согласно ПУЭ, установлены следующие уровни взрывозащиты электрооборудования «электрооборудование повышенной надежности против взрыва», «взрывобезопасное электрооборудование» и «особовзрывобезопасное электрооборудование».

Уровень «электрооборудование повышенной надежности против взрыва» - взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается только в признанном нормальном режиме заботы. Знак уровня - 2.

Уровень «*взрывобезопасное электрооборудование*» - взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается как при нормальном режиме работы, так и при признанных вероятных повреждениях, определяемых условиями эксплуатации, кроме повреждений средств взрывозащиты. Знак уровня - 1.

Уровень «*особовзрывобезопасное электрооборудование*» - взрывозащищенное электрооборудование, в котором по отношению к взрывобезопасному электрооборудованию приняты дополнительные средства взрывозащиты, предусмотренные стандартами на виды взрывозащиты. Знак уровня - 0.

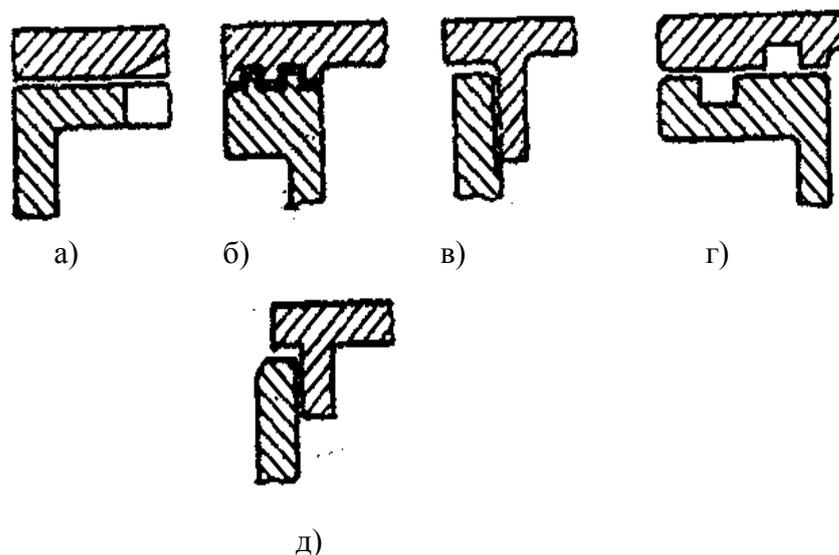
Вид взрывозащиты электрооборудования (электротехнического устройства) – это совокупность средств взрывозащиты электрооборудования (электротехнического устройства), установленная нормативными документами.

Взрывозащищенное электрооборудование может иметь следующие виды взрывозащиты.

1. Взрывонепроницаемая оболочка – это оболочка, выдерживающая давление взрыва внутри нее и предотвращающая распространение взрыва из оболочки в окружающую взрывоопасную среду.

По конструктивному исполнению в этом виде защиты используется способность газов охлаждаться при прохождении через узкую щель между двумя плоскостями. При этом допускается попадание взрывоопасных смесей внутрь оболочек и взрывы этих смесей внутри, если оболочки сообщаются с окружающей средой через щели, не передающие наружу взрыва определенных категорий смеси. Оболочки электрооборудования должны выдерживать полное давление взрыва газа, пара или пылевоздушных смесей, происшедшего внутри оболочек.

Виды сопряжений между собой деталей взрывонепроницаемых оболочек и валов электродвигателей, служащие щелевой (фланцевой) защитой от передачи взрыва из оболочки в окружающую среду, представлены на рисунке 5.1 [6].



Р и с. 5.1. Виды сопряжений отдельных частей взрывонепроницаемого электрооборудования

а – плоское; б – лабиринтное; в – резьбовое; г – барьерное; д – цилиндрическое

2. Заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением защитным газом. Данный вид защиты осуществляется путем создания внутри оболочек избыточного давления чистого воздуха или инертного газа и производится непрерывная продувка оболочек оборудования свежим воздухом или инертным газом. На этом принципе изготавливаются электрические машины больших габаритов.

3. Искробезопасная электрическая цепь – это электрическая цепь, выполненная так что электрический разряд или ее нагрев не может воспламенить взрывоопасную среду при предписанных условиях испытания.

Проведенными исследованиями установлено, что при небольшой величине токов и малой индуктивности и емкости цепи энергия искры, образующаяся при замыкании и размыкании контактов, бывает настолько мала, что не может вызвать воспламенения взрывоопасных смесей определенных групп и категорий. Не могут вызвать взрыва и любые повреждения таких приборов, например, короткое замыкание, обрыв и т.п. На принципе искробезопасности изготавливается главным образом слаботочное оборудование, датчики контрольно-измерительных приборов (КИП) и т.п.

4. Кварцевое заполнение оболочки с токоведущими частями.

Данный вид защиты осуществляется путем заполнения кварцевым песком определенного зернового состава таким образом, что аварийная электрическая дуга, возникшая внутри оболочки, не может вызвать воспламенения наружной взрывоопасной среды. При этом не должно происходить воспламенения ни от пламени дуги, ни от чрезмерного нагрева стенок оболочки.

С кварцевым заполнением изготавливается электрооборудование, не имеющее подвижных и нормально искрящих электрических частей (трансформаторы, пускорегулирующие и токоограничивающие сопротивления, твердые выпрямители, статические конденсаторы и т.п.).

5. Масляное заполнение оболочки с токоведущими частями.

Взрывозащищенность при таком виде защиты достигается погружением в трансформаторное масло или другой жидкий диэлектрик контактных систем, присоединительных зажимов и других частей, изолируя их от соприкосновения с взрывоопасной смесью, которая проникает внутрь оболочки.

При невозможности погружения всех частей машины, аппарата или прибора в масло отдельные неискрящие части, температура которых не превышает на поверхности допустимых значений, должны быть заключены во взрывонепроницаемую оболочку или оболочку в другом взрывозащищенном исполнении.

6. Специальный вид взрывозащиты – это вид взрывозащиты электрооборудования (электротехнического устройства), основанный на принципах, отличных от приведенных выше, но признанных достаточными для обеспечения взрывозащиты.

Специальная защита может осуществляться созданием избыточного давления воздуха или нейтрального газа внутри оболочек и поддерживается без продувки или пустоты заполняются эпоксидным компаундом и т. п.

7. Защита вида «е» - это вид взрывозащиты электрооборудования (электротехнического устройства), заключающийся в том, что в электрооборудовании или его части, не имеющем нормально искрящихся

частей, принят ряд мер, дополнительно к используемым в электрооборудовании общего назначения, затрудняющих появление опасных нагревов, электрических искр и дуг.

8. Автоматическое защитное отключение электрооборудования (электротехнического устройства) – это вид взрывозащиты электрооборудования (электротехнического устройства), заключающийся в снятии напряжения с токоведущих частей при разрушении защитной оболочки за время, исключающее воспламенение взрывоопасной среды.

Оно применяется для световых приборов и обеспечивает отключение напряжения с токоведущих частей при разрушении колбы лампы. Лампа, её цоколь, а также контактные части патрона, соприкасающиеся с цоколем лампы, заключаются в оболочку, составной частью которой является защитный сверхпрочный светопропускающий элемент.

При разрушении колбы или трубки лампы при возникновении электрических искр или образовании опасных температур светопропускающий защитный элемент разрушается и вызывает этим автоматическое отключение напряжения.

Виды взрывозащиты обеспечивают различные уровни взрывозащиты. Они различаются средствами и мерами обеспечения взрывобезопасности. В зависимости от применяемых видов взрывозащиты на электрооборудование устанавливаются следующие обозначения:

Взрывонепроницаемая оболочка	- d
Заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением защитным газом	- p
Искробезопасная электрическая цепь	- i
Кварцевое заполнение оболочки с токоведущими частями	- q
Масляное заполнение оболочки с токоведущими частями	- o
Специальный вид взрывозащиты	- s
Защита вида «е»	- e

Взрывозащищенное электрооборудование в зависимости от области применения подразделяется на две группы (табл. 5.6).

Таблица 5.6

Электрооборудование	Знак группы
Рудничное предназначенное для подземных выработок шахт и рудников (рудничный метан)	I
Для внутренней и наружной установки (кроме рудничного) (пром. газы и пары)	II

У электрооборудования первой группы (I) величина безопасного экспериментального максимального зазора (БЭМЗ) составляет свыше 1,0 мм.

Электрооборудование группы II, имеющее виды взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка» и (или) «искробезопасная электрическая цепь», подразделяется на три подгруппы, соответствующие категориям взрывоопасных смесей согласно таблице 5.7.

Таблица 5.7

Знак группы электрооборудования	Знак подгруппы электрооборудования	Категория взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным
II	-	IIA, IIB и IIC
	IIA	IIA
	IIB	IIA и IIB
	IIC	IIA, IIB и IIC

Примечание: Знак II применяется для электрооборудования, не подразделяющегося на подгруппы

У электрооборудования второй группы (II), имеющего знак подгруппы IIA, величина БЭМЗ составляет свыше 0,9 мм, IIB величина БЭМЗ входит в пределы от 0,5 мм до 0,9 мм включительно, IIC величина БЭМЗ не превышает 0,5 мм.

Электрооборудование группы II в зависимости от значения предельной температуры подразделяется на шесть температурных классов, соответствующих группам взрывоопасных смесей (табл. 5.8).

Предельная температура – это наибольшая температура поверхностей взрывозащищенного электрооборудования, безопасная в отношении воспламенения окружающей взрывоопасной среды.

Таблица 5.8

Температурные классы электрооборудования группы II

Знак температурного класса электрооборудования	Предельная температура, °С	Группа взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным	Температура самовоспламенения, °С
T1	450	T1	свыше 450
T2	300	T1, T2	свыше 300 до 450 включ.
T3	200	T1 – T3	свыше 200 до 300 включ.
T4	135	T1 – T4	свыше 135 до 200 включ.
T5	100	T1 – T5	свыше 100 до 135 включ.
T6	85	T1 – T6	свыше 85 до 100 включ.

В маркировку по взрывозащите электрооборудования в указанной ниже последовательности входят:

- а) знак уровня взрывозащиты электрооборудования (2, 1,0);
- б) знак Ex, указывающий на соответствие электрооборудования стандартам на взрывозащищенное электрооборудование;
- в) знак вида взрывозащиты (d, p, i, q, o, s, e);
- г) знак группы или подгруппы электрооборудования (II, IIA, IIB, IIC);
- д) знак температурного класса электрооборудования (T1, T2, T3, T4, T5, T6).

В маркировке по взрывозащите могут иметь место дополнительные знаки и надписи в соответствии со стандартами на электрооборудование с отдельными видами взрывозащиты. Примеры маркировки взрывозащищенного электрооборудования приведены в таблице 5.9.

Примеры маркировки взрывозащищенного электрооборудования

Уровень взрыво-защиты	Вид взрывозащиты	Группа (под-группа)	Температурный класс	Маркировка по взрывозащите
1	2	3	4	5
Электрооборудование повышенной надежности против взрыва (2) Взрывобезопасное электрооборудование	Защита вида «е»	II	T6	2ExeII T6
	Защита вида «е» и взрывонепроницаемая оболочка	IIВ	T3	2ExedIIВ3
	Искробезопасная электрическая цепь	IIС	T6	2ExiIIС T6
	Продувка оболочки под избыточным давлением	II	T6	2ExpII T6
	Взрывонепроницаемая оболочка и искробезопасная электрическая цепь	IIВ	T5	1ExdiIIВ T5
	Взрывонепроницаемая оболочка	IIА	T3	1ExdIIА T3
	Искробезопасная электрическая цепь	IIС	T6	1ExiIIС T6
	Заполнение оболочки под избыточным давлением	II	T6	1ExpII T6
	Защита вида «е»	II	T6	1ExeII T6
Кварцевое заполнение оболочки	II	T6	1ExqII T6	
	Специальный	II	T6	1ExsII T6
	Специальный и взрывонепроницаемая оболочка	IIА	T6	1ExsdIIА T6
	Специальный, искробезопасная электрическая цепь и взрывонепроницаемая оболочка	IIВ	T4	1ExsidIIВ T4
Особовзрывобезопасное электрооборудование (0)	Искробезопасная электрическая цепь	IIС	T6	0ExiIIС T6
	Искробезопасная электрическая цепь и взрывонепроницаемая оболочка	IIА	T4	0ExidIIА T4
	Специальный и искробезопасная электрическая цепь	IIС	T4	0ExsiIIС T4

В Российской Федерации принята маркировка взрывозащищенного электрооборудования по ГОСТ 12.2.020 «Взрывозащищенное электрооборудование. Классификация и маркировка». На международном уровне маркировка оборудования проводится по международному стандарту АТЕХ. Сравнение маркировок по ГОСТ и стандарту АТЕХ приведено в Приложении 3.

6. ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОН

6.1. Общие требования к выбору электрооборудования для взрывоопасных зон

Электрооборудование, особенно с частями, искрящими при нормальной работе, рекомендуется выносить за пределы взрывоопасных зон, если это не вызывает особых затруднений при эксплуатации и не сопряжено с неоправданными затратами. В случае установки электрооборудования в пределах взрывоопасной зоны оно должно удовлетворять нижеследующим требованиям.

Электрические машины с защитой вида «е» допускается устанавливать только на механизмах, где они не будут подвергаться перегрузкам, частым пускам и реверсам. Эти машины должны иметь защиту от перегрузок с временем срабатывания не более времени. Здесь время, в течение которого электрические машины нагреваются пусковым током от температуры, обусловленной длительной работой при номинальной нагрузке, до предельной температуры соответствующей температурному классу электрической машины.

Электрические машины и аппараты с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка» в средах со взрывоопасными смесями категории ПС должны быть установлены так, чтобы взрывонепроницаемые фланцевые зазоры не примыкали вплотную в какой-либо поверхности, а находились от нее на расстоянии не менее 50 мм.

При установке взрывозащищенного электрооборудования с ви-

дом взрывозащиты «заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением» должна быть выполнена система вентиляции и контроля избыточного давления, температуры и других параметров.

Кроме того, должны быть выполнены следующие требования:

1. Конструкция фундаментных ям и газопроводов защитного газа должна исключать образование в них непродуваемых зон (мешков) с горючими газами или парами ЛВЖ.

2. Приточные газопроводы к вентиляторам, обеспечивающим электрооборудование защитным газом, должны прокладываться вне взрывоопасных зон.

3. Газопроводы для защитного газа могут прокладываться под полом помещений, в том числе и со взрывоопасными зонами, если приняты меры, исключающие попадание в эти газопроводы горючих жидкостей.

Электрические аппараты с масляным заполнением оболочки с токоведущими частями допускается применять на механизмах в местах, где отсутствуют толчки или приняты меры против выплескивания масла из аппарата.

Во взрывоопасных зонах классов В-II и В-IIa рекомендуется применять электрооборудование, предназначенное для взрывоопасных зон со смесями горючих пылей или волокон с воздухом.

При отсутствии такого электрооборудования допускается во взрывоопасных зонах класса В-II применять взрывозащищенное электрооборудование, предназначенное для работы в средах со взрывоопасными смесями газов и паров с воздухом, а в зонах класса В-IIa - электрооборудование общего назначения (без взрывозащиты), но имеющее соответствующую защиту оболочки от проникновения пыли.

Применение взрывозащищенного электрооборудования, предназначенного для работы в средах взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом, и электрооборудования общего назначения с соответствующей степенью защиты оболочки допускается при условии, если температура поверхности электрооборудования, на которую могут осесть горючие пыли или волокна (при работе электрооборудования с

номинальной нагрузкой и без наслоения пыли), будет не менее чем на 50°C ниже температуры тления пыли для тлеющих пылей или не более двух третей температуры самовоспламенения для не тлеющих пылей.

Взрывозащита электрооборудования наружных аммиачных компрессорных установок выбирается такой же, как и для аммиачных компрессорных установок, расположенных в помещениях.

Выбор электрооборудования для работы во взрывоопасных зонах должен производиться по табл. 6.1-6.3. При необходимости допускается обоснованная замена электрооборудования, указанного в таблицах, электрооборудованием с более высоким уровнем взрывозащиты и более высокой степенью защиты оболочки.

В зонах, взрывоопасность которых определяется горючими жидкостями, имеющими температуру вспышки выше 61°C , может применяться любое взрывозащищенное электрооборудование для любых категорий и группы с температурой нагрева поверхности, не превышающей температуру самовоспламенения данного вещества.

6.2. Выбор электрических машин, электрических аппаратов и приборов для взрывоопасных зон

6.2.1. Электрические машины

Во взрывоопасных зонах любого класса могут применяться электрические машины с классом напряжения до 10 кВ при условии, что уровень их взрывозащиты или степень защиты оболочки соответствуют табл. 6.1 или являются более высокими.

Для механизмов, установленных во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Ia и В-II, допускается применение электродвигателей без средств взрывозащиты при следующих условиях:

а) электродвигатели должны устанавливаться вне взрывоопасных зон. Помещение, в котором устанавливаются электродвигатели, должно отделяться от взрывоопасной зоны несгораемой стеной без проемов и несгораемым перекрытием с пределом огнестойкости не

менее 0,75 ч, иметь эвакуационный выход и быть обеспеченным вентиляцией с пятикратным обменом воздуха в час;

б) привод механизма должен осуществляться при помощи вала, пропущенного через стену, с устройством в ней сальникового уплотнения.

Таблица 6.1

Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки электрических машин (стационарных и передвижных) в зависимости от класса взрывоопасной зоны

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты или степень защиты
В-I	Взрывобезопасное
В-Ia, В-Ir	Повышенной надежности против взрыва
В-Iб	Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты не менее IP44. Искрящие части машины (например, контактные кольца) должны быть заключены в оболочку также со степенью защиты не менее IP44
В-II	Взрывобезопасное
В-IIa	Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты IP54. Искрящие части машины должны быть заключены в оболочку также со степенью защиты IP54

6.2.2. Электрические аппараты и приборы

Во взрывоопасных зонах могут применяться электрические аппараты и приборы при условии, что уровень их взрывозащиты или степень защиты оболочки соответствуют табл. 6.2 или являются более высокими.

Во взрывоопасных зонах любого класса электрические соединители могут применяться при условии, если они удовлетворяют требованиям табл. 6.2 для аппаратов, искрящих при нормальной работе.

Во взрывоопасных зонах классов В-Iб и В-IIa допускается применять соединители в оболочке со степенью защиты IP54 при условии, что разрыв у них происходит внутри закрытых розеток.

Установка соединителей допускается только для включения периодически работающих электроприемников (например, переносных светильников). Число соединителей должно быть ограничено необхо-

димым минимумом, и они должны быть расположены в местах, где образование взрывоопасных смесей наименее вероятно.

Таблица 6.2

Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки электрических аппаратов и приборов в зависимости от класса взрывоопасной зоны

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты или степень защиты
<i>Стационарные установки</i>	
В-I	Взрывобезопасное, особовзрывобезопасное
В-Ia, В-Iг	Повышенной надежности против взрыва – для аппаратов и приборов, искрящих или подверженных нагреву выше 80 °С Без средств взрывозащиты – для аппаратов и приборов, не искрящих и не подверженных нагреву выше 80 °С. Оболочка со степенью защиты не менее IP54
В-Iб	Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты не менее IP44
В-II	Взрывобезопасное, особовзрывобезопасное
В-IIa	Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты не менее IP54
<i>Установки передвижные или являющиеся частью передвижных и ручные переносные</i>	
В-I, В-Ia	Взрывобезопасное, особовзрывобезопасное
В-Iб, В-Iг	Повышенной надежности против взрыва
В-II	Взрывобезопасное, особовзрывобезопасное
В-IIa	Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты не менее IP54

Искробезопасные цепи могут коммутироваться соединителями общего назначения.

Сборки зажимов рекомендуется выносить за пределы взрывоопасной зоны. В случае технической необходимости установки сборок во взрывоопасной зоне они должны удовлетворять требованиям табл. 6.2 для стационарных аппаратов, не искрящих при работе.

Предохранители и выключатели осветительных цепей рекомендуется устанавливать вне взрывоопасных зон.

6.3. Выбор электрических грузоподъемных механизмов и электрических светильников для взрывоопасных зон

6.3.1. Электрические грузоподъемные механизмы

Электрооборудование кранов, талей, лифтов и т.п., находящихся во взрывоопасных зонах любого класса и участвующих в технологическом процессе, должно удовлетворять требованиям табл. 6.1 и 6.2 для передвижных установок.

Электрооборудование кранов, талей, лифтов и т.п., находящихся во взрывоопасных зонах и не связанных непосредственно с технологическим процессом (например, монтажные краны и тали), должно иметь:

а) во взрывоопасных зонах классов В-I и В-II - любой уровень взрывозащиты для соответствующих категорий и групп взрывоопасных смесей;

б) во взрывоопасных зонах классов В-Ia и В-Iб - степень защиты оболочки не менее IP33;

в) во взрывоопасных зонах классов В-IIa и В-IIг - степень защиты оболочки не менее IP44.

Применение указанного электрооборудования допускается только при отсутствии взрывоопасных концентраций во время работы крана.

Токоподводы к кранам, талям и т.п. во взрывоопасных зонах любого класса должны выполняться переносным гибким кабелем с медными жилами, с резиновой изоляцией, в резиновой маслобензиностойкой оболочке, не распространяющей горение.

6.3.2. Электрические светильники

Во взрывоопасных зонах могут применяться электрические светильники при условии, что уровень их взрывозащиты или степень защиты соответствуют табл. 6.3 или являются более высокими.

В помещениях с взрывоопасными зонами любого класса со средой, для которой не имеется светильников необходимого уровня

взрывозащиты, допускается выполнять освещение светильниками общего назначения (без средств взрывозащиты) одним из следующих способов:

а) через неоткрывающиеся окна без фрамуг и форточек, снаружи здания, причем при одинарном остеклении окон светильники должны иметь защитные стекла или стеклянные кожухи;

б) через специально устроенные в стене ниши с двойным остеклением и вентиляцией ниш с естественным побуждением наружным воздухом;

в) через фонари специального типа со светильниками, установленными в потолке с двойным остеклением и вентиляцией фонарей с естественным побуждением наружным воздухом;

г) в коробах, продуваемых под избыточным давлением чистым воздухом. В местах, где возможны поломки стекол, для застекления коробов следует применять небьющееся стекло;

д) с помощью осветительных устройств с щелевыми световодами.

Таблица 6.3

Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты электрических светильников в зависимости от класса взрывоопасной зоны

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты или степень защиты
<i>Стационарные светильники</i>	
В-I	Взрывобезопасное
В-Ia, В-Iг	Повышенной надежности против взрыва
В-Iб	Без средств взрывозащиты. Степень защиты IP53
В-II	Повышенной надежности против взрыва
В-IIa	Без средств взрывозащиты. Степень защиты IP53
<i>Переносные светильники</i>	
В-I, В-Ia	Взрывобезопасное
В-Iб, В-Iг	Повышенной надежности против взрыва
В-II	Взрывобезопасное
В-IIa	Повышенной надежности против взрыва

6.4. Выбор распределительных устройств (РУ), трансформаторных (ТП) и преобразовательных (ПП) подстанций для взрывоопасных зон

РУ до 1 кВ и выше, ТП и ПП с электрооборудованием общего назначения (без средств взрывозащиты) запрещается сооружать непосредственно во взрывоопасных зонах любого класса. Они должны располагаться в отдельных помещениях, удовлетворяющих нижеследующим требованиям, или снаружи, вне взрывоопасных зон.

Одиночные колонки и шкафы управления электродвигателями с аппаратами и приборами в исполнении, предусмотренном табл. 6.2, допускается устанавливать во взрывоопасных зонах любого класса. Количество таких колонок и шкафов рекомендуется по возможности ограничивать.

За пределами взрывоопасных зон одиночные аппараты, одиночные колонки и шкафы управления следует применять без средств взрывозащиты.

Трансформаторы могут устанавливаться как внутри подстанции, так и снаружи здания, в котором расположена подстанция.

РУ, ТП и ПП допускается выполнять примыкающими двумя или тремя стенами к взрывоопасным зонам с легкими горючими газами и ЛВЖ классов В-Ia и В-Iб и к взрывоопасным зонам классов В-II и В-IIa.

Запрещается их примыкание более чем одной стеной к взрывоопасной зоне класса В-I, а также к взрывоопасным зонам с тяжелыми или сжиженными горючими газами классов В-Ia и В-Iб.

РУ, ТП и ПП запрещается размещать непосредственно над и под помещениями со взрывоопасными зонами любого класса.

Окна РУ, ТП и ПП, примыкающих к взрывоопасной зоне, рекомендуется выполнять из стеклоблоков толщиной не менее 10 см.

РУ, ТП и ПП, примыкающие одной и более стенами к взрывоопасной зоне, должны удовлетворять следующим требованиям:

1. РУ, ТП и ПП должны иметь собственную, независимую от помещений с взрывоопасными зонами приточно-вытяжную вентиляционную систему.

2. В РУ, ТП и ПП, примыкающих одной стеной к взрывоопасной зоне класса В-I, а также к взрывоопасным зонам с тяжелыми или сжиженными горючими газами классов В-Iа и В-Iб, должна быть предусмотрена приточная вентиляция с механическим побуждением с пятикратным обменом воздуха в час, обеспечивающая в РУ, ТП и ПП небольшое избыточное давление, исключающее доступ в них взрывоопасных смесей.

3. Стены РУ, ТП и ПП, к которым примыкают взрывоопасные зоны, должны быть выполнены из несгораемого материала и иметь предел огнестойкости не менее 0,75 ч, быть пылегазонепроницаемыми, не иметь дверей, окон и т.д.

Отдельно стоящие РУ, ТП и ПП должны сооружаться с соблюдением минимально допустимых расстояний до помещений со взрывоопасными зонами и до наружных взрывоопасных установок согласно требованиям ПУЭ.

6.5. Выбор электропроводки, токопроводов и кабельных линий для взрывоопасных зон

Во взрывоопасных зонах любого класса применение неизолированных проводников, в том числе токопроводов к кранам, талям и т.п., запрещается.

Во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Iа должны применяться провода и кабели с медными жилами. Во взрывоопасных зонах классов В-Iб, В-Iг, В-II и В-IIа допускается применение проводов и кабелей с алюминиевыми жилами.

Проводники силовых, осветительных и вторичных цепей в сетях до 1 кВ во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Iа, В-II и В-IIа должны быть защищены от перегрузок и КЗ, а их сечения должны выбираться в соответствии с требованием ПУЭ.

Во взрывоопасных зонах классов В-Iб и В-Iг защита проводов и кабелей и выбор сечений должны производиться как для невзрывоопасных установок.

Провода и кабели в сетях выше 1 кВ, прокладываемые во взрывоопасных зонах любого класса, должны быть проверены по нагреву током КЗ.

Во взрывоопасных зонах любого класса могут применяться:

- а) провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией;
- б) кабели с резиновой, поливинилхлоридной и бумажной изоляцией в резиновой, поливинилхлоридной и металлической оболочках.

Применение кабелей с алюминиевой оболочкой во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Ia запрещается.

Применение проводов и кабелей с полиэтиленовой изоляцией или оболочкой запрещается во взрывоопасных зонах всех классов.

Соединительные, ответвительные и проходные коробки для электропроводок должны:

- а) во взрывоопасной зоне класса В-I - иметь уровень «взрывобезопасное электрооборудование» и соответствовать категории и группе взрывоопасной смеси;

- б) во взрывоопасной зоне класса В-II - быть предназначенными для взрывоопасных зон со смесями горючих пылей или волокон с воздухом. Допускается применение коробок с уровнем «взрывобезопасное электрооборудование» с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка», предназначенных для газопаровоздушных смесей любых категорий и групп;

- в) во взрывоопасных зонах классов В-Ia и В-Iг - быть взрывозащищенными для соответствующих категорий и групп взрывоопасных смесей. Для осветительных сетей допускается применение коробок в оболочке со степенью защиты IP65;

- г) во взрывоопасных зонах классов В-Iб и В-IIa - иметь оболочку со степенью защиты IP54.

Провода, кабели вводятся во взрывоопасную зону, в электрические машины и аппараты через трубу с разделительным уплотнением.

7. ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЖАРООПАСНЫХ ЗОН

7.1. Общие требования к выбору электрооборудования для пожароопасных зон

Выбор и установка электрооборудования (машин, аппаратов, устройств) и сетей для пожароопасных зон выполняется на основе классификации горючих материалов (жидкостей, пылей и волокон).

В зданиях, сооружениях и наружных установках, содержащих пожароопасные зоны, необходимо выполнять защиту в соответствии с действующими нормативами от прямых ударов молнии и вторичных её проявлений. Всё установленное в этих зданиях и сооружениях оборудование (металлические сосуды, трубопроводы и т.п.), содержащее горючие жидкости, порошкообразные или волокнистые материалы и т.п., для предотвращения искрения, которое обусловлено статистическим электричеством, заземляется в соответствии с действующими нормативными документами.

В пожароопасных зонах любого класса должны быть предусмотрены меры для снятия статистических зарядов с оборудования.

Заземление электрооборудования в пожароопасных зонах выполняется в соответствии с гл. 1.7 ПУЭ.

7.2. Выбор электрических машин, электрических аппаратов и приборов для пожароопасных зон

7.2.1. Электрические машины

В пожароопасных зонах любого класса могут применяться электрические машины с классами напряжения до 10 кВ при условии, что их оболочки имеют степень защиты не менее указанной в табл. 7.1.

В пожароопасных зонах любого класса могут применяться электрические машины, продуваемые чистым воздухом с вентиляцией по замкнутому или разомкнутому циклу. При вентиляции по замкнутому циклу в системе вентиляции должно быть предусмотрено устройство

для компенсации потерь воздуха и создания избыточного давления в машинах и воздуховодах.

Таблица 7.1

Минимальные допустимые степени защиты оболочек электрических машин в зависимости от класса пожароопасной зоны

Вид установки и условия работы	Степень защиты оболочки для пожароопасной зоны класса			
	П-I	П-II	П-IIa	П-III
Стационарно установленные машины, искрящие или с искрящими частями по условиям работы	IP44	IP54	IP44	IP44
Стационарно установленные машины, не искрящие и без искрящих частей по условиям работы	IP44	IP44	IP44	IP44
Машины с частями, искрящими и не искрящими по условиям работы, установленные на передвижных механизмах и установках (краны, тельферы, электротележки и т. п.)	IP44	IP54	IP44	IP44

Допускается изменять степень защиты оболочки от проникновения воды (2-я цифра обозначения) в зависимости от условий среды, в которой машины устанавливаются.

До освоения электропромышленностью крупных синхронных машин, машин постоянного тока и статических преобразовательных агрегатов в оболочке со степенью защиты IP44 допускается применять в пожароопасных зонах класса П-IIa машины и агрегаты со степенью защиты оболочки не менее IP20.

Воздух для вентиляции электрических машин не должен содержать паров и пыли горючих веществ. Выброс отработавшего воздуха при разомкнутом цикле вентиляции в пожароопасную зону не допускается.

Электрооборудование переносного электрифицированного инструмента в пожароопасных зонах любого класса должно быть со степенью защиты оболочки не менее IP44; допускается степень защи-

ты оболочки IP33 при условии выполнения специальных технологических требований к ремонту оборудования в пожароопасных зонах.

Электрические машины с частями, нормально искрящими по условиям работы (например, электродвигатели с контактными кольцами), должны располагаться на расстоянии не менее 1 м от мест размещения горючих веществ или отделяться от них несгораемым экраном.

Для механизмов, установленных в пожароопасных зонах, допускается применение электродвигателей с меньшей степенью защиты оболочки, чем указано в табл. 7.1 при следующих условиях:

- электродвигатели должны устанавливаться вне пожароопасных зон;
- привод механизма должен осуществляться при помощи вала, пропущенного через стену, с устройством в ней сальникового уплотнения.

7.2.2. Электрические аппараты и приборы

В пожароопасных зонах могут применяться электрические аппараты, приборы, шкафы и сборки зажимов, имеющие степень защиты оболочки не менее, указанной в табл. 7.2.

Таблица 7.2

Минимальные допустимые степени защиты оболочек электрических аппаратов, приборов, шкафов и сборок зажимов в зависимости от класса пожароопасной зоны

Вид установки и условия работы	Степень защиты оболочки для пожароопасной зоны класса			
	П-I	П-II	П-IIa	П-III
Установленные стационарно или на передвижных механизмах и установках (краны, тельферы, электротележки и т.п.), искрящие по условиям работы	IP44	IP54	IP44	IP44
Установленные стационарно или на передвижных механизмах и установках, не искрящие по условиям работы	IP44	IP44	IP44	IP44
Шкафы для размещения аппаратов и приборов	IP44	IP54 IP44	IP44	IP44

Коробки сборок зажимов силовых и вторичных цепей	IP44	IP44	IP44	IP44
--	------	------	------	------

Допускается изменять степень защиты оболочки от проникновения воды (2-я цифра обозначения) в зависимости от условий среды, в которой аппараты и приборы устанавливаются.

Аппараты и приборы, устанавливаемые в шкафах, могут иметь меньшую степень защиты оболочки, чем указано в табл. 7.2 (в том числе исполнение IP00), при условии, что шкафы имеют степень защиты оболочки не ниже указанной в табл. 7.2 для данной пожароопасной зоны.

В пожароопасных зонах любого класса могут применяться аппараты, приборы, шкафы и сборки зажимов, продуваемые чистым воздухом под избыточным давлением.

В пожароопасных зонах любого класса могут применяться аппараты и приборы в маслonaполненном исполнении (за исключением кислородных установок и подъемных механизмов, где применение этих аппаратов и приборов запрещается).

Щитки и выключатели осветительных сетей рекомендуется выносить из пожароопасных зон любого класса, если это не вызывает существенного удорожания и расхода цветных металлов.

Если в пожароопасных зонах любого класса по условиям производства необходимы электронагревательные приборы, то нагреваемые рабочие части их должны быть защищены от соприкосновения с горючими веществами, а сами приборы установлены на поверхности из негорючего материала. Для защиты от теплового излучения электронагревательных приборов необходимо устанавливать экраны из негорючих материалов.

7.3. Выбор электрических грузоподъемных механизмов и электрических светильников для пожароопасных зон

7.3.1. Электрические грузоподъемные механизмы

Степень защиты оболочки электрооборудования, применяемого для

кранов, талей и аналогичных им механизмов, должна соответствовать минимальным допустимым степеням защиты, приведенным в табл. 7.1-7.3.

Токоподвод подъемных механизмов (кранов, талей и т.п.) в пожароопасных зонах классов П-I и П-II должен выполняться переносным гибким кабелем с медными жилами, с резиновой изоляцией, в оболочке, стойкой к окружающей среде. В пожароопасных зонах классов П-IIa и П-III допускается применение троллеев и троллейных шинопроводов, но они не должны быть расположены над местами размещения горючих веществ.

7.3.2. Электрические светильники

В пожароопасных зонах должны применяться светильники, имеющие степень защиты не менее указанной в табл. 7.3.

Таблица 7.3

Минимальные допустимые степени защиты светильников в зависимости от класса пожароопасной зоны

Источники света, устанавливаемые в светильниках	Степень защиты светильников для пожароопасной зоны класса			
	П-I	П-II	П-IIa, а также П-II при наличии местных нижних отсосов и общеобменной вентиляции	П-III
Лампы накаливания	IP53	IP53	2'3	2'3
Лампы ДРЛ	IP53	IP53	IP23	IP23
Люминесцентные лампы	5'3	5'3	IP23	IP23

Конструкция светильников с лампами ДРЛ должна исключать выпадание из них ламп. Светильники с лампами накаливания должны иметь сплошное силикатное стекло, защищающее лампу. Они не должны иметь отражателей и рассеивателей из сгораемых материа-

лов. В пожароопасных зонах любого класса складских помещений светильники с люминесцентными лампами не должны иметь отражателей и рассеивателей из горючих материалов.

Электропроводка внутри светильников с лампами накаливания и ДРЛ до места присоединения внешних проводников должна выполняться термостойкими проводами.

Переносные светильники в пожароопасных зонах любого класса должны иметь степень защиты не менее IP54 стеклянный колпак светильника должен быть, защищен металлической сеткой.

7.4. Выбор распределительных устройств (РУ), трансформаторных (ТП, КТП) и преобразовательных (ПП) подстанций для пожароопасных зон

Установка РУ до 1 кВ и выше в пожароопасных зонах любого класса не рекомендуется. При необходимости установки РУ в пожароопасных зонах степень защиты его элементов (шкафов и т.п.) должна соответствовать табл. 7.2.

В пожароопасных зонах любого класса, за исключением пожароопасных зон в складских помещениях, участках, огражденных сетками, открытая установка КТП, КПП с трансформаторами сухими или с негорючим заполнением. При этом степень защиты оболочки шкафов КТП, КПП должна быть не менее IP41. Расстояние от КТП, КПП до ограждения принимается в соответствии с требованиями ГМЭ.

Подстанции с маслонаполненными трансформаторами могут быть встроенными или пристроенными при выполнении следующих условий:

1. Двери и вентиляционные отверстия камер трансформаторов с масляным заполнением не должны выходить в пожароопасные зоны.

2. Отверстия в стенах и полу в местах прохода кабелей и труб электропроводки должны быть плотно заделаны несгораемыми материалами.

3. Выход из подстанции с маслонаполненными трансформаторами,

установленными в камерах, в пожароопасную зону может быть выполнен только из помещения РУ до 1кВ. При этом дверь должна быть самозакрывающейся и иметь предел огнестойкости не менее 0,6ч.

7.5. Выбор электропроводки, токопроводов, воздушных и кабельных линий для пожароопасных зон

В пожароопасных зонах любого класса кабели и провода должны иметь покров и оболочку из материалов, не распространяющих горение. Применение кабелей с горючей полиэтиленовой изоляцией не допускается.

В пожароопасных зонах любого класса применение неизолированных проводов запрещается.

В пожароопасных зонах любого класса разрешаются все виды прокладок кабелей и проводов. Расстояние от кабелей и изолированных проводов, прокладываемых открыто непосредственно по конструкциям, на изоляторах, лотках, тросах и т.п. до мест открыто хранимых (размещаемых) горючих веществ, должно быть не менее 1 м.

Прокладка незащищенных изолированных проводов с алюминиевыми жилами в пожароопасных зонах любого класса должна производиться в трубах и коробах.

Для передвижных электроприемников должны применяться переносные гибкие кабели с медными жилами, с резиновой изоляцией, в оболочке, стойкой к окружающей среде.

Соединительные и ответвительные коробки, применяемые в электропроводках в пожароопасных зонах любого класса, должны иметь степень защиты оболочки не менее IP43. Они должны изготавливаться из стали или другого прочного материала, а их размеры должны обеспечивать удобство монтажа и надежность соединения проводов.

Части коробок, выполненные из металла, должны иметь внутри изолирующую выкладку или надежную окраску. Пластмассовые части, кроме применяемых в групповой сети освещения, должны быть изготовлены из трудногорючей пластмассы.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Основы процесса горения и показатели пожаро- и взрывоопасности горючих веществ.
2. Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности.
3. Категории зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.
4. Категории наружных установок по пожарной опасности.
5. Особенности взрывоопасной среды.
6. Особенности пожароопасной среды.
7. Причины образования взрыво- и пожароопасной среды на нефтехимических производствах.
8. Тепловые импульсы воспламенения и меры их устранения.
9. Статическое электричество и защита от него.
10. Первичные и вторичные проявления молнии и защита от них.
11. Пирофорное железо и способы борьбы с ним.
12. Взрывоопасные смеси. Категории и группы взрывоопасных смесей.
13. Классификация взрывоопасных зон.
14. Классификация пожароопасных зон.
15. Степени защиты электрооборудования от попадания твердых тел и пыли.
16. Степени защиты электрооборудования от попадания воды.
17. Уровни взрывозащиты электрооборудования. Виды взрывозащиты. Группы и температурные классы взрывозащищенного электрооборудования. Маркировка взрывозащищенного электрооборудования.
18. Общие требования к выбору электрооборудования для взрывоопасных зон.
19. Выбор электрических машин, электрических аппаратов и приборов для взрывоопасных зон.
20. Выбор электрических грузоподъемных механизмов и электрических светильников для взрывоопасных зон.
21. Выбор распределительных устройств, трансформаторных и преобразовательных подстанций для взрывоопасных зон.
22. Выбор электропроводки, токопроводов и кабельных линий для взрывоопасных зон.
23. Общие требования к выбору электрооборудования для пожароопасных зон.
24. Выбор электрических машин, электрических аппаратов и приборов для пожароопасных зон.
25. Выбор электрических грузоподъемных механизмов и электрических светильников для пожароопасных зон.

26. Выбор распределительных устройств, трансформаторных и преобразовательных подстанций для пожароопасных зон.

27. выбор электропроводки, токопроводов и кабельных линий для пожароопасных зон.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила устройства электроустановок. 7 изд.- М.: КНОРУС, 2007. - 488 с.
2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей.- М.: Изд. НЦ ЭНАС. 2003-304с.
3. НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. - С.-Пб.: ООО «Полиграфия», 2003. - 50 с.
4. Макаров и др. Охрана труда в химической промышленности. Учебник для ВУЗов. - М.: Химия, 2003. - 496 с.
5. Пякман И.Я. Электрическое освещение взрывоопасных и пожароопасных зон. -М.: Энергоиздат, 1985 - 104 с.
6. Шевченко Н.Ф., Арнополин А.Г. Взрывозащищенные электрические машины. - М.: «Недра» 1991, стр.208.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Распределение взрывоопасных смесей по категориям и группам

Категория и группа взрывоопасных смесей	Вещества, образующие с воздухом взрывоопасную смесь
I-T1	Метан (рудничный)*
IIA-T1	<p>Аммиак, аллил хлористый, ацетон, ацетонитрил. Бензол, бензотрифторид. Винил хлористый, винилиден хлористый. 1-, 2-дихлорпропан, дихлорэтан, диэтиламин, диизопропиловый эфир, доменный газ. Изобутилен, изобутан, изопропилбензол. Кислота уксусная, ксилол. Метан (промышленный)**: метилацетат, α-метилстирол, метил хлористый, метилизоционат, метилхлорформиат, метилциклопропилкетон, метилэтилкетон. Окись углеорода. Пропан, пиридин. Растворители: Р-4, РС-1, разбавитель РЭ-1. Сольвент нефтяной, стирол, спирт диацетоновый.</p>
	<p>Толуол, трифторхлорпропан, трифторпропен, трифторэтан, трифторхлорэтилен, триэтиламин. Хлорбензол. Циклопентадиен. Этан, этил хлористый</p>
IIA-T2	<p>Алкилбензол, амилацетат, ангидрид уксусный, ацетилацетон, ацетил хлористый, ацетопропилхлорид. Бензин Б95/130, бутан, бутилацетат, бутилпропионат. Винацетат, винилиден фтористый. Диатол, диизопропиламин, иметиламин, диметилформаид. Изопентан, изопрен, изопропиламин, изооктан. Кислота пропионовая. Метиламин, метилизобутилкетон, метилметакрилат, метилмеркаптан, метилтрихлорсилан, 2 - метилтиофен, метилфуран, моноизобутиламин, метилхлорметилдихлорсилан.</p>
<p>* Под рудничным метаном следует понимать рудничный газ, в котором кроме метана, содержание газообразных углеводородов - гомологов метана C_2-C_5 - не более 0,1 объемных долей, а водорода в пробах газов из шпуров сразу после бурения - не более 0,002 объемной доли от общего объема горючих газов.</p>	
<p>** В промышленном метане содержание водорода может составлять до 0,15 объемных долей.</p>	

Категория и группа взрывоопасных смесей	Вещества, образующие с воздухом взрывоопасную смесь
ПА-Т2	<p>Окись мезитила. Пентадиен-1, 3, пропиламин, пропилен. Растворители: № 646, № 647, № 648, № 649, РС-2, БЭФ, АЭ; разбавители: РДВ.РКБ-1, РКБ-2. Спирты: бутиловый нормальный, бутиловый третичный, изоамиловый, изобутиловый, изопропиловый, метиловый, этиловый. Трифторпропилметилдихлорсилан, трифторэтилен, трихлорэтилен. Хлористый изобутил. Этиламин, этилацетат, этилбутират, этилендиамин, этиленхлоргидрин, этилизобутират, этилбензол. Циклогексанол, циклогексанон</p>
ПА-Т3	<p>Бензины: А-66. А-72, А-76. «Галоша». Б-70. экстракционный по ГОСТ 462—61, экстракционный по МРТУ 12Н-20-63. Бутилметакрилат. Гексан, гептан. Дизельное топливо ДЗ. диизобутиламин, дипропиламин. Изовалериановый альдегид, изооктилен. Камфен, керосин. Морфолйн. Нефть. Петролейный эфир, полиэфир ТГМ-3, пентан. Растворитель № 651. Скипидар, спирт амиловый. Триметиламин, топливо: Т-1, ТС-1. Уайт-спирит. Циклогексан, циклогексиламин. Этилдихлортиофосфат, этилмеркаптан</p>
ПА-Т4	<p>Ацетальдегид, альдегид изомасляный, альдегид масляный. альдегид пропионовый. Декан. Тетраметилдиаминометан, 1-, 1, 3-триэтоксипутан</p>
ПА-Т5	-
ПА-Т6	-

Категория и группа взрывоопасных смесей	Вещества, образующие с воздухом взрывоопасную смесь
ПВ-Т1	Коксовый газ. Синильная кислота
ПВ-Т2	Дивинил, 4,4-диметилдиоксан, диметилдихлорсилан, диоксан, диэтилдихлорсилан. Камфорное масло, кислота акриловая. Метилларилат, метилвинилхлорсилан. Нитрил акриловой кислоты, нитроциклогексан. Окись пропилена, окись-2 - метилбутена-2, окись этилена. Растворители: АМР-3, АКР. Триметилхлорсилан. Формальдегид, фуран, фурфурол. Эпихлоргидрин, этилтрихлорсилан, этилен
ПВ-Т3	Акролеин. Винилтрихлорсилан. Сероводород. Тетрагидрофуран, тетраэтоксисилан, триэтоксисилан. Топливо дизельное (зимнее). Формальгликоль. Этилдихлорсилан, этилцеллозольв
ПВ-Т4	Дибутиловый эфир, диэтиловый эфир, диэтиловый эфир этиленгликоля
ПВ-Т5	-
ПВ-Т6	-
ПС-Т1	Водород, водяной газ. Светильный газ. Водород 75%+азот 25%
ПС-Т2	Ацетилен. Метилдихлорсилан
ПС-Т3	Трихлорсилан
ПС-Т4	-
ПС-Т5	Сероуглерод
ПС-Т6	-

Приложение 2

Соответствие классов взрывоопасной зоны категориям помещений по взрывопожароопасности приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Соответствие класса взрывоопасной зоны категории помещений по взрывопожароопасности

Класс взрывоопасной зоны	Вещества	Условия выделения веществ	Место выделения веществ	Соответствует категории помещения по НПБ105-95
В-I	ГГ; ЛВЖ $t_{всп} \leq 61^{\circ}\text{C}$	При нормальной работе	В помещениях	А или Б.
В-Ia		При авариях или неисправностях		
В-Iб		То же, но небольшие количества, резкий запах, НКПВ $\geq 15\%$ и др. дополнительные признаки, снижающие опасность		
В-Iг		нет	Вне помещений (наружные установки)	А _н , Б _н
В-II	ГП (волокна) НКПВ $< 65\text{г/м}^3$	При нормальной работе	В помещениях	Б
В-IIa		При авариях или неисправностях		

Таблица 2

Соответствие класса пожароопасной зоны категории помещений по взрывопожароопасности

Класс пожароопасной зоны	Вещества	Место выделения веществ	Соответствует категории помещения по НПБ 105-95
П-I	ГЖ, $t_{всп} > 61^{\circ}\text{C}$	В помещениях при нормальном технологическом процессе и при его нарушении	В
П-I	ГП (волокна) НКПВ $> 65\text{ г/м}^3$		
П-IIa	ТВ (горючие)		
П-III	ГВЖ, $t_{всп} > 61^{\circ}\text{C}$ ТВ (горючие)	Вне помещений при нормальном технологическом процессе и при его нарушении	В _н

Приложение 3

Сравнение маркировок взрывозащищенного электрооборудования по ГОСТ 12.2.020 и международному стандарту АTEX

Наименование	Маркировка взрывозащищенного электрооборудования	
	по ГОСТ 12.2.020	по международному стандарту АTEX
1. Уровень взрывозащиты	2 1 0	I – шахтное II – другое
2. Знак международного стандарта	Ex	EEx
3. Виды исполнения взрывозащиты	d, p, i, o, q, s, e	d, p, i, o, q, s, e
4. Категории и группы взрывоопасной сети	I, IIА, IIВ, IIС, T1 ÷ T6	I, IIА, IIВ, IIС, T1 ÷ T6
5. Частота возникновения взрывоопасной сети	нет	0 – часто 1 – время от времени 2 – редко
6. Характеристика взрывоопасной сети	нет	G – газы D – пыли, волокна

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	3
Введение.....	3
1.Процесс горения. категории помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности	5
1.1. Основы процесса горения и показатели пожаро- и взрывоопасности горючих веществ.....	5
1.2. Категории помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.....	9
1.2.1. Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности ..	10
1.2.2. Категории зданий по взрывопожарной и пожарной опасности	11
1.2.3. Категории наружных установок по пожарной опасности	13
2. Взрывоопасные и пожароопасные среды	15
2.1. Особенности взрывоопасной и пожароопасной среды.....	15
2.1. Причины образования взрыво- и пожароопасной среды на нефтехимических производствах	17
3. Источники (импульсы) воспламенения и меры их устранения	22
3.1. Тепловые импульсы воспламенения и меры их устранения.....	23
3.2. Статическое электричество и защита от него.....	27
3.3. Первичные и вторичные проявления молнии и защита от них	29
3.4. Пирофорное железо и способы борьбы с ним	31
4. Взрывоопасные смеси. Взрывоопасные и пожароопасные зоны.....	32
4.1. Взрывоопасные смеси. Категории и группы взрывоопасных смесей.....	32
4.2. Классификация взрыво- и пожароопасных зон	34
4.2.1. Классификация взрывоопасных зон	34
4.2.2. Классификация пожароопасных зон	41
4.3. Особенности определения степени взрывоопасности зон с выделением горючих пылей	42
4.4. Оценка взрыво- и пожароопасности некоторых характерных зон.....	43
5. Защита электрооборудования от воздействия внешней среды	46
5.1. Степень защиты электрооборудования от попадания твердых тел, пыли и воды	46
5.2. Взрывозащита электрооборудования	52
6. Выбор электрооборудования для взрывоопасных зон	60
6.1. Общие требования к выбору электрооборудования для взрывоопасных зон	60

6.2. Выбор электрических машин, электрических аппаратов и приборов для взрывоопасных зон	62
6.2.1. Электрические машины.....	62
6.2.2. Электрические аппараты и приборы	63
6.3. Выбор электрических грузоподъемных механизмов и электрических светильников для взрывоопасных зон.....	65
6.3.1. Электрические грузоподъемные механизмы.....	65
6.3.2. Электрические светильники.....	65
6.4. Выбор распределительных устройств (РУ), трансформаторных (ТП) и преобразовательных (ПП) подстанций для взрывоопасных зон	67
6.5. Выбор электропроводки, токопроводов и кабельных линий для взрывоопасных зон	68
7. Выбор электрооборудования для пожароопасных зон	70
7.1. Общие требования к выбору электрооборудования для пожароопасных зон.....	70
7.2. Выбор электрических машин, электрических аппаратов и приборов для пожароопасных зон.....	70
7.2.1. Электрические машины.....	70
7.2.2. Электрические аппараты и приборы	72
7.3. Выбор электрических грузоподъемных механизмов и электрических светильников для пожароопасных зон	73
7.3.1. Электрические грузоподъемные механизмы.....	73
7.3.2. Электрические светильники.....	74
7.4. Выбор распределительных устройств (РУ), трансформаторных (ТП, КТП) и преобразовательных (ПП) подстанций для пожароопасных зон.....	75
7.5. Выбор электропроводки, токопроводов, воздушных и кабельных линий для пожароопасных зон.....	76
Вопросы для самопроверки.....	77
Библиографический список.....	79
Приложения	80
Приложение 1	80
Приложение 2.....	83
Приложение 3	84

Учебное издание

МОССОУЛИНА Лидия Александровна

Применение электрооборудования во взрыво- и пожароопасных производствах

Редактор
Технический редактор

Подп. в печать
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Усл. п. л. 5,4.
Уч.-изд. л. 5,1. Тираж 100 экз. №

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Самарский государственный технический университет»
443100 г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244. Главный корпус.

Отпечатано в типографии
Самарского государственного технического университета
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244. Корпус № 8