

## Тема 4 Пожарная безопасность оборудования для пожароопасных и взрывоопасных зон.

### Классификация пожароопасных зон

Нормативное определение классов пожароопасных и взрывоопасных зон производится согласно Правил устройства электроустановок [5] (п.7.4.3-7.4.6 - пожароопасные зоны, п.7.3.40—7.3.46 - взрывоопасные зоны).

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.

*Зоны класса П-I* — зоны, расположенные в помещениях в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 °С

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

*Зоны класса П-III* — зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества.

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

Наиболее опасными являются зоны классов *П-I* и *П-II*.

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

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-II, относятся также к пожароопасным зонам класса П-II. 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-II и

пожароопасные зоны любого класса местных отсосов, электродвигатели выбираются как для пожароопасной зоны класса П-III.

## **Классификация взрывоопасных зон**

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

Взрывоопасные зоны делятся на 6 классов.

Для горючих газов и паров ЛВЖ предусмотрены 4 класса: *B-I*, *B-Ia*, *B-Iб*, *B-Iг*.

Для взрывоопасных пылей предусмотрены 2 класса: *B-II* и *B-IIa*.

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.

*Зоны класса B-I* - 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, хранения или переливании ЛВЖ, находящихся в открытых емкостях, и т. п.

*Зоны класса B-Ia* - 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 B-Iб* — 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 концентрационным 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 статерных аккумуляторных батарей).

Пункт 2 не распространяется на электромашинные помещения с турбогенераторами с водородным охлаждением при условии обеспечения электромашинного помещения вытяжной вентиляцией с естественным побуждением; эти электромашинные помещения имеют нормальную среду. 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), 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 взрывоопасными 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-Іг 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, от расположенных на ограждающих конструкциях зданий устройств для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции помещений с взрывоопасными зонами любого класса;

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

*Зоны класса В-IIa* - зоны, расположенные в помещениях, в которых опасные состояния, указанные для зон класса В-II не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

Наиболее опасными являются зоны классов В-I и В-II. 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.

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.

## **Выбор оборудования для пожароопасных и взрывоопасных зон.**

### **Выбор оборудования для пожароопасных зон**

#### ***Электрические машины***

В пожароопасных зонах любого класса могут применяться электрические машины с классами напряжения до 1000В при условии, что их оболочки имеют степень защиты по ГОСТ 17494-87(МЭК 34-5-81)(СТ СЭВ 247-85).[10].

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.

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-Па 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.

До освоения электропромышленностью машин со степенью защиты оболочки IP54 могут применяться машины со степенью защиты оболочки IP44. Электрооборудование переносного электрифицированного инструмента в пожароопасных зонах любого класса должно быть со степенью защиты оболочки не менее IP44; допускается степень защиты 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 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.

#### ***Электрические аппараты и приборы***

В пожароопасных зонах могут применяться электрические аппараты, приборы, шкафы и сборки зажимов, имеющие степень защиты оболочки в соответствии с ГОСТ 14255-69(МЭК 144-63) «Аппараты электрические на напряжение до 1000В. Оболочки. Степени защиты»[11]

Аппараты и приборы, устанавливаемые в шкафах, могут иметь меньшую степень защиты оболочки. 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. Электроустановки запираемых складских помещений, в которых есть пожароопасные зоны любого класса, должны иметь аппараты для отключения извне силовых и осветительных сетей независимо от наличия отключающих аппаратов внутри помещений. Отключающие аппараты должны быть установлены в ящике из негорючего материала с приспособлением для пломбирования на ограждающей конструкции из негорючего материала, а при ее отсутствии - на отдельной опоре. Отключающие аппараты должны быть доступны для обслуживания в любое время суток. 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.

В пожароопасных зонах любого класса складских помещений а также в зданиях архивов, музеев, галерей, библиотек (кроме специально предназначенных помещений, например буфетов) применение электронагревательных приборов запрещается[5].

### ***Распределительные устройства, трансформаторные и преобразовательные подстанции***

Установка распределительных устройств (РУ) до 1000В и выше в пожароопасных зонах любого класса не рекомендуется.

В пожароопасных зонах любого класса, за исключением пожароопасных зон в складских помещениях, а также зданий и помещений архивов, музеев, картинных галерей, библиотек, допускается на участках, огражденных сетками, открытая установка КТП, КПП с трансформаторами

сухими или с негорючим заполнением, а также комплектных конденсаторных установок (ККУ) с негорючим заполнением конденсаторов.

При этом степень защиты оболочки шкафов КТП, КПП и ККУ должна быть не менее IP41. В пожароопасных зонах любого класса, за исключением пожароопасных зон в складских помещениях, а также помещений архивов, музеев, картинных галерей, библиотек, могут размещаться встроенные или пристроенные КТП и КПП с маслонаполненными трансформаторами и подстанции с маслонаполненными трансформаторами в закрытых камерах.

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 негорючими материалами.

3. Выход из подстанции с маслонаполненными трансформаторами, установленными в камерах, в пожароопасную зону может быть выполнен только из помещения РУ до 1 кВ. При этом дверь должна быть самозакрывающейся и иметь предел огнестойкости не менее 0,6 ч. 58

4. Выход из помещений КТП и КПП в пожароопасную зону а также транспортировка трансформаторов КТП и КПП через пожароопасную зону допускаются.

При этом дверь предусматривается как указано в п. 3, а ворота- с пределом огнестойкости не менее 0,6 ч. Примечание. РУ, ТП, ПП считаются встроенными, если имеют две или три стены (перегородки), общие со смежными помещениями с пожароопасными зонами, и пристроенными, если имеют только одну стену (перегородку), общую с указанными помещениями. Электрооборудование с масляным заполнением (трансформаторы, батареи конденсаторов, выключатели и т. п.) может устанавливаться на расстоянии не менее 0,8 м от наружной стены здания с пожароопасными зонами при условии, что расстояние по горизонтали и вертикали от проемов в стене здания до установленного электрооборудования будет не менее 4 м.

### ***Кабели и провода***

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. Через пожароопасные зоны любого класса, а также на расстояниях менее 1 м по горизонтали и вертикали от пожароопасной зоны запрещается прокладывать не относящиеся к данному технологическому

процессу (производству) транзитные электропроводки и кабельные линии всех напряжений.

***В пожароопасных зонах любого класса применение незащищенных 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 [5].

Прокладка незащищенных изолированных проводов с алюминиевыми жилами в пожароопасных зонах любого класса должна производиться в трубах и коробах. По эстакадам с трубопроводами с горючими газами и жидкостями, проходящим по территории с пожароопасной зоной класса П-III, допускается прокладка изолированных проводов в стальных трубах, небронированных кабелей в стальных трубах и коробах, бронированных кабелей открыто. При этом стальные трубы электропроводки, стальные трубы и короба с небронированными кабелями и бронированные кабели следует прокладывать на расстоянии не менее 0,5 м от трубопроводов, по возможности со стороны трубопроводов с негорючими веществами. 60

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.

В пожароопасных зонах классов П-I, П-II и П-IIa допускается применение шинопроводов до 1 кВ с медными и алюминиевыми шинами со степенью защиты IP20 и выше, при этом в пожароопасных зонах П-I и П-II все шины, в том числе и шины ответвления, должны быть изолированными. В шинопроводах со степенью защиты IP54 и выше шины допускается не изолировать. Неразборные контактные соединения шин должны быть выполнены сваркой, а разборные соединения - с применением приспособлений для предотвращения самоотвинчивания.

Температура всех элементов шинопроводов, включая ответвительные коробки, устанавливаемые в пожароопасных зонах класса П-I, не должна превышать 60°C.

Ответвительные коробки с коммутационными и защитными аппаратами, а также разъемные контактные соединения допускается



применять в пожароопасных зонах всех классов. При этом ответственные коробки, установленные на шинопроводах, включая места ввода 61 кабелей (проводов) и места соприкосновения с шинопроводами, должны иметь степень защиты IP44 и выше для пожароопасных зон классов П-I и П-IIa, IP54 и выше для зон класса П-II[5].

### **Выбор оборудования для взрывоопасных зон**

Взрывозащищенное электрооборудование, используемое в наружных установках, должно быть пригодно также и для работы на открытом воздухе или иметь устройство для защиты от атмосферных воздействий (дождя, снега, солнечного излучения и т. п.)[12].

Взрывозащищенное электрооборудование, выполненное для работы во взрывоопасной смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом, сохраняет свои свойства, если находится в среде с взрывоопасной смесью тех категорий и группы, для которых выполнена его взрывозащита, или находится в среде с взрывоопасной смесью, отнесенной к менее опасным категориям и группам.

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. При этом температура поверхности электрооборудования, на которую могут осесть горючие пыли или волокна, должна быть не менее чем на 50°C ниже температуры тления пыли для тлеющих пылей или не более двух третей температуры самовоспламенения для нетлеющих пылей.

Выбор электрооборудования для работы во взрывоопасных зонах должен производиться по [5]. При необходимости допускается обоснованная замена электрооборудования, указанного в таблицах, электрооборудованием с более высоким уровнем взрывозащиты и более высокой степенью защиты оболочки. Например, вместо 63 электрооборудования уровня "повышенная надежность против взрыва" может быть установлено электрооборудование уровня "взрывобезопасное" или "особовзрывобезопасное". В зонах, взрывоопасность которых определяется горючими жидкостями, имеющими температуру вспышки выше 61°C может применяться любое взрывозащитное электрооборудование для любых категорий и группы с температурой

нагрева поверхности, не превышающей температуру самовоспламенения данного вещества.

### ***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 таблице 4.1 или являются более высокими.

Таблица 4.1

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-Iг	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 (например, контактные кольца) должны быть заключены в оболочку также со степенью защиты IP54 .

Если отдельные части машины имеют различные уровни взрывозащиты или степени защиты оболочек, то все они должны быть не ниже указанных в таблице 4.1.

### ***Электрические аппараты и приборы***

Во взрывоопасных зонах могут применяться электрические аппараты и приборы при условии, что уровень их взрывозащиты или степень защиты оболочки в *стационарных установках* соответствуют[5]:

- по классу взрывоопасной зоны - В-I; по уровню взрывозащиты или степень защиты - взрывобезопасное, особовзрывобезопасное;

- по классу взрывоопасной зоны - В-Ia, В-Iг; по уровню взрывозащиты или степень защиты -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°C. Оболочка со степенью защиты не менее IP54\*;

- по классу взрывоопасной зоны - В-Iб; уровню взрывозащиты или степени защиты - Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты не менее IP44;

- по классу взрывоопасной зоны - В-II; уровню взрывозащиты или степени защиты Взрывобезопасное, особовзрывобезопасное;

- по классу взрывоопасной зоны -В-IIа; уровню взрывозащиты или степени защиты Без средств взрывозащиты . Оболочка со степенью защиты не менее IP54

*В установках передвижных или являющиеся частью передвижных и ручные переносные:*

- по классу взрывоопасной зоны - В-I, В-Iа; по уровню взрывозащиты или степени защиты - взрывобезопасное, особовзрывобезопасное;

- по классу взрывоопасной зоны - В-Iб, В-Iг; по уровню взрывозащиты или степени защиты - повышенной надежности против взрыва

- по классу взрывоопасной зоны -В-II; по уровню взрывозащиты или степени защиты - взрывобезопасное особовзрывобезопасное;

- по классу взрывоопасной зоны -В-IIа; по уровню взрывозащиты или степени защиты - Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты не менее IP54\*;

\* Степень защиты оболочки аппаратов и приборов от проникновения воды (2-я цифра обозначения) допускается изменять в зависимости от условий среды, и которой они устанавливаются.

Во взрывоопасных зонах классов В-Iб и В-IIа 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 необходимым минимумом, и они должны быть расположены в местах, где образование взрывоопасных смесей наименее вероятно

### ***Электропроводка и кабельные линии***

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-Ia, В-II и В-IIa должны быть защищены от перегрузок и КЗ, а их сечения должны выбираться в соответствии с гл. 3.1 [5], но быть не менее сечения, принятого по расчетному току. 66 Во взрывоопасных зонах классов В-Iб и В-Iг защита проводов и кабелей и выбор сечений должны производиться как для невзрывоопасных установок.

Проводники ответвлений к электродвигателям с короткозамкнутым ротором до 1 кВ должны быть во всех случаях (кроме находящихся во взрывоопасных зонах классов В-Iб и В-Iг) защищены от перегрузок, а сечения их должны допускать длительную нагрузку не менее 125% номинального тока электродвигателя. 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 взрывозащитными 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. До освоения промышленностью коробок со степенью защиты оболочки IP54 могут применяться коробки со степенью защиты оболочки IP44. 67 Кабели, прокладываемые во взрывоопасных зонах любого класса открыто (на конструкциях, стенах, в каналах, туннелях и т. п.), не должны иметь наружных покровов и покрытий из горючих материалов (джут, битум, хлопчатобумажная оплетка и т. п.).

**Воспламеняющая способность искр статического электричества.**

Воспламеняющая способность кабеля зависит не только от напряжения, длины кабеля и его марки, но и от схемы соединения его жил и экрана с источником питания. Воспламеняющая способность искры, находящейся в покое, выше летящей, так как неподвижная искра

медленнее охлаждается, она отдает тепло одному и тому же объему горючей среды и, следовательно, может его нагреть до более высокой температуры. также изучается воспламеняющая способность искр статического электричества.

В этом направлении ведутся пока работы по конструированию и изготовлению аппаратуры, которая позволит проводить эксперименты с учетом специфики разрядов статического электричества. Увеличение воспламеняющей способности электростатических разрядов с заряженной диэлектрической поверхности на заземленный металлический электрод с увеличением радиуса кривизны электрода объясняется тем, что коронный разряд переходит в кистевой или искровой.

На воспламеняющую способность смеси от электрического разряда влияют многие факторы, большинство из которых мало изучено. Основные из них: *величина размыкаемого тока, индуктивность или емкость цепи и напряжение источника тока.*

Основной характеристикой воспламеняющей способности таких импульсов зажигания, как искры, является величина энергии, передаваемая горючей смеси.

Для оценки воспламеняющей способности электрического разряда введено понятие минимальная энергия зажигания - это суммарная энергия, рассеиваемая самой слабой искрой, которая еще вызывает воспламенение смеси

Определение полной энергии, выделенной в разряде, представляет значительную трудность, так как заряженные диэлектрики имеют неэквипотенциальную поверхность. Кроме того, поверхность заряженного диэлектрика, которая отдает заряд, не имеет точных размеров.

Для определения полного заряда, переносимого в единичном разряде с заряженного диэлектрика, можно использовать метод осциллографирования. В некоторых случаях для приближенной оценки энергии разрядов статического электричества с диэлектрических поверхностей применяют методы непосредственного контроля искровых разрядов статического электричества (на слух, по физиологическому воздействию, визуально и фотографированием и др.), аналитические методы, а также экспериментальное воспламенение горючих смесей электростатическими разрядами.

следует отметить, что экспериментальное исследование воспламеняющей способности электростатических разрядов является наиболее объективным методом оценки их энергии. Реальная воспламеняющая способность электрической искры зависит *от концентрации, температуры и давления взрывоопасной смеси.* Условием воспламенения (взрыва) такой смеси от искры статического электричества является следующее:  $W_i \geq W_{\min}$ , где  $W_i$  – энергия разряда статического электричества с заряженного материала (зависит от свойств материала,

конструкции аппарата, технологического процесса и др.);  $W_{\text{мин}}$  – минимальная энергия зажигания горючей смеси, образование которой возможно в данном технологическом процессе (зависит только от свойств горючей смеси и является характеристикой чувствительности ее к воспламенению), определяется экспериментально. Обычно минимальная энергия, необходимая для воспламенения пылевоздушных взрывоопасных смесей, выше энергии, воспламеняющей паровоздушные взрывоопасные смеси.

Например, для многих паро- и газовоздушных взрывоопасных смесей  $W_{\text{мин}}$  составляет 0,009...2 мДж, а для пылевоздушных – 2...250 мДж. Примеры минимальных энергий приводятся в правилах [9].

Разряды статического электричества не в состоянии воспламенить смеси с минимальной энергией воспламенения 100 мДж и выше. Средняя напряженность электрического поля, при которой возможен разряд, составляет  $4 \cdot 10^2$ ... $5 \cdot 10^2$  кВ/м для резко неоднородного,  $1,5 \cdot 10^2$ ... $20 \cdot 10^2$  кВ/м для слабонеоднородного и до  $30 \cdot 10^2$  кВ/м для однородного электрического поля. При разности потенциалов 3 кВ искровой разряд может воспламенить почти все горючие газы, а при 5 кВ также большую часть горючих пылей.

Степень электризации предмета (машины, аппарата и т.п.) или вещества является безопасной, если измеренная поверхностная плотность заряда  $\sigma$ , напряженность поля  $E$  или потенциал  $V$  на любом участке этой поверхности не превосходит допустимых значений в этой среде. При этом допустимыми считаются такие значения  $\sigma$ ,  $E$  и  $V$ , при которых максимально возможная энергия разряда с поверхности данного предмета или вещества не превосходит 1/4 минимальной энергии воспламенения окружающей среды (например, смеси горючих паров жидкости с воздухом). Таким образом, статическое электричество может вызвать воспламенение взрывоопасной смеси при совокупности следующих условий: наличии источника статических электрических разрядов; накоплении значительных зарядов на контактирующих поверхностях; достаточной разности потенциалов для электрического пробоя среды; наличии достаточной запасенной электрической энергии; возможности возникновения электрических разрядов. Отсутствие любого из условий исключает пожаровзрывоопасные последствия статического электричества. Условие безопасности от статического электричества может быть выражено неравенством  $W_{\text{и}} \leq 0,4W_{\text{мин}}$ . (11.6)

В пожаро- и взрывоопасных производствах реальную опасность представляет «контактная» электризация людей, работающих с движущимися диэлектрическими материалами (при прорезинивании тканей, покрытии резиной кордов на каландрах, обработке синтетических тканей и нитей, полимерных пленок и т.д.).

На человеке накапливается статическое электричество, которое при соприкосновении человека с заземленным предметом вызывает искры и воспламенение смеси. Энергия разряда этой искры может составлять 2,5-7,5 мДж. Кроме того, такое электричество оказывает неприятное физиологическое воздействие на человека, вызывая слабые, умеренные или сильные уколы или удары, зависящие от энергии разряда. Так как ток при этом незначителен, уколы и удары непосредственную опасность для человека не представляют.

Но 120 известны случаи с тяжелым исходом, когда искра, проскакивающая между телом человека и заряженным объектом, вызывает испуг, сопровождающийся произвольными нескоординированными движениями и соприкосновением с неогороженными вращающимися частями машин, падение с высоты и т.п. Длительное воздействие статического электричества является причиной ряда заболеваний.

Чтобы исключить формирование воспламеняющих разрядов с человека, необходимо обеспечить быструю утечку зарядов. С этой целью уменьшают сопротивление обуви и пола. Обувь считается электропроводящей, если электрическое сопротивление между электродом в форме стельки, находящимся внутри обуви, и наружным электродом меньше 10<sup>7</sup> Ом. Покрытие пола считается электропроводящим из бетона толщиной 3 см, спецбетона или пенобетона, ксилолита, настила из антистатической резины и т.д.

Особое внимание устранению электрического заряда с человека следует уделять при выполнении некоторых ручных операций (промывка, чистка, протирка, проклеивание, прорезинивание) с применением бензина, бензола, ацетона, резинового клея и т.п.

### **Защита от статического электричества Способы устранения опасности статического электричества.**

Согласно действующему ГОСТу[13], защита от разрядов статического электричества должна осуществляться во взрыво- и пожароопасных производствах с наличием зон классов В-I, В-Ia, В-II, ВIIa, П-I и П-II, в которых применяются и вырабатываются вещества с удельным объемным электрическим сопротивлением, превышающим 10<sup>5</sup> Ом·м.

В остальных случаях защита осуществляется лишь тогда, когда статическое электричество представляет опасность для обслуживающего персонала, отрицательно влияет на технологический процесс или качество продукции. Основными способами устранения опасности от статического электричества (в соответствии со степенью эффективности и частотой применения) являются: заземление оборудования, коммуникаций, аппаратов и сосудов, а также обеспечение постоянного электрического контакта с заземлением тела человека; уменьшение удельного объемного и

поверхностного электрического сопротивления путем повышения влажности воздуха или применения антистатических примесей; ионизация воздуха или среды, в частности, внутри аппарата, сосуда и т.д.

Кроме этих способов прибегают к дополнительным, дающим в конкретных случаях нужный эффект при операциях с жидкими, газообразными и сыпучими материалами и веществами: предотвращение образования взрывоопасных концентраций, ограничение скорости движения жидкости, замена ЛВЖ на негорючие растворители и т.д.

Практический способ устранения опасности от статического электричества выбирается с учетом эффективности и экономической целесообразности это *защитная мера заземление*, применяемая с целью устранения формирования электрических разрядов с проводящих элементов оборудования. Поэтому все проводящие части оборудования и электропроводные неметаллические предметы подлежат обязательному заземлению, независимо от того, применяются ли другие способы защиты от статического электричества.

Заземляются не только те части оборудования, которые участвуют в генерировании, но и все другие, так как они могут зарядиться по законам электростатической индукции. Во многих случаях индуцированные заряды более опасны, чем заряды, которые являются причиной их образования. В случаях, когда оборудование выполнено из проводящих электрический ток материалов, заземление является основным и почти всегда достаточным способом защиты.

Особенно эффективно заземление токопроводящих частей оборудования при переработке веществ с удельным сопротивлением не более  $10^8$  Ом·м для жидкостей и  $10^7$  Ом·м для твердых тел. Если же на внешней поверхности или внутренних стенках металлических аппаратов, резервуаров и трубопроводов образуются отложения непроводящих веществ (смолы, пленки, осадки), заземление становится неэффективным и создается ложное впечатление о надежности и безопасности.

Заземление не устраняет опасности и в случае применения аппаратов с эмалированными и другими неэлектропроводящими покрытиями. Неметаллическое оборудование считается электростатически заземленным, если сопротивление растеканию тока на землю с любых точек его внешней и внутренней поверхности не превышает 107 Ом при относительной влажности воздуха не выше 60 %. Такое сопротивление обеспечивает необходимое значение постоянной времени релаксации в пределах десятой доли секунды в невзрывоопасной и тысячные доли секунды во взрывоопасной среде.

Трубопроводы наружных установок (на эстакадах или в каналах), оборудование и трубопроводы, расположенные в цехах, должны представлять на всем протяжении непрерывную электрическую цепь и присоединяться к заземляющим устройствам. Считается, что



электрическая проводимость фланцевых соединений трубопроводов и аппаратов, соединений крышек с корпусами аппаратов и т.п. достаточно высока (обычно не более 10 Ом) и не требуется установки специальных параллельных перемычек. Каждая система аппаратов и трубопроводов в пределах цеха должна быть заземлена не менее чем в двух местах.

Все резервуары и емкости вместимостью более 50 м<sup>3</sup> и диаметром более 2,5 м заземляют не менее чем в двух противоположных точках. На поверхности горючих жидкостей в резервуарах не должно быть плавающих предметов. Наливные стояки эстакад для заполнения железнодорожных цистерн и рельсы железнодорожных путей в пределах сливноналивного фронта должны быть электрически соединены между собой и надежно заземлены.

Автоцистерны, наливные суда, самолеты, находящиеся под наливом или сливом горючих жидкостей и сжиженных газов, должны также заземляться. Контактные устройства (без средств взрывозащиты) для присоединения заземляющих проводников должны быть установлены за пределами взрывоопасной зоны (не менее 5 м от места налива или слива [5]). При этом проводники вначале присоединяются к корпусу объекта заземления, а затем к заземляющему устройству. Применяемые для этих целей зажимы, розетки, магниты и другие примитивные устройства и приспособления не отвечают требованиям электростатической искробезопасности и не имеют соответствующих разрешительных документов (лицензии, свидетельство об электростатической искробезопасности и взрывозащите, сертификаты качества и т.д.) на право их изготовления и применения во взрывоопасной зоне.

Кроме того, имеют место существенные конструктивные различия устройств для заземления автоцистерн (АЦ) на нефтебазах и автозаправочных комплексах (АЗК) от аналогичных на автозаправочных станциях (АЗС) общего пользования и ведомственных пунктов заправки топливом. Подобные различия существуют и при оборудовании АЦ заземляющими проводниками, конструктивно непригодными для применения при наливе топлива на нефтебазе (или АЗК) или при сливе его на АЗС. Таким образом, применяемые до сих пор для этих целей заземляющие устройства не обеспечивают требуемого уровня пожаровзрывобезопасности технологии налива или слива топлива и других ЛВЖ.

В целях устранения указанных недостатков и нарушений требований пожарной безопасности в настоящее время разработаны и серийно выпускаются специальные устройства заземления автоцистерн (УЗА) типов УЗА-2МИ, УЗА-2МК и УЗА-2МК-03. УЗА соответствуют требованиям ГОСТов, являются взрывозащищенными с маркировкой соответственно 1ExsIIТ6 и 1ExsibIIСТ6 могут устанавливаться во взрывоопасных зонах класса В-Іг [5].

УЗА имеют необходимые разрешительные документы на их изготовление и применение: разрешение и лицензию Госгортехнадзора, свидетельство о взрывозащищенности и электростатической искробезопасности.

Заземление не всегда решает проблему защиты от статического электричества. Так, заземление резервуара, заполняемого наэлектризованной жидкостью, лишь исключает накопление заряда (натекающего из объема жидкости) и на его стенках, но не ускоряет процесс рассеяния заряда в жидкости.

***Повышение относительной влажности воздуха.*** Большинство пожаров от искр статического электричества происходит обычно зимой, когда относительная влажность воздуха низка. При относительной влажности воздуха выше 65-70 %, как показывают исследования и практика, число вспышек и загораний становится незначительным. Ускорение стекания электростатических зарядов с диэлектриков при высокой влажности воздуха связывают с тем, что на поверхности гидрофильных диэлектриков адсорбируется тонкая пленка влаги, содержащая обычно большое количество ионов из загрязнений и растворенного вещества, за счет которых обеспечивается достаточная поверхностная электропроводность электролитического характера. Электропроводность адсорбированной пленки влаги при прочих равных условиях определяется ее толщиной и в связи с этим в значительной степени зависит от относительной влажности воздуха. Чем она выше, тем толще пленка.

Водные пленки толщиной 10-5 см визуально нельзя обнаружить, однако они увеличивают поверхностную электропроводность диэлектрика и способствуют утечке зарядов. Поэтому поверхностное сопротивление диэлектрика уменьшается. Однако если материал находится при более высокой температуре, чем та, при которой пленка может удерживаться на поверхности, указанная поверхность не может стать проводящей даже при очень высокой влажности воздуха. Эффект также не будет достигнут, если заряженная поверхность диэлектрика гидрофобна (сера, парафин, масла и другие углеводороды) или скорость ее перемещения больше, чем скорость образования поверхностной пленки. Таким образом, способ увлажнения воздуха не всегда эффективен. Увеличение влажности воздуха достигается распылением водяного пара или воды, циркуляцией влажного воздуха, а иногда свободным испарением с поверхности воды. В некоторых случаях желаемый эффект достигается местным увлажнением паров или охлаждением электризующейся поверхности до температуры на 10 оС ниже температуры окружающей среды.

***Химическая обработка поверхности, электропроводные покрытия.*** Снижение удельного поверхностного сопротивления полимерных материалов может быть достигнуто химической обработкой

поверхности кислотами (например, серной или хлорсульфоновой). В результате этого поверхности полимера (полистирол, полиэтиленовые и полиэфирные пленки) окисляются или сульфировются. При этом удельное поверхностное сопротивление снижается до 10<sup>6</sup> Ом при относительной влажности воздуха 75 %. Положительный эффект достигается и при обработке изделий из полистирола и полиолефинов погружением образцов в петролейный эфир при одновременном воздействии ультразвуком. Методы химической обработки эффективны, но требуют точного соблюдения технологических условий. Иногда необходимый эффект достигается нанесением на диэлектрик поверхностной хорошо проводящей пленки.

***Уменьшение объемного и поверхностного удельных электрических сопротивлений.*** Снижением объемного и поверхностного сопротивлений обеспечивается соответствующая электропроводность и способность диэлектрика отводить заряды статического электричества. Устранение опасности статической электризации диэлектриков этим способом является весьма эффективным и может быть достигнуто повышением влажности воздуха, химической обработкой поверхности, применением электропроводных покрытий и антистатических веществ (присадок).

***Применение антистатических веществ.*** Большинство горючих и легковоспламеняющихся жидкостей характеризуется высоким удельным электрическим сопротивлением. Поэтому при некоторых операциях, например с нефтепродуктами, происходит накопление зарядов статического электричества, которое не только препятствует интенсификации технологических операций, но и служит источником многочисленных взрывов и пожаров на нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятиях. Движение жидких углеводородов относительно твердого, жидкого или газообразного тела может привести к разделению электрических зарядов на поверхности соприкосновения. При движении жидкости по трубе слой находящийся на поверхности жидкости зарядов уносится ее потоком, а заряды противоположного знака остаются в трубе и, если металлическая труба заземлена, стекают в землю. Если металлический трубопровод изолирован или изготовлен из диэлектрических материалов, он приобретает положительный заряд, а жидкость – отрицательный. Степень электризации нефтепродуктов зависит от состава и концентрации содержащихся в них активных примесей, физикохимического состава нефтепродуктов, состояния внутренней поверхности 128 трубопровода (коррозии и т.д.) или технологического аппарата, диэлектрических свойств, вязкости и плотности жидкости, а также от скорости движения жидкости, диаметра и длины трубопровода. Так, присутствие 0,001 % механических примесей превращает инертное углеводородное топливо в электризуемое до опасных пределов. Один из

наиболее эффективных методов, позволяющих устранить электризацию нефтепродуктов, - введение специальных антистатических веществ. Добавление присадок в тысячных и десятитысячных долях процента позволяет на несколько порядков уменьшить удельное сопротивление нефтепродуктов и обезопасить операции с ними. Электрическую проводимость углеводородов и нефтепродуктов наиболее эффективно повышают олеаты и нафтенаты хрома и кобальта, соли хрома синтетических жирных кислот, присадка «Сигбаль» и другие вещества. Так, присадка на основе олеиновой кислоты олеат хрома повышает электропроводность бензина Б-70 в  $1,2 \cdot 10^4$  раза. Широкое применение в операциях по промывке деталей нашли присадки «Аккор-1» (10-15 г присадки на 100 л жидкости) и АСП-1. Для получения «безопасной» электропроводности нефтепродуктов в любых условиях необходимо вводить 0,001-0,005 % присадок. Они обычно не влияют на физико-химические свойства нефтепродуктов. Для получения проводящих растворов полимеров (клеев) также применяют антистатические присадки, растворимые в них, например соли металлов переменной валентности высших карбоновых и синтетических кислот.

Положительные результаты достигаются при использовании антистатических веществ на предприятиях *по переработке синтетических волокон*. Наиболее важным свойством антистатических веществ является способность увеличивать ионную проводимость и тем самым снижать электрическое сопротивление волокнистых материалов. Обработку волокнистых материалов антистатическими веществами производят до процесса либо непосредственно в процессе их изготовления. Есть несколько главных групп химических препаратов, применяемых для приготовления антистатических материалов, которые влияют на электрические свойства волокон: углеводороды парафинового ряда, жиры, масла, гигроскопические вещества, поверхностно-активные вещества (ПАВ). Углеводороды парафинового ряда, жиры и масла влияют на электрический контакт между волокнами и частями машин, способствуя образованию проводящих масляных пленок между ними. Гигроскопические вещества образуют на поверхности волокон пленку влаги, снижая таким образом трение. При наличии влаги и веществ, обладающих свойствами электролитов, образуются ионы. Поверхностноактивные вещества при добавлении в воду снижают ее поверхностное натяжение, в результате улучшается смачивание, пенообразующие, моющие и другие важные для текстильной промышленности свойства воды.

Эффективность антистатических веществ используют в промышленности полимеров, например при обработке полистирола и полиметилметакрилата. Обработка полимеров антистатическими добавками производится как поверхностным нанесением, так и введением

в расплавленную массу. В качестве антистатических добавок применяют, например, некоторые образцы ионогенных поверхностно-активных веществ. При поверхностном нанесении ПАВ обладают хорошим антистатическим эффектом. Удельное поверхностное сопротивление полимеров при этом снижается на 5-8 порядков, но срок эффективного действия незначителен (до одного месяца). Введение антистатических добавок внутрь более перспективно, так как антистатические свойства полимеров стабильны во времени (несколько лет), менее подвержены действию растворителей, истиранию и т.д. Для каждого диэлектрика оптимальные концентрации ПАВ различны: например, для полиэтилена низкого давления 0,05-0,1 %, полиэтилена высокого давления 0,2-0,3 %, полипропилена 0,5 %, поливинилхлорида твердого 0,5-1,5 %, полиакрила 2-3 %, полистирола 1,5-2,5 %.

Широкое применение труб для пневмотранспорта, продуктопроводов и других устройств из полимеров (например, полиэтилена низкой и высокой плотности) привело к созданию полупроводящих полимерных композиций путем введения наполнителей (ацетиленовой сажи, алюминиевой пудры, графита, цинковой пыли). Лучший наполнитель – ацетиленовая сажа, хорошо распределяемая в полимере и снижающая сопротивление на 10-11 порядков даже при 20 % от массы полимера. Оптимальная массовая концентрация ацетиленовой сажи для создания электропроводящего полимера составляет 25 %. Для 130 пневмотранспорта могут быть рекомендованы неметаллические трубы из проводящей полиэтиленовой композиции.

*В народном хозяйстве широко используются резинотехнические изделия, обычно диэлектрические.* Это связано с опасностью статической электризации. Чтобы получить электропроводные или антистатические резины, в них вводят электропроводящие наполнители – порошковый графит, различные сажи (например, липецкую, ацетиленовую), мелкодисперсные металлы. В таких резинах образуется токопроводящая структура. Так, при введении в латекс сажи электропроводность резины (вследствие лучшего распределения наполнителя) оказалась на 2-3 порядка выше электропроводности резины, полученной на основе твердого каучука. Удельное сопротивление антистатической резины достигает 10<sup>6</sup> Ом·м, проводящей до 5·10<sup>2</sup> Ом·м. Антистатическими резинами марки КР-388, КР-245 пользуются во взрывоопасных производствах, покрывают полы, рабочие столы, детали оборудования и колеса внутрицехового транспорта. Такое покрытие лучше металлического или бетонного, оно более гигиенично, быстрее отводит возникающие заряды, снижает электризацию людей до безопасного уровня. В последнее время разработана рецептура маслобензостойкой электропроводящей резины с использованием бутадиеннитрильных и полихлоропреновых каучуков. Наиболее широко эти резиновые смеси используются при изготовлении

напорных рукавов и шлангов для перекачки ЛВЖ. Такие рукава значительно снижают опасность воспламенения при сливе и наливе ЛВЖ в авто- и железнодорожные цистерны и другие емкости, исключают применение специальных устройств для заземления заправочных воронок и наконечников. До последнего времени электропроводящие слои создавали вакуумным напылением или катодным нанесением металла на поверхность диэлектрика. Но этот способ не всегда приемлем. Были эффективны специальные лакокрасочные покрытия, основанные на образовании в полимерном связующем цепочных структур наполнителя. Эти структуры, образованные контактирующими частицами проводящего наполнителя, обеспечивают покрытие хорошую электропроводность. Наполнителями служат порошкообразные металлы, сажа, графит. Так, 15 % карбонильного никеля в полимере снижает удельное сопротивление до 104 Ом·м и менее, а 35-40% такого никеля приближает проводимость ряда полимеров к металлической. 131 Для «чистых» полимерных связующих без наполнителя удельное сопротивление  $\rho = 10^9 - 10^{13}$  Ом·м. В настоящее время созданы электропроводящие эмали марки ХС-928 и АК-562. Их наносят на поверхность в два слоя кистью или пульверизатором, и они дают пленку черного цвета, устойчивую к температуре, давлению, вакууму, агрессивным средам и радиационному облучению. Электропроводными эмалями окрашивают заземляемые устройства технологического оборудования: внутренние части химической реакционной аппаратуры, изготовленной из стекла и пластмассы, внутренние части диэлектрического трубопровода, по которому транспортируются жидкости или сыпучие материалы, способные электризоваться, и т.д.

Если во взрывоопасных производствах работают ременные передачи и ленточные транспортеры, изготовленные из материалов с  $\rho_r > 10^5$  Ом·м, заряды статического электричества и потенциал ремней и лент достигает нескольких десятков киловольт. Эффективное снижение потенциала получается при увеличении поверхностной проводимости ремня и обязательном заземлении установки. Внутреннюю поверхность ремня покрывают антистатической смазкой, возобновляемой не реже одного раза в неделю. Для кожаных и резиновых ремней рекомендуется, например, такая смазка: 100 вес. ч. глицерина и 40 вес. ч. сажи. Иногда хорошее снижение потенциала дают увеличение относительной влажности воздуха в месте нахождения ременной передачи до 70 % и более и снижение линейной скорости движения ремня и лент.

**Ионизация воздуха.** Сущность этого способа заключается в нейтрализации или компенсации поверхностных электрических зарядов ионами разного знака, которые создают специальные приборы, называемые нейтрализаторами. Ионизация воздуха осуществляется двумя способами: электрическим полем с высокой напряженностью  $E$  и

радиоактивным излучением. Принцип работы нейтрализаторов состоит в том, что они создают вблизи наэлектризованного диэлектрика положительные и отрицательные ионы. Ионы, имеющие полярность, противоположную полярности зарядов наэлектризованного материала, под действием электрического поля оседают на поверхности диэлектрика, нейтрализуя его.

Ионизация воздуха электрическим полем с высокой напряженностью получается от нейтрализаторов двух типов: *индукционных* и *высоковольтных*. Индукционные нейтрализаторы очень просты и давно применяются. Существуют индукционные нейтрализаторы с остриями и проволочные. В нейтрализаторе с остриями в деревянном или металлическом стержне укреплены заземленные острия, тонкие проволочки или фольга. У проволочного нейтрализатора вместо острия применена тонкая стальная проволочка, натянутая поперек движущегося заряженного материала. Действие индукционных нейтрализаторов основано на использовании электрического поля наэлектризованного тела, и постороннего источника напряжения для них не требуется. Под действием сильного электрического поля вблизи разрядного электрода происходит ударная ионизация, в результате которой образуются ионы обоих знаков

Для увеличения эффективности действия нейтрализаторов следует стремиться к сокращению расстояния между кончиками игл и нейтрализуемой поверхностью до 5-20 мм. Нейтрализаторы монтируются непосредственно перед местом, где заряды создают технологические помехи, или вблизи от места генерации зарядов. Они обладают высокой ионизационной способностью, особенно при высоких потенциалах заряженного тела. Проволочные нейтрализаторы менее эффективны.

Основным их недостатком является то, что они действуют, если потенциал наэлектризованного тела достигает нескольких киловольт. Основные преимущества индукционных нейтрализаторов заключаются в простоте конструкции, низкой стоимости, минимальных эксплуатационных затратах и отсутствии источников питания. Высоковольтные нейтрализаторы работают на переменном, постоянном и токе высокой частоты.

В нейтрализатор на постоянном токе входит и высоковольтный выпрямитель. Принцип действия всех трех типов нейтрализаторов, основанный на ионизации воздуха высоким напряжением, одинаков, но эффективность различна. Максимальное расстояние между разрядным электродом и нейтрализуемым материалом, при котором нейтрализатор еще эффективен, может достигать 600 мм. Обычно рабочее расстояние принимается равным 200-300 мм. Достоинство всех трех типов нейтрализаторов – достаточное ионизирующее действие и при низком потенциале тела. Особенно полезны нейтрализаторы там, где не

соблюдаются температурно-влажностные условия и относительная влажность воздуха может быть ниже 50 %.

Недостатком высоковольтных нейтрализаторов является большая энергия возникающих искр, способных воспламенить любые взрывоопасные смеси. Поэтому нейтрализаторы для взрывоопасных зон должны иметь только взрывозащищенное исполнение. При использовании высоковольтных нейтрализаторов должна быть предусмотрена надежная защита обслуживающего персонала от высокого напряжения.

*Радиоизотопные нейтрализаторы* очень просты по устройству, не требуют источника питания, достаточно эффективны и безопасны при использовании в пожаровзрывоопасных средах. Они широко применяются в химической, резинотехнической, текстильной, бумажной, полиграфической и других отраслях промышленности. При использовании радиоизотопных нейтрализаторов необходимо предусматривать надежную защиту людей, оборудования и выпускаемой продукции от вредного воздействия радиоактивного излучения. Радиоизотопные нейтрализаторы чаще всего имеют вид длинных плоских пластинок или маленьких дисков. Для защиты от механических повреждений ионизатор помещают в металлический кожух, который создает нужное направление ионизированного воздуха. Радиоактивные вещества выбираются с учетом типа энергии, частиц излучения, длины их пробега, действия излучения на людей и т.д.

Наиболее эффективны и безопасны радиоактивные вещества с  $\alpha$ -частицами. Проникающая способность  $\alpha$ -частиц в воздухе составляет до 10 см. В более плотных средах проникающая способность  $\alpha$ -частиц еще меньше. Лист обычной писчей бумаги полностью ее поглощает. Нейтрализаторы с таким излучением пригодны для локальной ионизации воздуха и нейтрализации зарядов в месте их образования. Там, где необходимо нейтрализовать электрические заряды в аппарате с большим объемом, лучше использовать  $\beta$ -излучатели. Среди  $\beta$ -излучателей широко распространены тритиевые источники. Подножки у них изготавливают из молибдена, нержавеющей стали или меди; на подножки наносят слой титана, насыщаемый тритием. Как видно из табл. 11.2, ионизирующая способность  $\beta$ -частиц в 100 раз меньше, чем у  $\alpha$ -частиц. Однако они обладают большой проникающей способностью. Длина пробега  $\beta$ -частиц в воздухе исчисляется метрами, но в более плотных средах она поглощается сравнительно легко. Свинцовые защитные экраны толщиной 1,5 мм, стальные толщиной 3 мм или деревянные толщиной 20 мм полностью поглощают  $\beta$ -лучи. Радиоактивные вещества с  $\gamma$ -излучением из-за высокой проникающей способности и опасности для людей при нейтрализации электрических зарядов не применяются.



Основным недостатком радиоизотопных нейтрализаторов является малый ионизационный ток по сравнению с другими типами нейтрализаторов. Для нейтрализации электрических зарядов могут использоваться комбинированные нейтрализаторы, например, сочетание высоковольтного и радиоизотопного, и индукционного. Подобные комбинации из двух типов нейтрализаторов позволяют улучшить их рабочие характеристики и увеличить эффективность.

### **Контрольные вопросы**

1. Почему в пожароопасных зонах любого класса не допускается применение неизолированных проводов?
2. Перечислите классы взрывоопасных зон.
3. Что такое ионизация воздуха?
4. Перечислите способы снижения статического электричества.
5. В каких случаях применяют защитную меру заземление?
6. Перечислите виды ионизаторов.
7. Где не рекомендуется установка распределительных устройств?
8. Перечислите классы пожароопасных зон.
9. Для каких материалов применяются антистатические вещества?
10. С какой целью повышают относительную влажность воздуха при работе с электроустановками?