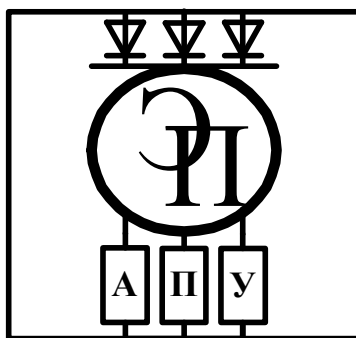


МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Электропривод и АПУ»

# ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ

*Методические рекомендации к лабораторным работам  
для студентов специальности 1-53 01 05  
«Автоматизированные электроприводы»  
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2021

УДК 621.3  
ББК 31.29-5  
Э45

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Электропривод и АПУ» «20» ноября 2020 г.,  
протокол № 4

Составитель ст. преподаватель В. Н. Шарков

Рецензент канд. техн. наук, доц. С. В. Болотов

В методических рекомендациях представлены сведения по взрывозащите технологических объектов и указания по выполнению лабораторных работ.

Учебно-методическое издание

## ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ

Ответственный за выпуск	Г. С. Леневский
Корректор	Т. А. Рыжикова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.  
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2021

## Содержание

Введение.....	4
1 Лабораторная работа № 1. Определение допустимого уровня взрывозащиты взрывозащищенного электрооборудования .....	5
2 Лабораторная работа № 2. Определение категорий и групп взрывоопасных смесей .....	17
3 Лабораторная работа № 3. Определение взрывозащиты взрывозащищенного электрооборудования.....	23
4 Лабораторная работа № 4. Выбор взрывозащищенного электрооборудования.....	29
5 Лабораторная работа № 5. Выбор и монтаж электропроводки для взрывоопасных зон .....	35
6 Лабораторная работа № 6. Определение параметров взрывозащиты электродвигателя с видом взрывозащиты «d».....	43
7 Лабораторная работа № 7. Определение параметров взрывозащиты светильника с видом взрывозащиты «d».....	44
8 Лабораторная работа № 8. Определение параметров взрывозащиты электродвигателя с видом взрывозащиты «e».....	45
Список литературы.....	46

## **Введение**

Целью изучения дисциплины «Электроустановки во взрывоопасных зонах» является обучение студентов вопросам проектирования, монтажа, ремонта и обслуживания электроустановок во взрывоопасных зонах.

Целью издания методических рекомендаций к лабораторным работам является регламентация лабораторного практикума по дисциплине «Электроустановки во взрывоопасных зонах» для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы».

При оформлении отчетов по лабораторным работам необходимо руководствоваться требованиями ГОСТ 2.105–95.

## **1 Лабораторная работа № 1. Определение допустимого уровня взрывозащиты взрывозащищенного электрооборудования**

**Цель работы:** определить класс взрывоопасной зоны для определения допустимого уровня взрывозащиты взрывозащищенного электрооборудования (ВЗЭО).

### ***Исходные данные***

Преподавателем задаются класс взрывоопасной зоны по Правилам устройства электроустановок (ПУЭ) (6-е изд.), степень утечки, уровень и готовность вентиляции.

### ***Порядок выполнения работы***

Изучить нормативные документы (ГОСТ 60079-10–1) для определения класса взрывоопасной зоны по степени утечки, уровню и готовности вентиляции.

Представить графическое изображение зон на плане взрывоопасных помещений и наружных установок.

Разработать алгоритм формирования класса взрывоопасной зоны.

### ***Содержание отчета***

Отчет по лабораторной работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать:

- титульный лист;
- цель работы;
- исходные данные;
- результаты выполнения работы: алгоритм формирования класса взрывоопасной зоны, графическое изображение зон на плане взрывоопасных помещений и наружных установок;
- выводы по работе.

### ***Краткие методические указания***

Технологическое оборудование, связанное с переработкой или хранением горючих материалов, следует проектировать, эксплуатировать и обслуживать таким образом, чтобы утечки горючих веществ и, следовательно, уровень взрывоопасности и размеры взрывоопасной зоны, в которой оно располагается в нормальном режиме работы и при авариях, были минимальными по частоте, длительности, количеству высвобождаемого горючего вещества.

Классификация зон – это метод анализа окружающей среды, в которой может присутствовать взрывоопасная газовая смесь, проводимый для выбора электрооборудования и устройства электроустановок, эксплуатация которых в присутствии данной смеси должна быть безопасной. Классификацию проводят с

учетом разделения взрывоопасных газовых смесей по группам и температурным классам.

Взрывоопасная зона – зона, в которой присутствует или может образоваться взрывоопасная газовая смесь в объеме, требующем специальных мер защиты при конструировании, изготовлении и эксплуатации электроустановок.

Невзрывоопасная зона – зона, в которой не может образоваться взрывоопасная газовая среда в объеме, требующем специальных мер защиты при конструировании, изготовлении и эксплуатации электроустановок.

### **Классификация взрывоопасных зон по ПУЭ.**

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

При определении взрывоопасных зон принимается следующее:

- взрывоопасная зона в помещении занимает весь объем помещения, если объем взрывоопасной смеси превышает 5 % свободного объема помещения;
- 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 легковоспламеняющейся жидкости (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;
- взрывоопасная зона наружных взрывоопасных установок ограничена в размерах.

Зоны класса В-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 В-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 В-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 по ГОСТ 12.1.005–88 (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, 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:

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

- 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;

- 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 со взрывоопасными зонами любого класса;

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

- 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 ар-

матуры 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-IIа – зоны, расположенные в помещениях, в которых опасные состояния, указанные в [23], не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

### **Классификация взрывоопасных зон по ГОСТ МЭК 60079-10-1.**

Взрывоопасные зоны, подразделяются на классы 0, 1, 2 в зависимости от частоты и длительности присутствия взрывоопасной газовой смеси.

Зона класса 0 – зона, в которой взрывоопасная газовая среда (смесь с воздухом горючих веществ в виде газа, пара или тумана) присутствует постоянно или в течение длительных периодов времени или часто.

Зона класса 1 – зона, в которой существует вероятность образования взрывоопасной газовой среды (смеси с воздухом горючих веществ в виде газа, пара или тумана) в нормальных условиях эксплуатации.

Зона класса 2 – зона, в которой вероятность образования взрывоопасной газовой среды (смеси с воздухом горючих веществ в виде газа, пара или тумана) в нормальных условиях эксплуатации маловероятна, а если она возникает, то существует непродолжительное время.

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

**Степень утечки** – характеристика выделения горючего вещества во взрывоопасную зону из источника утечки в порядке убывания интенсивности:

- постоянная утечка (непрерывная);
- первой степени;
- второй степени.

Источник утечки может характеризоваться любой степенью утечки или их сочетанием.

Постоянная (непрерывная) утечка – утечка, которая существует постоянно, происходит часто или существует длительное время.

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

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

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



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

#### *Примечания*

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

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

3 Нормальный режим работы включает в себя пусковые условия и условия выключения.

Вентиляция – движение воздуха и его замещение свежим воздухом за счет перепада атмосферного давления или температуры окружающей среды либо с помощью искусственных средств (например, приточных или вытяжных вентиляторов).

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

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

#### **Методика классификации зон.**

Классификация взрывоопасных зон должна быть проведена до пуска установки, когда уже имеются в наличии и утверждены исходный технологический процесс, принципиальные схемы электротехнических устройств и общий план территории. Результаты первоначальной классификации должны пересматриваться в течение периода эксплуатации установки.

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

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

Каждый элемент технологического оборудования (например, резервуар,

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

Если тот или иной элемент оборудования является источником утечки горючего материала в атмосферу, прежде всего необходимо определить степень утечки согласно приведенным определениям на основании частоты и длительности утечки. Вскрытие отдельных частей технологического оборудования, заключенных в корпус (например, во время замены фильтра или периодического заполнения), следует также рассматривать как утечку. По предложенной методике каждую утечку горючего вещества классифицируют как постоянную (непрерывную), первой или второй степени.

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

Если общее количество горючего вещества, утечка которого возможна, незначительно, например, при лабораторном применении, несмотря на возможность существования потенциальной опасности, данную методику классификации зон не применяют. Способ классификации взрывоопасных зон для таких условий должен базироваться на оценке конкретной ситуации.

Вероятность присутствия взрывоопасной газовой смеси в зоне, а следовательно, и ее класс зависят в основном от степени утечки и уровня вентиляции.

Постоянная (непрерывная) утечка образует, как правило, зону класса 0, утечка первой степени – зону класса 1, второй степени – зону класса 2.

Если зоны, создаваемые смежными источниками утечки, совмещаются и при этом относятся к разным классам, область совмещения относят к классу с большим уровнем взрывоопасности. Если совмещающиеся зоны относятся к одному классу, область совмещения относят к этому классу.

Размеры взрывоопасной зоны зависят от предполагаемого или рассчитанного расстояния, на котором существует взрывоопасная газовая смесь до того, как она будет разбавлена до концентрации ниже нижнего предела воспламеняемости. Область распространения газа или пара до его разбавления до концентрации ниже нижнего предела воспламеняемости должна оцениваться при участии эксперта.

Всегда необходимо учитывать возможность того, что газ, который тяжелее воздуха, может присутствовать на участках ниже уровня земли (например, в колодцах и котлованах) и что газ, который легче воздуха, может присутствовать в помещениях на высоте (например, на чердаках).

Если источник утечки находится за пределами зоны или в смежной зоне, проникновение значительного количества горючего газа или пара в зону можно предупредить соответствующими средствами, например:

- механическими препятствиями;
- поддержанием достаточного повышенного давления в данной зоне по

сравнению со смежными взрывоопасными зонами для предотвращения проникновения взрывоопасной газовой смеси;

– продувкой зоны достаточным потоком свежего воздуха, чтобы воздух выходил из всех отверстий, в которые может войти горючий газ или пар.

Размеры взрывоопасной зоны в основном зависят от приведенных далее химических и физических характеристик, одна часть которых относится к горючим материалам, а другая – к технологическим процессам и оборудованию. При оценке влияния каждого из приведенных далее факторов на размеры взрывоопасной зоны исходят из того, что характеристики остальных остаются неизменными.

Интенсивность утечки газа или пара.

От интенсивности утечки зависят размеры взрывоопасной зоны. Интенсивность утечки определяется следующими факторами:

- геометрией источника утечки;
- скоростью истечения горючего вещества.

Для конкретного источника утечки интенсивность утечки возрастает с увеличением скорости истечения горючего вещества. Если горючее вещество находится внутри технологического оборудования, то скорость истечения зависит от давления рабочего процесса и геометрии источника утечки. Размер образующегося при истечении облака горючего газа или пара определяется скоростью истечения и скоростью рассеивания. Газ и пар, поступающие из источника утечки с высокой скоростью, образуют конусообразную струю, которая, увлекая за собой воздух, обладает способностью «саморазбавления». При этом распространение образующейся газовой смеси почти не зависит от воздушного потока. Если же утечка происходит с низкой скоростью или скорость утечки уменьшается из-за какого-либо препятствия, то струя рассеивается и ее «разбавление» и распространение газовой смеси будут зависеть от воздушного потока;

- концентрацией горючего вещества.

Интенсивность утечки возрастает с увеличением концентрации горючего пара или газа в высвобождаемом горючем веществе;

- испаряемостью горючей жидкости.

Испаряемость зависит в основном от значений давления насыщенного пара и теплоты парообразования горючей жидкости. Если значение давления насыщенного пара неизвестно, то следует руководствоваться значениями температуры кипения и вспышки.

Взрывоопасная смесь не может существовать, если температура вспышки превышает максимальную температуру горючей жидкости. Чем ниже температура вспышки, тем больше размеры взрывоопасной зоны. Если горючее вещество поступает в воздух таким образом, что образуется туман (например, путем распыления), то образование взрывоопасной смеси возможно при температуре, которая ниже температуры вспышки;

- температурой жидкости.

Давление насыщенного пара возрастает с ростом температуры, что приводит к увеличению интенсивности утечки;

– нижним концентрационным пределом распространения пламени (воспламенения) (НКПР).

Для данного объема утечки горючего вещества чем ниже НКПР, тем больше размеры взрывоопасной зоны;

– вентиляцией.

При увеличении уровня вентиляции размеры взрывоопасной зоны уменьшаются. Объекты, препятствующие вентиляции, могут увеличить размеры зоны. С другой стороны, такие препятствия, как перемычки, стенки или потолки, могут ограничивать размеры взрывоопасной зоны. Будка компрессора с большим вентиляционным отверстием в крыше и с достаточно открытыми боковинами для свободного прохождения воздуха через все части сооружения считается хорошо вентилируемой и должна рассматриваться как открытая зона (т. е. со средним уровнем и хорошей готовностью вентиляции);

– относительной плотностью газа или пара при утечке.

Если газ или пар легче воздуха, то он будет подниматься вверх. Если же он тяжелее воздуха, то он будет скапливаться на уровне земли. Протяженность зоны в горизонтальном направлении на уровне земли будет возрастать с увеличением значения относительной плотности газа или пара, а протяженность в вертикальном направлении над источником будет возрастать с уменьшением значения относительной плотности.

#### *Примечания*

1 Газы или пары со значением относительной плотности менее 0,8 должны рассматриваться как более легкие, чем воздух, если же относительная плотность более 1,2, то предполагается, что они тяжелее воздуха. Если относительная плотность газа или пара находится в промежутке между этими значениями, то следует учитывать обе возможности.

2 Медленная утечка газов или паров легче воздуха, которые поднимаются вверх, быстро рассеивается: присутствие кровли, однако, обязательно расширит зону распространения газа под ней. Если утечка происходит с большой скоростью свободной струей, действие струи, несмотря на то, что она захватывает воздух, разбавляющий газ или пар, может увеличить размеры зоны, в которой концентрация газа / газовой смеси остается на уровне выше их нижнего предела воспламеняемости.

3 Медленная утечка газов или паров тяжелее воздуха будет происходить в нисходящем направлении, и газы могут распространяться на большие расстояния по земле, прежде чем произойдет их безопасное рассеивание за счет атмосферной диффузии. Поэтому особое внимание следует уделять топографии любой рассматриваемой площадки, а также окружающих зон, чтобы определить, будут ли газы или пары собираться во впадинах или стекать по наклонным плоскостям на более низкие уровни. Если утечка происходит с большой скоростью свободной струей, струя, захватывая воздух, может снизить концентрацию газозадушной смеси до уровня ниже ее нижнего предела воспламеняемости на значительно более коротком расстоянии, чем в случае медленной утечки.

4 Необходимо соблюдать осторожность при классификации зон, содержащих криогенные горючие газы (например, сжиженный природный газ). Выделяющиеся пары могут быть тяжелее воздуха при низких температурах и становится легче воздуха при температуре, приближающейся к температуре окружающей среды.

#### **Вентиляция.**

Газ или пар, выделяющийся в атмосферу, может быть разбавлен за счет дисперсии или диффузии в воздухе до такой степени, что его концентрация может

стать ниже нижнего концентрационного предела воспламенения. Вентиляция, т. е. перемещение воздуха вокруг источника утечки, способствует дисперсии горючего газа. Наличие вентиляции и ее уровень оказывают влияние на возможность образования взрывоопасной газовой смеси и тем самым влияют на класс зоны.

Вентиляция может осуществляться путем перемещения воздуха за счет ветра и/или перепада температуры или за счет искусственных средств, таких как вентиляторы. Различают два основных вида вентиляции:

- естественную;
- искусственную (общую или местную).

Для установления класса взрывоопасной зоны важным обстоятельством является прямая связь между уровнем вентиляции, степенью утечки и ее интенсивностью, независимо от вида применяемой вентиляции – искусственной или естественной. Это позволяет обеспечить оптимальные условия вентиляции в пространстве, в котором возможно образование взрывоопасной смеси, поскольку чем выше уровень вентиляции, тем меньше размеры взрывоопасной зоны. В ряде случаев вентиляция позволяет обеспечить пренебрежимо малые размеры взрывоопасной зоны (взрывобезопасная зона).

Готовность вентиляции оказывает влияние на присутствие и возможность образования взрывоопасной смеси и, следовательно, на класс зоны.

Эффективность действия вентиляции для регулирования рассеивания взрывоопасной смеси зависит от ее уровня и готовности, а также от конструкции системы. Например, вентиляция может быть недостаточной для предотвращения образования взрывоопасной смеси, но достаточной для ее быстрого рассеивания.

#### **Выделяют три уровня вентиляции.**

##### **1 Вентиляция высокого уровня (ВВ).**

Обеспечивает мгновенное снижение концентрации газа или пара у источника утечки до значения ниже, чем нижний концентрационный предел воспламенения. При такой вентиляции размеры взрывоопасной зоны пренебрежимо малы. Однако, если коэффициент готовности вентиляции недостаточный, зона другого класса может образовываться вокруг этой зоны пренебрежимо малого размера.

##### **2 Вентиляция среднего уровня (ВС).**

Позволяет быстро изменять концентрацию горючего газа в воздухе. При этом концентрация горючего газа за границами зоны во время существования утечки становится ниже нижнего концентрационного предела воспламенения, а в границах зоны после прекращения утечки взрывоопасная смесь быстро рассеивается.

Размеры и класс зоны остаются в установленных пределах.

##### **3 Вентиляция низкого уровня (ВН).**

Не позволяет изменять концентрацию во время утечки и/или быстро устранить взрывоопасную смесь после прекращения утечки.

### Готовность вентиляции.

Готовность вентиляции оказывает влияние на образование и присутствие взрывоопасной смеси. Поэтому готовность вентиляции также должна учитываться при определении класса зоны.

По готовности вентиляцию разделяют на три уровня:

- хороший: вентиляция присутствует постоянно;
- средний: вентиляция присутствует при нормальных условиях эксплуатации.

Допускаются ее перерывы при условии, что они нечастые и кратковременные;

– плохой: вентиляция, не отвечающая требованиям первого и второго уровней готовности, при этом длительные ее перерывы не ожидаются.

Если готовность не отвечает требованиям даже третьего уровня, то такая вентиляция не может рассматриваться как вентиляция, влияющая на класс взрывоопасной зоны.

Готовность при естественной вентиляции.

Для наружных условий оценка вентиляции основывается на предполагаемом значении минимальной скорости ветра 0,5 м/с, которая существует почти постоянно. В этом случае готовность вентиляции является хорошей.

Готовность при искусственной вентиляции.

При оценке готовности искусственной вентиляции необходимо принимать во внимание надежность оборудования и готовность, например, аварийных вентиляторов. Хорошая готовность обеспечивается, если при авариях автоматически включаются запасные вентиляторы. Однако, если предусмотрены средства предотвращения утечки горючего вещества при выходе из строя вентилятора (например, посредством автоматической остановки технологического процесса), то классификацию вентиляции, установленную для работающих вентиляторов, менять не требуется, т. е. готовность можно считать хорошей.

На планах помещений (установок) взрывоопасные зоны (в пределах зоны) имеют графические обозначения в виде следующих графических элементов:

- зона «0»: маркируется окружностями;
- зона «1»: маркируется одинарными линиями под углом 45 град;
- зона «2»: маркируется двойными линиями под углом 45 и 135 град.

Графические обозначения взрывоопасных зон представлены на рисунке 1.1.

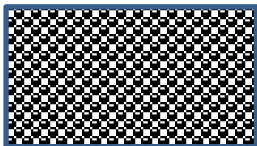
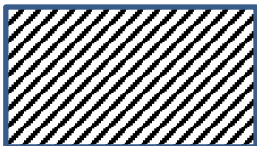
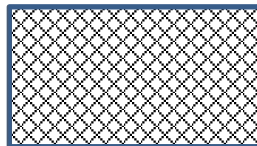
Зона 0	Зона 1	Зона 2
		

Рисунок 1.1 – Графические обозначения взрывоопасных зон

Связь между параметрами вентиляции и классом взрывоопасной зоны для утечек различной степени показана в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Уровень вентиляции и класс взрывоопасной зоны

Степень утечки	Уровень вентиляции						
	Вентиляция высокая (ВВ)			Вентиляция средняя (ВС)			Вентиляция низкая (ВН)
	при готовности						
	хорошей	средней	плохой	хорошей	средней	плохой	хорошей, средней или плохой
Постоянная (непрерывная)	(Зона класса 0 ПМ) Взрывобезопасная <sup>а)</sup>	(Зона класса 0 ПМ) Зона класса 2 <sup>а)</sup>	(Зона класса 0 ПМ) Зона класса 1 <sup>а)</sup>	Зона класса 0	Зона класса 0 + Зона класса 2	Зона класса 0 + Зона класса 1	Зона класса 0
Первая степень	(Зона класса 1 ПМ) Взрывобезопасная <sup>а)</sup>	(Зона класса 1 ПМ) Зона класса 2 <sup>а)</sup>	(Зона класса 1 ПМ) Зона класса 2 <sup>а)</sup>	Зона класса 1	Зона класса 1 + Зона класса 2	Зона класса 1 + Зона класса 2	Зона класса 1 или 0 <sup>б)</sup>
Вторая степень <sup>б)</sup>	(Зона класса 2 ПМ) Взрывобезопасная <sup>а)</sup>	(Зона класса 2 ПМ) Взрывобезопасная <sup>а)</sup>	Зона класса 2	Зона класса 2	Зона класса 2	Зона класса 2	Зона класса 1 (возможно, зона класса 0 <sup>б)</sup> )

*Примечания*

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

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

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

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

4 Суммирование источников регулярной (т. е. прогнозируемой) утечки должно основываться на детальной оценке технологических процессов. Например, источники утечки  $N$ , из которых утечка происходит одновременно, следует рассматривать как один источник утечки с числом  $N$  разных точек утечки:

а) символы 0 ПМ, 1 ПМ и 2 ПМ означают, что из-за наличия источника утечки зоны классов 0, 1 и 2 существуют, но они имеют пренебрежимо малые размеры;

б) зона класса 2, создаваемая источником утечки второй степени, может превышать зону для источника утечки первой степени или источника непрерывной утечки, в этом случае необходимо принять большее расстояние;

в) зону класса 0 принимают в случае, если вентиляция настолько слабая и утечка такова, что взрывоопасная смесь присутствует почти постоянно (т. е. приближение к условиям отсутствия вентиляции).

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Дать определение зоны классов В-I, В-Iа, В-Iб, В-Iг.
- 2 Дать определение зоны классов 0, 1, 2.
- 3 Дать определение понятию «взрывоопасная зона».
- 4 Дать определение понятию «невзрывоопасная зона».
- 5 Что является источником утечки?
- 6 Виды утечек.
- 7 Дать определение понятию «вентиляция».
- 8 Виды вентиляции.
- 9 Уровни вентиляции.
- 10 Готовность вентиляции.



## **2 Лабораторная работа № 2. Определение категорий и групп взрывоопасных смесей**

**Цель работы:** определить наиболее опасное сочетание категорий и групп взрывоопасных смесей (ВЗОС).

### ***Исходные данные***

Преподавателем задаются различные взрывоопасные смеси, находящиеся в окружающей среде (в помещении, наружных установках).

### ***Порядок выполнения работы***

Для каждой взрывоопасной смеси определяются категория и группа.

Далее определяется наиболее опасное сочетание категорий и групп взрывоопасных смесей по таким параметрам, как безопасный экспериментальный зазор (БЭМЗ), минимальный ток воспламенения (МТВ), температура самовоспламенения смеси, а результаты представляются в таблице.

Приводится описание каждой взрывоопасной смеси и её характеристики.

### ***Содержание отчета***

Отчет по лабораторной работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать:

- титульный лист;
- цель работы;
- исходные данные;
- результаты выполнения работы: таблицу категорий и групп взрывоопасных смесей, описание смесей;
- выводы по работе.

### ***Краткие методические указания***

Взрыв – быстрое преобразование веществ (взрывное горение), сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов, способных производить работу.

Вспышка – быстрое сгорание горючей смеси, не сопровождающееся образованием сжатых газов.

Тление – горение без свечения, обычно опознаваемое по появлению дыма.

Электрическое искрение – искровые, дуговые и тлеющие электрические разряды.

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

Температура вспышки – самая низкая (в условиях специальных испытаний) температура горючего вещества, при которой над его поверхностью образуются пары и газы, способные вспыхивать от источника зажигания, но скорость их образования еще недостаточна для последующего горения.

Температура воспламенения – температура горючего вещества, при которой оно выделяет горючие пары или газы с такой скоростью, что после воспламенения их от источника зажигания возникает устойчивое горение.

Температура самовоспламенения – самая низкая температура горючего вещества, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающееся возникновением пламенного горения.

Температура тления – самая низкая температура вещества (материалов, смеси), при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающееся возникновением тления.

Легковоспламеняющаяся жидкость (ЛВЖ) – жидкость, способная самостоятельно гореть после удаления источника зажигания и имеющая температуру вспышки не выше 61 °С.

К взрывоопасным относятся ЛВЖ, у которых температура вспышки не превышает 61 °С, а давление паров при температуре 20 °С составляет менее 100 кПа (около 1 атм.).

Горючая жидкость – жидкость, способная самостоятельно гореть после удаления источника зажигания и имеющая температуру вспышки выше 61 °С.

Горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 °С относятся к пожароопасным, но, нагретые в условиях производства до температуры вспышки и выше, относятся к взрывоопасным.

Легкий газ – газ, который при температуре окружающей среды 20 °С и давлении 100 кПа имеет плотность 0,8 или менее по отношению к плотности воздуха.

Тяжелый газ – газ, который при тех же условиях имеет плотность более 0,8 по отношению к плотности воздуха.

Сжиженный газ – газ, который при температуре окружающей среды ниже 20 °С, или давлении выше 100 кПа, или при совместном действии обоих этих условий обращается в жидкость.

Горючие газы относятся к взрывоопасным при любых температурах окружающей среды.

Горючие пыль и волокна относятся к взрывоопасным, если их нижний концентрационный предел воспламенения не превышает 65 г/м<sup>3</sup>.

Взрывоопасная смесь – смесь с воздухом горючих газов, паров ЛВЖ, горючих пыли или волокон с нижним концентрационным пределом воспламенения не более 65 г/м<sup>3</sup> при переходе их во взвешенное состояние, которая при определенной концентрации способна взорваться при возникновении источника инициирования взрыва.

К взрывоопасным относится также смесь горючих газов и паров ЛВЖ с кислородом или другим окислителем (например, хлором).

Концентрация в воздухе горючих газов и паров ЛВЖ принята в процентах к объему воздуха, концентрация пыли и волокон – в граммах на кубический метр к объему воздуха.

Верхний и нижний концентрационные пределы воспламенения – соответственно максимальная и минимальная концентрации горючих газов, паров ЛВЖ, пыли или волокон в воздухе, выше и ниже которых взрыва не произойдет даже при возникновении источника инициирования взрыва.

Помещение – пространство, огражденное со всех сторон стенами (в том числе с окнами и дверями), с покрытием (перекрытием) и полом. Пространство под навесом и пространство, ограниченное сетчатыми или решетчатыми ограждающими конструкциями, не являются помещениями.

Наружная установка – установка, расположенная вне помещения (снаружи) открыто или под навесом либо за сетчатыми или решетчатыми ограждающими конструкциями.

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

Взрывозащищенное электрооборудование – электрооборудование, в котором предусмотрены конструктивные меры по устранению или затруднению возможности воспламенения окружающей его взрывоопасной среды вследствие эксплуатации этого электрооборудования.

Электрооборудование общего назначения – электрооборудование, выполненное без учета требований, специфических для определенного назначения, определенных условий эксплуатации.

Безопасный экспериментальный максимальный зазор (БЭМЗ) – максимальный зазор между фланцами оболочки, через который не проходит передача взрыва из оболочки в окружающую среду при любой концентрации смеси в воздухе.

Минимальный ток воспламенения (МТВ) – отношение тока воспламенения исследуемого газа к току воспламенения базового газа (метана), выполненных в специальных условиях.

Взрывоопасные смеси газов и паров с воздухом в зависимости от размера БЭМЗ подразделяются на категории согласно таблице 2.1.

Таблица 2.1 Категории взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом

Категория смеси	Наименование смеси	БЭМЗ, мм	МТВ
I	Рудничный метан	Более 1,0	Более 0,9
II	Промышленные газы и пары		
IIA	То же	Более 0,9	Более 0,8
IIВ	То же	Более 0,5 до 0,9	Более 0,45 до 0,8
IIС	То же	До 0,5	До 0,45

Взрывоопасные смеси газов и паров с воздухом в зависимости от температуры самовоспламенения подразделяются на шесть групп согласно таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Группы взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом по температуре самовоспламенения

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

Распределение взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом по категориям и группам приведено в таблице 2.3.

Нижний концентрационный предел воспламенения некоторых взрывоопасных пылей, а также их температуры тления, воспламенения и самовоспламенения приведены в [26].

Таблица 2.3 – Распределение взрывоопасных смесей по категориям и группам

Категория смеси	Группа смеси	Вещество, образующее с воздухом взрывоопасную смесь
I	T1	Метан (рудничный)
IIА	T1	Аммиак, ацетон, ацетонитрил, бензол, бензотрифторид, винил хлористый, винилиден хлористый, 1,2-дихлорпропан, дихлорэтан, диэтипамин, диизопропиловый эфир, доменный газ, изобутилен, изобутан, изопропилбензол, кислота уксусная, ксилол, метилацетат, метил хлористый, метилизоцианат, метилхлорформиат, метилциклопропилкетон, метилэтилкетон, окись углерода, пропан, растворители Р-4, Р-5 и РС-1, разбавитель РЭ-1, сольвент нефтяной, стирол, спирт диацетоновый, толуол, трифторхлорпропан, трифторпропен, трифторэтан, трифторхлорэтилен, триэтиламин, хлорбензол, циклопентадиен, этан, этил хлористый
	T2	Алкилбензол, амилацетат, ангидрид уксусный, ацетилацетон, ацетил хлористый, бензин 595/130, бутан, бутилацетат, бутилпропионат, винилацетат, диатол, диизопропиламин, диметиламин, диметилформаид, изопентан, изопрен, изопропиламин, изооктан, кислота пропионовая, метиламин, метилизобутилкетон, метилметакрилат, метилмеркаптан, метилтрихлорсплан, метилфуран, моноизобутиламин, хлорметилдихлорсилан, окись мезитила, пентадиен-1,3, пропиламин, пропилен. Растворители: № 646, 647, 648, 649. Разбавители: РДБ, РКБ-1, РКБ-2. Спирты: бутиловый нормальный, бутиловый третичный, изоамиловый, изобутиловый, изопропиловый, метиловый, этиловый. Трифторэтилен, трихлорэтилен, изобутил хлористый, этиламин, этилацетат, этилбутират, этилендиамин, этиленхлоргидрин, этилизобутират, этилбензол, циклогексанол

## Окончание таблицы 2.3

Категория смеси	Группа смеси	Вещество, образующее с воздухом взрывоопасную смесь
	T3	Бензины: А-66, А-72, А-76, «галоша», Б-70, экстракционный по ТУ 38.101.303-72, экстракционный по МРТУ12Н-20-63. Бутилметакрилат, гексан, гептан, диизобутиламин, дипропиламин, альдегид изовалериановый, изооктилен, камфен, керосин, морфолин, нефть, эфир петролейный, полиэфир ТГМ-3, пентан, растворитель № 651, скипидар, спирт амиловый, триметиламин, топливо Т-1 и ТС- 1, уайт-спирит, циклогексан
	T4	Ацетальдегид, альдегид изомасляный, альдегид масляный, альдегид пропионовый, декан, тетраметилдиаминометан
ПВ	T1	Коксовый газ, синильная кислота
	T2	Дивинил, 4,4-диметилдиоксан, диметилдихлорсилан, диоксан, диэтилдихлорсилан, камфорное масло, кислота акриловая, метилакрилат, метилвинилдихлорсилан, нитрил акриловой кислоты, нитроциклогексан, окись пропилена, окись-2-метилбутена-2, окись этилена, растворители АМР-3 и АКР, формальдегид, фуран, фурфурол, эпихлоргидрин, этилтрихлорсилан, этилен
	T3	Акролеин, винилтрихлорсилан, сероводород, тетрагидрофуран, тетраэтоксилан, триэтоксилан, топливо дизельное, формальгликоль, этилди-хлорсилан, этилцеллозольв
	T4	Дибутиловый эфир, диэтиловый эфир, диэтиловый эфир этиленгликоля
ПС	T1	Водород, водяной газ, светильный газ, водород 75 % + азот 25 %
	T2	Ацетилен, метилдихлорсилан
	T3	Трихлорсилан
	T5	Сероуглерод

**Пример**

Исходные данные: хлорбензол, спирт изобутиловый, диэтиловый эфир, формальдегид.

Параметры взрывоопасных смесей представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Параметры взрывоопасных смесей

Смесь (параметры)	Категория смеси	Группа смеси	БЭМЗ, мм	МТВ	Температура самовоспламенения смеси, °С
Хлорбензол	ПА	T1	Более 0,9	Более 0,8	Более 450
Спирт изобутиловый	ПА	T2	Более 0,9	Более 0,8	Более 300 до 450
Диэтиловый эфир	ПВ	T4	Более 0,5 до 0,9	Более 0,45 до 0,8	Более 135 до 200
Формальдегид	ПВ	T2	Более 0,5 до 0,9	Более 0,45 до 0,8	Более 300 до 450

**Хлорбензол (фенилхлорид)** – ароматическое органическое соединение, имеющее формулу  $C_6H_5Cl$ , бесцветная горючая жидкость с характерным запахом. Является веществом малотоксичным. При температуре выше  $27\text{ }^{\circ}C$  могут образоваться ВЗОС пар/воздух. При температуре выше  $27\text{ }^{\circ}C$  применять закрытую систему, вентиляцию, защищенное от взрыва электрооборудование. Как можно скорее собрать подтекающую и пролитую жидкость в герметичные контейнеры. Засыпать оставшуюся жидкость песком или инертным абсорбентом, собрать и удалить его в безопасное место. Не допускать попадания этого химического вещества в окружающую среду (дополнительная личная защита: фильтрующий респиратор для органических газов и паров).

**Изобутиловый спирт** токсичен. Максимально – разовая ПДК, равная  $10\text{ мг/м}^3$ . Порог восприятия запаха (среднее значение в группе людей) может составлять  $160\text{ мг/м}^3$ .

**Диэтиловый эфир** – бесцветная, прозрачная, очень подвижная, летучая жидкость со своеобразным запахом и жгучим вкусом, растворим в воде. Образующиеся пероксиды нестойки и взрывоопасны, они могут быть причиной самовоспламенения диэтилового эфира при хранении и взрыве при его перегонке «досуха».

**Формальдегид** – органическое соединение, бесцветный газ с резким неприятным запахом, хорошо растворимый в воде, спиртах и полярных растворителях, в больших концентрациях ядовит. Смеси пар/воздух взрывоопасны.

**Вывод:** наиболее опасное сочетание из представленных категорий и групп – категория ПВ и группа Т4.

### **Контрольные вопросы**

- 1 Дать определение взрывоопасной смеси.
- 2 На какие категории делятся взрывоопасные смеси?
- 3 На какие группы делятся взрывоопасные смеси?
- 4 По каким параметрам определяется наиболее опасное сочетание категорий и групп взрывоопасных смесей?
- 5 Как классифицируются взрывоопасные смеси по другим параметрам?

### **3 Лабораторная работа № 3. Определение взрывозащиты взрывозащищенного электрооборудования**

*Цель работы:* определение маркировки взрывозащиты взрывозащищенного электрооборудования.

#### ***Исходные данные***

Классы взрывоопасных зон – из лабораторной работы № 1, категория и группа взрывоопасных смесей – из лабораторной работы № 2.

Оборудование во взрывоопасной зоне состоит из:

- силового электрооборудования (электродвигатели);
- осветительного электрооборудования (светильники);
- управляющего электрооборудования (посты управления);
- информационного электрооборудования (датчики технологических параметров).

Оборудование в невзрывоопасной зоне состоит из:

- преобразовательного электрооборудования (преобразователи частоты);
- управляющего электрооборудования (программируемые логические контроллеры (ПЛК)).

Варианты осветительного электрооборудования:

- на основе ламп накаливания;
- на основе галогеновых ламп;
- на основе натриевых ламп низкого давления;
- на основе люминесцентных ламп;
- светодиодные.

В качестве информационного электрооборудования используются датчики технологических параметров:

- температуры;
- давления;
- уровня;
- частоты вращения.

Информационное электрооборудование расположено в более опасной взрывоопасной зоне, остальное электрооборудование – в менее опасной.

Варианты заданий по составу электрооборудования выдаются преподавателем.

#### ***Порядок выполнения работы***

По классу взрывоопасной зоны определяется уровень взрывозащиты электрооборудования.

Для каждого уровня взрывозащиты электрооборудования указываются виды взрывозащиты, которые его обеспечивают.

В зависимости от типа электрооборудования выбираются виды взрывозащиты, которые выпускаются промышленностью.

Записываются маркировки взрывозащиты для всех типов электрооборудования с учетом различных видов взрывозащиты.

Маркировка взрывозащиты электрооборудования записывается в соответствии со следующими стандартами:

- ГОСТ МЭК 30852–2002;
- ГОСТ МЭК 60079–2014;
- международным стандартом АТЕХ.

### *Содержание отчета*

Отчет по лабораторной работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать:

- титульный лист;
- цель работы;
- исходные данные;
- результаты выполнения работы: маркировки взрывозащиты электрооборудования, описание указанных видов взрывозащиты;
- выводы по работе.

### *Краткие методические указания*

**Взрывозащищенное электрооборудование** – электрооборудование, в котором предусмотрены конструктивные меры по устранению или затруднению возможности воспламенения окружающей его взрывоопасной среды вследствие эксплуатации этого электрооборудования.

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

**Вид взрывозащиты** – специальные меры, предусмотренные в электрооборудовании с целью предотвращения воспламенения окружающей взрывоопасной газовой среды; совокупность средств взрывозащиты электрооборудования, установленная нормативными документами.

Электрооборудование следует выбирать таким образом, чтобы максимальная температура его поверхности не превышала температуры самовоспламенения любого газа, пара или пыли, которые могут присутствовать во взрывоопасной зоне.

Если в маркировке электрооборудования не указан диапазон температуры окружающей среды, электрооборудование должно использоваться только при температурах от минус 20 °С до плюс 40 °С. Если в маркировке электрооборудования указан диапазон наружных температур, электрооборудование сконструировано для использования в этом диапазоне.

В таблице 3.1 представлены уровни взрывозащиты электрооборудования.



Таблица 3.1 – Уровни взрывозащиты электрооборудования

Цифра в маркировке электрооборудования	Название уровня взрывозащиты	Описание уровня взрывозащиты
Уровень 2	Электрооборудование повышенной надежности против взрыва	Электрооборудование, взрывозащита которого обеспечивается при соблюдении нормального режима работы
Уровень 1	Взрывобезопасное оборудование	Взрывобезопасное электрооборудование, взрывозащищенность которого одинаково надежна как при нормальной работе, так и при повреждениях, возникающих при эксплуатации. При условии, что не повреждены средства, обеспечивающие взрывозащищенность
Уровень 0	Особовзрывобезопасное оборудование	Специальное взрывобезопасное оборудование, включающее особые меры и средства защиты от взрыва

В таблице 3.2 представлены зависимости между категорией взрывоопасной смеси газа/пара и подгруппой электрооборудования.

Таблица 3.2 – Зависимость между категорией взрывоопасной смеси газа/пара и подгруппой электрооборудования

Категория расположения взрывоопасной смеси газа / пара	Допустимая группа или подгруппа электрооборудования
ПА	II, ПА, ПВ или ПС
ПВ	II, ПВ или ПС
ПС	II или ПС

Обозначения температурных классов для маркировки электрооборудования приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Зависимость между температурными классами электрооборудования и температурой воспламенения газа или пара

Температурный класс в соответствии с классификацией зон	Температура воспламенения газа или пара, °С	Допустимый температурный класс оборудования
T1	> 450	T1–T6
T2	> 300	T2–T6
T3	> 200	T3–T6
T4	> 135	T4–T6
T5	> 100	T5–T6
T6	>85	T6

В таблице 3.4 представлены зависимости между видами и уровнями взрывозащиты.

Таблица 3.4 – Зависимость между видами и уровнями взрывозащиты

Уровень взрывозащиты оборудования	Вид взрывозащиты	Обозначение	Соответствующий стандарт МЭК
«Ga»	Искробезопасная электрическая цепь	«ia»	60079–11
	Герметизация компаундом	«ma»	60079–18
	Два независимых вида защиты, каждый отвечающий уровню взрывозащиты «Gb»	–	60079–26
	Защита оборудования и передающих систем, использующих оптическое излучение	–	60079–28
«Gb»	Взрывонепроницаемые оболочки	«d»	60079–1
	Повышенная защита	«e»	60079–7
	Искробезопасная электрическая цепь	«ib»	60079–11
	Герметизация компаундом	«mb»	60079–18
	Масляное заполнение	«o»	60079–6
	Оболочки под избыточным давлением	«p», «px» или «py»	60079–2
	Кварцевое заполнение	«q»	60079–5
	Концепция искробезопасной системы полевой шины (FISCO)	–	60079–27
	Защита оборудования и передающих систем, использующих оптическое излучение	–	60079–28
«Gc»	Искробезопасная электрическая цепь	«ic»	60079–11
	Герметизация компаундом	«mc»	60079–18
	Неискрящее электрооборудование	«n» или «nA»	60079–15
	Ограниченный пропуск газа	«nR»	60079–15
	Искробезопасное оборудование	«nL»	60079–15
	Искрящее оборудование	«nC»	60079–15
	Оболочки под избыточным давлением	«pz»	60079–2
	Концепция невоспламеняющей системы полевой шины (FNICO)	–	60079–27
	Защита оборудования и передающих систем, использующих оптическое излучение	–	60079–28

При температуре окружающей среды, выходящей за пределы температурного диапазона, при рабочей температуре или воздействии солнечного света оборудование должно быть проверено на пригодность для использования, что должно быть зафиксировано документально.

В маркировку по взрывозащите электрооборудования в указанной ниже последовательности входят:

– знак уровня взрывозащиты электрооборудования (2, 1, 0);

- знак Ex, указывающий на соответствие электрооборудования стандартам на взрывозащищенное электрооборудование;
- знак вида взрывозащиты (d, i, q, o, s, e и т. д.);
- знак группы или подгруппы электрооборудования (II, IIA, IIB, IIC);
- 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 3.5.

Таблица 3.5 – Примеры маркировки взрывозащищенного электрооборудования

Уровень взрывозащиты	Вид взрывозащиты	Группа (подгруппа)	Температурный класс	Маркировка по взрывозащите
Электрооборудование повышенной надежности против взрыва	Защита вида «е»	II	T6	2ExeIIT6
	Защита вида «е» и взрывонепроницаемая оболочка	IIB	T3	2ExedIIBT4
	Искробезопасная электрическая цепь	IIC	T6	2ExiICT6
	Продувка оболочки под избыточным давлением	II	T6	2ExpIIT6
	Взрывонепроницаемая оболочка и искробезопасная электрическая цепь	IIB	T5	2ExdiIIBT6
Взрывобезопасное электрооборудование	Взрывонепроницаемая оболочка	IIA	T3	1ExdIIAT3
	Заполнение оболочки под избыточным давлением	II	T6	1ExpIIT6
	Защита вида «е»	II	T6	1ExeIIT6
	Кварцевое заполнение оболочки	II	T6	1ExqIIT6
	Специальный	II	T6	1ExsIIT6X
	Специальный и взрывонепроницаемая оболочка	IIA	T6	1ExsdIIAT6
	Специальный, искробезопасная электрическая цепь и взрывонепроницаемая оболочка	IIB	T4	1ExsidIIBT4
	Искробезопасная электрическая цепь	IIC	T6	0ExiICT6
Особовзрывобезопасное электрооборудование	Искробезопасная электрическая цепь и взрывонепроницаемая оболочка	IIA	T4	0ExidIIACT4
	Специальный и искробезопасная электрическая цепь	IIC	T4	0ExsiiICT4

Пример допустимых маркировок взрывозащиты в соответствии с заданием представлен в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Допустимые маркировки взрывозащиты электрооборудования

Вид электрооборудования	Допустимая маркировка взрывозащиты		
	ГОСТ 30852	ГОСТ 60079	ATEX
Электродвигатели	(e, p, d) 1ExdeIIAT4	(e, p, d) ExdeIIAT4Gb	(e, p, d) <Ex>IIIG2ExdeIIAT4
Электрические аппараты	(e, d, i) 1ExeIIAT4	(e, d, i) ExeIIAT4Gb	(e, d, i) <Ex>IIIG2ExeIIAT4
Датчики	(i, m) 1ExibIIAT4	(i, m) ExibIIAT4Gb	(i, m) <Ex>IIIG2ExibIIAT4
Светильники	(d, i, e) 1ExeIIAT4	(d, i, e) ExeIIAT4Gb	(d, i, e) <Ex>IIIG2ExeIIAT4

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Пояснить алгоритм выбора маркировки взрывозащиты электрооборудования.
- 2 Пояснить суть видов взрывозащиты.
- 3 Как уровень взрывозащиты связан с классом взрывоопасной зоны?
- 4 В какой мере при выборе учитывается климатическое исполнение и категория размещения электрооборудования?
- 5 Как уровень взрывозащиты связан с исполнением электрооборудования (стационарное, передвижное)?
- 6 Может ли в маркировке взрывозащиты присутствовать несколько видов взрывозащиты и почему?
- 7 Приведите виды взрывозащиты и их описание.

## 4 Лабораторная работа № 4. Выбор взрывозащищенного электрооборудования

**Цель работы:** выполнить выбор взрывозащищенного электрооборудования для заданных параметров технологической установки.

### *Исходные данные*

Исходные данные – из лабораторной работы № 2.

Допустимые маркировки взрывозащиты электрооборудования – из лабораторной работы № 3.

Задаются преподавателем:

- мощность технологического агрегата (насоса, вентилятора);
- диапазон частот вращения технологического агрегата;
- диапазон измерения технологического датчика;
- погрешность измерения.

### *Порядок выполнения работы*

В ходе выполнения работы необходимо привести условия выбора электрооборудования по требуемым параметрам, выполнить расчет и выбрать взрывозащищенное электрооборудование:

- электродвигатели;
- технологические датчики;
- светильники;
- посты управления.

Также необходимо привести условия выбора электрооборудования по требуемым параметрам, выполнить расчет и выбрать невзрывозащищённое или связанное электрооборудование:

- электрические аппараты защиты;
- преобразователи частоты;
- управляющий технологический программируемый логический контроллер (ПЛК);
- источники питания для технологических датчиков (если необходимо);
- искробезопасные барьеры (если необходимо).

Маркировка взрывозащиты выбранного электрооборудования должна удовлетворять требованиям маркировки взрывозащиты электрооборудования из лабораторной работы № 3.

Необходимо представить функциональную схему силовой части и системы управления с нанесением её на планы взрывоопасных и невзрывоопасных зон.

## ***Содержание отчета***

Отчет по лабораторной работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать:

- титульный лист;
- цель работы;
- исходные данные;
- результаты выполнения работы: результаты выбора электрооборудования (взрывозащищённого, невзрывозащищённого или связанного электрооборудования), функциональная схема силовой части и системы управления с нанесением её на планы взрывоопасных и невзрывоопасных зон;
- выводы по работе.

## ***Краткие методические указания***

Выбор электродвигателя осуществляется согласно методике, изученной в дисциплине «Теория электропривода».

Выбор аппаратов защиты, регулирования и управления осуществляется согласно методике, изученной в дисциплине «Электрические аппараты».

Выбор технологических датчиков осуществляется согласно дисциплине «Электрические измерения».

## ***Пример результатов выбора***

Выбор электродвигателя выполняется по следующим критериям:

- маркировка взрывозащиты электродвигателя должна быть не ниже допустимой;
- в соответствии с заданным режимом продолжительной работы S1;
- номинальное напряжение статора должно соответствовать трехфазному напряжению питания силовой сети

$$U_{1ном} = 380 \text{ В};$$

- в соответствии с заданным значением синхронной скорости

$$n_0 = n_{зад};$$

- по заданной мощности двигателя

$$P_{2ном} \geq P_{зад};$$

- по климатическому исполнению (У или УХЛ);
- по соответствующей категории размещения для закрытого помещения (не хуже 3);

– степени защиты оболочки от попадания твердых тел и воды – не ниже IP54.

По заданным техническим характеристикам и выбранной маркировке взрывозащиты выбирается электродвигатель серии АВ100L2У2 с маркировкой взрывозащиты 1ExdIIВТ4, в климатическом исполнении У, категории размещения 2, с защитой от внешних воздействий среды IP54.

Технические характеристики электродвигателя приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Технические характеристики электродвигателя

Тип двигателя	Мощность номинальная	Частота вращения	Ток статора номинальный	КПД	Коэффициент мощности	Кратность пускового тока
	$P_{2n}$	$n_n$	$I_n$	$\eta_n$	$\cos\varphi_n$	$I_n/I_n$
	кВт	об/мин	А	%	–	–
АВ100L2У2	11	2900	20	88	0,9	7,5

Технические характеристики преобразователя частоты приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Технические характеристики преобразователя частоты

Мощность, кВт	Номинальные параметры для тяжелого режима нагрузки	
	Модель ПЧ	Номинальный выходной ток, А
11	С1МR-АС 4А0031	24

В комплект преобразователя входят входной и выходной фильтры:

- 3G3IV-PFI3170-SE входной фильтр подавления помех уменьшает распространение помех между регулятором и сетью питания;
- 3G3IV-PLF3170-SE выходной фильтр контролирует генерирование регулятором помех, не пропуская их в сеть питания.

Так как электродвигатель имеет взрывозащиту вида «d» (в том числе и для коробки выводов), то нет необходимости ограничения значения скорости нарастания напряжения с помощью выходного du/dt-фильтра.

Технические характеристики автоматического выключателя приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Технические характеристики автоматического выключателя

Модель	Номинальное напряжение	Номинальный ток контактов	Номинальный ток уставки	Кратность тока уставки
	В	А	А	–
АЕ2033М-200-О3	660	25	25	12

Технические характеристики кнопочных выключателей приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Технические характеристики кнопочных выключателей

Наименование	Число толкателей	Напряжение контактов	Ток контактов	Код защиты	Маркировка взрывозащиты
		В	А		
КУ-91-1ExdПВТ5-У2	1	380	10	IP54	1ExdПВТ5

Выбор датчиков средств автоматизации и противоаварийной защиты выполняется по заданным значениям критических параметров технологического процесса: по максимальному избыточному давлению в магистрали  $P_{\max}$ .

Критериями выбора датчиков являются:

- назначение датчика;
- диапазон измерения, при котором контролируемый параметр должен измеряться во второй половине шкалы прибора;
- класс точности или величина основной погрешности;
- параметры выходного сигнала, наиболее распространённым промышленным интерфейсом является токовая петля 4...20 мА;
- маркировка взрывозащиты.

В качестве датчика давления, размещаемого в технологическом трубопроводе взрывоопасной зоны, выбирается датчик по следующим критериям:

- назначение датчика – для измерения избыточного давления газа в трубопроводе;
- диапазон измерения давления должен во второй половине шкалы иметь заданное значение  $P_{\max} = 0,08 \text{ МПа} = 80 \text{ кПа}$ ;
- выходной сигнал 4...20 мА имеет искробезопасное исполнение;
- класс точности от 1 до 3 по МЭК 584-2, точность измерения 0,5 % в рабочем диапазоне измерения давления;
- вид взрывозащиты должен соответствовать допустимой маркировке 1Ex i<sub>b</sub> ПВ Т4 Gb.

Результаты выбора датчика давления представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Результаты выбора датчика давления

Описание контролируемого параметра	Значение параметра	
	Технологическая установка	Датчик
Наименование модели	Датчик избыточного давления	Метран-150CG3 (0...250) кПа 2 2 1 1 L3 A
Критический параметр	$P_{\max} = 80 \text{ кПа}$	Диапазон 0...100 кПа
Погрешность	0,5 %	0,075 %
Выходной сигнал	4...20 мА	4...20 мА
Маркировка взрывозащиты	1Ex i <sub>b</sub> ПВ Т4 Gb	0Ex i <sub>a</sub> IIC Т5 Ga X



Параметры искробезопасности цепи датчика приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Параметры искробезопасности датчика давления

Модель датчика	Параметры искрозащиты					
	$P_i$	$U_i$	$I_i$	$L_i$	$C_i$	$R_i$
	Вт	В	мА	мГн	мкФ	Ом
Метран-150CG3(0...250) кПа 2 2 1 1 L3 A	0,9	24	120	0,07	0,01	–

Присоединенное электрооборудование (блоки питания, барьеры искрозащиты и т. п.) устанавливается во взрывобезопасной зоне и связывается с взрывозащищенным искробезопасной электрической цепью.

Допустимая маркировка присоединенного электрооборудования получается из допустимой маркировки взрывозащиты взрывозащищенного электрооборудования исключением уровня и температурного класса, а также использованием символов [ ] и приведена в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Допустимая маркировка взрывозащиты присоединенного электрооборудования

Допустимая маркировка ВЗЭО	Допустимая маркировка взрывозащиты присоединенного электрооборудования		
	ГОСТ 31610.0–2014	ГОСТ ИЕС 60079-14–2013	ATEX
1Ex ib IIB T4 Gb	[Ex ib ]IIB	[Ex ib Gb]IIB	<Ex> II (2) G [EEExib]IIB

Условия искробезопасности простой цепи с датчиком и блоком питания (БП) описываются следующими выражениями:

$$\begin{cases} U_i \geq U_0, \\ I_i \geq I_0, \\ P_i \geq P_0. \end{cases}$$

При этом соблюдаются условия нагрузки выхода БП:

$$\begin{cases} C_i + C_c \leq C_0, \\ L_i + L_c \leq L_0, \\ L_i/R_i + L_c/R_c \leq L_0/R_0 \text{ или } R_i + R_c \leq R_0. \end{cases}$$

Выбор блока питания выполняется по типу выходного сигнала и интерфейсу передачи данных, а также по величине напряжения и номинальной мощности подключенного прибора. В обязательном порядке учитываются условия искробезопасности и согласуются уровень и подгруппа в маркировке взрывозащиты. Если при выборе у датчика и БП уровень искробезопасной цепи или подгруппа различны, но соответствуют допустимой маркировке взрывозащиты и

условиям эксплуатации обоих приборов, то общий уровень искробезопасности и подгруппа системы соответствуют менее надежному обозначению.

Для датчика давления выбирается источник питания Метран-602-Ехiа-420-1 по вышеуказанным критериям, имеющий маркировку взрывозащиты [Ехi<sub>a</sub> Ga]ПС, устанавливаемый вне взрывобезопасной зоны. Результаты выбора приведены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Выбор блока питания датчика давления

Модель прибора в составе искробезопасной системы	Параметры искрозащиты					
	$P_i \geq P_0$	$U_i \geq U_0$	$I_i \geq I_0$	$L_i \leq L_0$	$C_i \leq C_0$	$R_i \leq R_0$
	Вт	В	мА	мГн	мкФ	Ом
Метран-150CG3(0...250) кПа 2 2 1 1 L3 А	0,9	24	120	0,07	0,01	–
Метран-602-Ехiа-420-1	0,7	24	100	1,5	0,1	25
Условие искрозащиты выполняется	Да	Да	Да	Да	Да	Да

Так как подгруппа и уровень искрозащиты совпадают, то маркировка взрывозащиты системы контроля давления – 0Ех i<sub>a</sub> ПС Т5 Ga X.

В качестве светильника выбирается взрывозащищенный светодиодный светильник Ех-ДПП х7-100-50-Д (Ферекс), который имеет маркировку взрывозащиты 1Ех е mb II Т4 Gb X и подходит для освещения взрывоопасных зон класса 1.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Приведите условия выбора преобразователя частоты.
- 2 В чем особенность маркировки взрывозащиты присоединенного электрооборудования?
- 3 Приведите условия выбора искробезопасного электрооборудования.
- 4 Какая дополнительная маркировка наносится на электродвигатели, получающие питание от преобразователей?
- 5 Как в маркировке электрооборудования обозначаются климатическое исполнение и категория размещения?

## **5 Лабораторная работа № 5. Выбор и монтаж электропроводки для взрывоопасных зон**

**Цель работы:** выполнить выбор электропроводки и описать способы монтажа электрооборудования во взрывоопасных зонах (ВОЗ).

### ***Исходные данные***

В качестве исходных данных используются результаты выбора электрооборудования из лабораторной работы № 4 и маркировки взрывозащиты из лабораторной работы № 3.

Преподавателем задается способ выполнения электропроводки:

- кабельные электропроводки;
- трубные электропроводки.

### ***Порядок выполнения работы***

На основании класса зоны, номинальных токов электрооборудования и способа выполнения электропроводки выбираются марки кабелей с соответствующим сечением жил проводников.

Необходимо привести расчеты сечения проводников, условия выбора типов кабелей в зависимости от способа прокладки.

На плане взрывоопасных зон привести расположение электропроводки с учетом ее способа прокладки. Указать дополнительные мероприятия, которые необходимо выполнить в зависимости от способа прокладки (установка разделительных уплотнений, способы испытаний и т. д.).

Описать порядок ввода проводников во вводные устройства электрооборудования, способы прохода через стены и перекрытия.

Описать порядок защиты взрывоопасных технологических объектов от воздействий молний, зарядов статического электричества, перенапряжений; как выполняется уравнивание потенциалов и защита от опасного искрения.

### ***Содержание отчета***

Отчет по лабораторной работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать:

- титульный лист;
- цель работы;
- исходные данные;
- результаты выполнения работы: результаты расчета и выбора электропроводки, показать расположение электропроводки с учетом ее способа прокладки на плане взрывоопасных зон, порядок ввода проводников во вводные устройства электрооборудования, способы прохода через стены и перекрытия,

порядок защиты взрывоопасных технологических объектов от воздействий молний, зарядов статического электричества, перенапряжений; как выполняется уравнивание потенциалов и защита от опасного искрения;

- выводы по работе.

### *Краткие методические указания*

Для электроустановок во взрывоопасных зонах требования к электропроводам регламентируются следующими нормативными документами: ТКП-339–2011, ГОСТ 30852.13–2002, ГОСТ ИЕС 60079-14–2013, ПУЭ (6-е изд.).

В электроустановках с глухозаземлённой нейтралью:

- во взрывоопасных зонах всех классов должно быть выполнено уравнивание потенциалов;
- в электроустановке до 1 кВ с глухозаземлённой нейтралью зануление (заземление) электрооборудования должно осуществляться для всех классов зон;
- зануляющий проводник необходимо прокладывать в общей оболочке с фазными проводниками;
- магистрали заземления выполняются проводниками из полосовой или круглой стали, которые прокладывают на расстоянии 400...600 мм от пола и соединяют с заземлителями не менее чем двумя проводниками в противоположных точках помещения для выполнения уравнивания потенциалов;
- проходы специально проложенных заземляющих (зануляющих) проводников сквозь стены взрывоопасных помещений должны выполняться в трубах или проемах с заполнением, препятствующим проникновению через них взрывоопасных смесей или газов. Соединения или ответвления заземляющих проводников в местах проходов не допускаются.

В данных электроустановках используются системы электроснабжения:

- TN-S, с глухозаземлённой нейтралью, в которой рабочий N и защитный проводник PE разделены на всём протяжении;
- TT, система электроснабжения с глухозаземлённой нейтралью, в которой питающая сеть и открытые проводящие части электрооборудования заземлены отдельно.

В качестве заземляющего контура используется стальная полоса сечением 40 мм<sup>2</sup> толщиной 4 мм, проложенная по стене помещения на высоте 400...600 мм от пола, соединенная с заземлителями (расположенными вне зоны 2) сварным соединением, не менее чем двумя проводниками в противоположных точках помещения. Стальная полоса должна быть защищена от коррозии.

Соединительные контактные зажимы для заземляющих или защитных проводников выполняются следующим образом (ГОСТ 31610.0–2014, п. 15):

- а) внутренние соединения. Соединительный контактный зажим для присоединения заземляющего или защитного проводников должен предусматриваться

внутри вводного устройства, рядом с другими соединительными контактными зажимами;

б) внешние соединения. Электрооборудование с металлической оболочкой должно иметь дополнительный наружный соединительный контактный зажим для заземляющего или защитного проводника, за исключением оборудования:

- перемещаемого под напряжением и питающегося при помощи кабеля, содержащего заземляющую или выравнивающую жилу;
- предназначенного для установки только вместе с системой электропроводки, не требующей внешнего заземления, например с помощью металлической трубы или путем применения кабеля с металлической броней.

Изготовитель должен указать, требуется ли применение заземляющего или защитного проводника при установке в вышеуказанных условиях перечислений п. б) в руководстве по эксплуатации.

Дополнительный наружный соединительный контактный зажим должен быть электрически соединен с соединительным контактным зажимом, указанным в п. а).

Согласно ТКП-339–2011 (пп. 4.1.13, 4.1.14) проводники защитного заземления во всех электроустановках, а также нулевые защитные проводники в электроустановках напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью, в том числе шины, должны иметь буквенное обозначение РЕ и цветовое обозначение чередующимися продольными или поперечными полосами одинаковой ширины (для шин от 15 до 100 мм) желтого и зеленого цветов. Нулевые рабочие (нейтральные) проводники обозначаются буквой N и голубым цветом. Совмещенные нулевые защитные и нулевые рабочие проводники должны иметь буквенное обозначение PEN и цветовое обозначение: голубой цвет по всей длине и желто-зеленые полосы на концах.

С целью уравнивания потенциалов строительные и производственные конструкции, стационарно проложенные трубопроводы всех назначений, металлические корпуса технологического оборудования и т. п. должны быть присоединены к сети заземления.

Присоединения заземляющих и нулевых проводников выполняются на болтовых соединениях, в местах, предусмотренных конструкцией электрооборудования. Болтовые соединения должны быть зачищены до металлического блеска, с предотвращением от ослабления и коррозии контактного соединения, доступны для осмотра.

В зоне класса 1, согласно таблице 7.2 из ТКП-336, система молниезащиты (СМЗ) должна быть уровня 1. Защищаемое здание со взрывоопасной зоной должно быть в пределах зоны молниезащиты уровня ЗМЗ 0<sub>в</sub> или более высокой. Для защиты от прямых ударов молнии должны применяться молниеприемники: отдельно стоящие стержневые, сетчатые или тросовые молниеотводы. Для исключения заноса высокого потенциала по подземным металлическим коммуникациям в защищаемое здание эти коммуникации должны быть удалены от заземлителя молниезащиты на определенное расстояние. В качестве заземлителей молниезащиты могут использоваться все рекомендуемые заземлители (за исклю-

чением нулевых проводников воздушных линий до 1 кВ). Железобетонные фундаменты зданий могут использоваться в качестве заземлителей молниезащиты, если существует непрерывная электрическая связь по их арматуре с присоединением к закладным деталям при помощи сварки. Для защиты от вторичных проявлений молний металлические конструкции и корпуса всего оборудования и аппаратов, находящиеся в защищаемом здании, заземляются.

Монтаж электрических цепей во взрывоопасных зонах регламентируют следующие нормативные документы: ГОСТ 30852.13–2002, ГОСТ 31610.11–2014 (для искробезопасных цепей), ТКП-339–2011, ГОСТ IEC 60079-14–2013, ПУЭ (6-е изд., глава 7.3).

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

В зонах классов 0, 1 должны применяться провода и кабели только с медными жилами. В зоне класса 2 допускается применение проводов и кабелей с алюминиевыми жилами.

Сечения проводников силовых, осветительных и вторичных цепей в сетях напряжением до 1 кВ должны выбираться в соответствии с требованиями к электроустановкам общего назначения, но быть не менее сечения, принятого по расчетному току.

Проводники ответвлений к электродвигателям на напряжение до 1 кВ с короткозамкнутым ротором (кроме находящихся в зоне класса 2 и наружной установки) должны быть защищены от перегрузок, а их сечения должны допускать длительную нагрузку не менее 125 % номинального тока электродвигателя.

Для электрического освещения в зонах классов 0 и 1 должны применяться двухпроводные групповые линии.

В зонах классов 0 и 1 в двухпроводных линиях с нулевым рабочим проводником должны быть защищены от токов короткого замыкания (КЗ) фазный и нулевой рабочий проводники. Для одновременного отключения фазного и нулевого рабочего проводников должны применяться двухполюсные выключатели.

Нулевые рабочие и нулевые защитные проводники должны иметь изоляцию, равноценную изоляции фазных проводников.

Гибкий токопровод на напряжение до 1 кВ во взрывоопасных зонах любого класса следует выполнять переносным гибким кабелем с медными жилами, с резиновой изоляцией, в резиновой маслобензиностойкой оболочке, не распространяющей горение.

Во взрывоопасных зонах всех классов запрещается применение проводов и кабелей с полиэтиленовой изоляцией или оболочкой.

Использование соединительных и ответвительных коробок для выполнения разделительных уплотнений не допускается.

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.

Допустимые длительные токи на кабели, засыпанные песком, должны приниматься в соответствии с требованиями к электроустановкам общего назначения как для кабелей, проложенных в воздухе, с учетом поправочных коэффициентов на число работающих кабелей.

Во взрывоопасных зонах запрещается устанавливать соединительные и ответвительные кабельные муфты, за исключением искробезопасных цепей.

Ввод трубных электропроводок в машины и аппараты, имеющие вводы только для кабелей, запрещается.

Через взрывоопасные зоны, а также на расстояниях менее 5 м по горизонтали и вертикали от взрывоопасной зоны запрещается прокладывать не относящиеся к данному технологическому процессу транзитные электропроводки и кабельные линии всех напряжений. Допускается их прокладка на расстоянии менее 5 м по горизонтали и вертикали от взрывоопасной зоны при выполнении дополнительных защитных мероприятий, например, прокладка в трубах, в закрытых коробах, в полах.

Кабельные линии и арматура должны располагаться, по возможности, в местах, которые предотвращают опасность их механического повреждения, коррозии или химических воздействий и воздействия высокой температуры. Там, где эти воздействия неизбежны, должны применяться защитные меры, такие как прокладка в трубах, или выбираться соответствующие типы кабелей.

Если кабельные линии или электропроводка в трубах подвержены вибрации, они должны быть спроектированы так, чтобы выдержать эту вибрацию без повреждения.

Одножильные кабели без оболочки не могут применяться для токоведущих проводников, если они не проложены внутри распределительных устройств, оболочек или в трубах.

Соединение кабелей и электропроводки в трубах с электрооборудованием должно осуществляться в соответствии с требованиями к виду взрывозащиты этого электрооборудования.

Неиспользуемые отверстия в электрооборудовании для кабельных или трубных вводов должны быть закрыты заглушками, соответствующими виду взрывозащиты электрооборудования. Средства, применяемые для этих целей, за исключением искробезопасного электрооборудования, должны быть такими, чтобы заглушку можно было удалить только при помощи инструментов.

Если для прокладки кабелей используют желоба, каналы, трубы или траншеи, необходимо предпринимать меры по предотвращению прохода горючих газов, паров или жидкостей из одной зоны в другую и скопления горючих газов, паров или жидкостей в траншеях. Эти меры могут включать уплотнение желобов, каналов или труб. Для траншей можно использовать соответствующую вентиляцию или заполнение песком.

Если электропроводки пересекают взрывоопасную зону при переходе из одной невзрывоопасной зоны в другую, монтаж электропроводки во взрывоопасной зоне должен соответствовать классу зоны.

Следует избегать случайного контакта между металлической броней или

оболочкой кабелей, кроме обогревающих, и трубопроводами или оборудованием, содержащими горючие газы, пары или жидкости.

Проходы в стенах для кабелей и электропроводки в трубах между взрывоопасными и невзрывоопасными зонами должны быть уплотнены, например, с помощью песчаной засыпки или строительного раствора.

Кабели во взрывоопасных зонах должны, по возможности, прокладываться без сращиваний. Если сращивания избежать нельзя, соединение кабелей, отвечающее реальным условиям в механическом, электрическом и климатическом отношении, должно быть дополнительно:

- либо помещено в оболочку с взрывозащитой вида, соответствующего классу взрывоопасной зоны;

- либо в соединении не должно возникать механических напряжений, оно должно быть залито эпоксидной смолой, компаундом или спрессовано термоусаживаемой муфтой в соответствии с инструкциями изготовителя.

Электроустановки с искробезопасными электрическими цепями должны быть смонтированы таким образом, чтобы на их искробезопасность не оказывали неблагоприятное воздействие внешние электрические или магнитные поля, например, от близлежащих воздушных линий электропередач или силовоточных одножильных кабелей. Это может быть достигнуто, например, использованием экранов и (или) изгибом жил или обеспечением требуемого удаления от источника электрического или магнитного поля.

Кабели как во взрывоопасной зоне, так и вне ее должны отвечать одному из следующих требований:

- кабели искробезопасных электрических цепей должны быть отделены от всех кабелей искроопасных цепей;

- кабели искробезопасных электрических цепей должны быть проложены так, чтобы исключить возможность их механического повреждения;

- кабели искробезопасных или искроопасных электрических цепей должны быть бронированными, заключенными в металлическую оболочку или экранированными.

Проводники искробезопасных и искроопасных электрических цепей не должны размещаться в одном и том же кабеле. Проводники искробезопасных и искроопасных электрических цепей в одном и том же жгуте или канале должны быть отделены промежуточным слоем изоляционного материала или заземленной металлической перегородкой. Никакого разделения не требуется, если для искробезопасных или искроопасных цепей используют металлические оболочки или экраны.

Кабели, содержащие искробезопасные электрические цепи, должны быть промаркированы. Если оболочки или покрытия кабелей маркируются цветом, должен применяться синий цвет. Кабели, имеющие такую маркировку, не должны использоваться для других целей. Если кабели искробезопасных или искроопасных электрических цепей бронированы, помещены в металлическую оболочку или экранированы, маркировка кабелей искробезопасных электрических цепей не требуется.

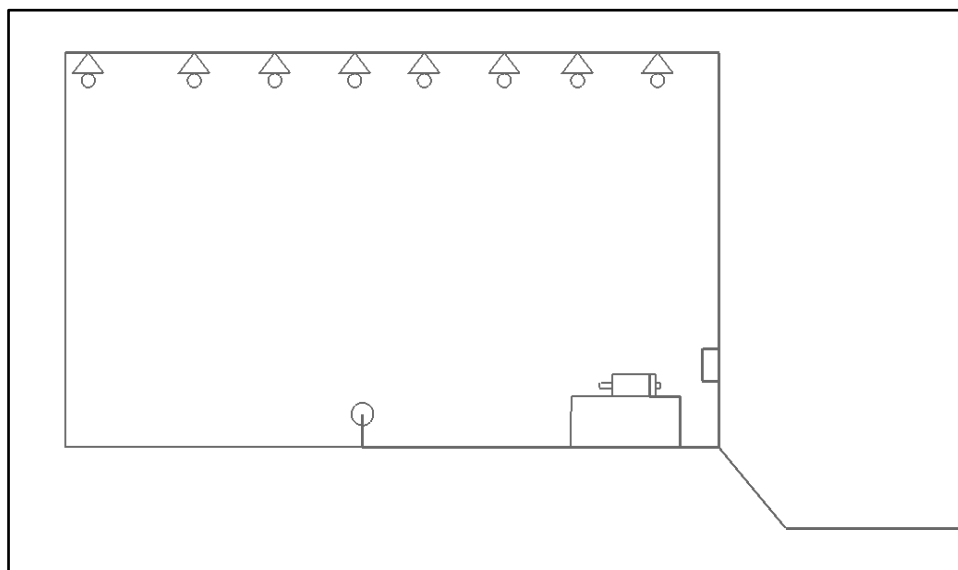


Внутри измерительных стоек и шкафов управления, коммутационной аппаратуры, распределительных устройств и т. д., где имеется риск перепутывания между собой кабелей искробезопасных и искроопасных электрических цепей при наличии нулевого рабочего проводника, имеющего расцветку, выполненную синим цветом, должны приниматься меры альтернативной маркировки.

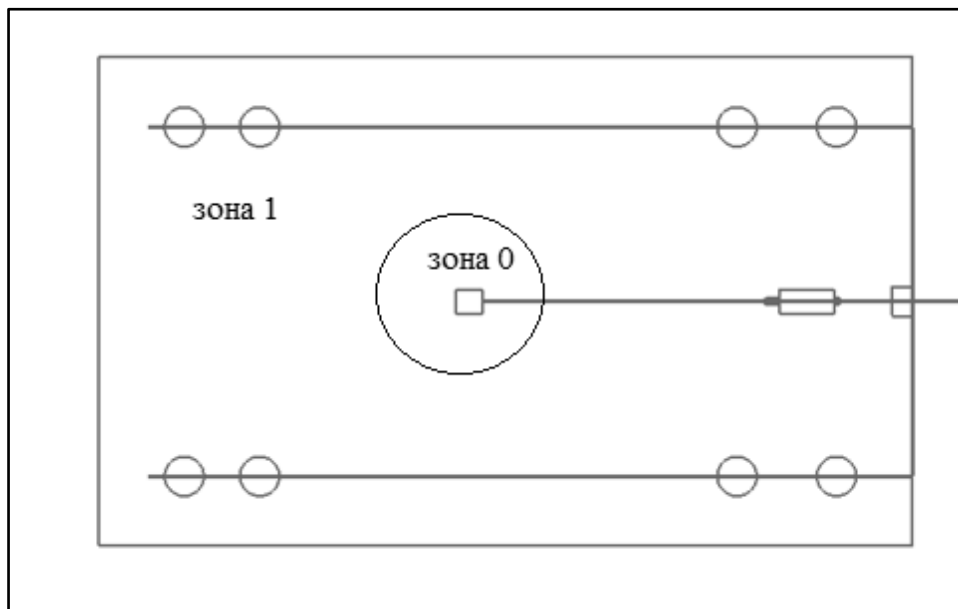
В обязательном порядке (ГОСТ IEC 6079-14–2013) проводится первоначальная проверка оборудования после монтажа.

Эскиз прокладки кабелей во взрывоопасной зоне представлен на рисунке 5.1.

*а)*



*б)*



*а* – вид сбоку; *б* – вид сверху

Рисунок 5.1 – Эскиз прокладки кабелей во взрывоопасной зоне

***Контрольные вопросы***

- 1 Для каких целей применяется разделительное уплотнение?
- 2 В чем отличие трубных электропроводок от кабельных?
- 3 Какие проводники применяются во взрывоопасных зонах классов 0, 1, 2?
- 5 Какая изоляция не допускается к применению во взрывоопасных зонах?
- 6 Как технически выполняется уравнивание потенциалов?
- 7 Пояснить последовательность выбора сечения проводников.
- 8 Какие предъявляются требования к минимальному сечению проводников?
- 9 Как обеспечивается защита от опасного искрения?

## **6 Лабораторная работа № 6. Определение параметров взрывозащиты электродвигателя с видом взрывозащиты «d»**

**Цель работы:** определение параметров взрывозащиты электродвигателя с видом взрывозащиты «d».

### ***Исходные данные***

Взрывозащищенный электродвигатель с видом взрывозащиты «d» или ремонтная документация на двигатель с данным видом взрывозащиты.

### ***Порядок выполнения работы***

Выполнить разборку электродвигателя и с помощью измерительного инструмента определить параметры взрывозащиты соединений (длина  $L$  и ширина щели  $S$ ). Определить свободный объем оболочки  $V$ . На основании полученных данных определить маркировку взрывозащиты (подгруппу).

### ***Содержание отчета***

Отчет по лабораторной работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать:

- титульный лист;
- цель работы;
- исходные данные: электродвигатель или ремонтная документация;
- результаты выполнения работы: таблица параметров взрывозащиты соединений, вид взрывозащиты, эскизы узлов взрывозащиты (корпус – фланец, вал – подшипниковый щит и т. д.);
- выводы по работе.

### ***Краткие методические указания***

Для определения маркировки взрывозащиты по полученным данным использовать стандарт ГОСТ МЭК 60079–1. Взрывоопасные среды. Часть 1. Оборудование с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка «d».

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Как обеспечивается взрывозащита в электрооборудовании с видом взрывозащиты «d»?
- 2 Как зависят параметры взрывозащиты соединений (длина  $L$  и ширина щели  $S$ ) от объема оболочки  $V$ ?
- 3 В чем достоинство данного вида взрывозащиты?

## **7 Лабораторная работа № 7. Определение параметров взрывозащиты светильника с видом взрывозащиты «d»**

**Цель работы:** определение параметров взрывозащиты светильника с видом взрывозащиты «d».

### ***Исходные данные***

Взрывозащищенный светильник с видом взрывозащиты «d» или ремонтная документация на светильник с данным видом взрывозащиты.

### ***Порядок выполнения работы***

Выполнить разборку светильника и с помощью измерительного инструмента определить параметры взрывозащиты соединений (длина  $L$  и ширина щели  $S$ ). Определить свободный объем оболочки  $V$ . На основании полученных данных определить маркировку взрывозащиты (подгруппу).

### ***Содержание отчета***

Отчет по лабораторной работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать:

- титульный лист;
- цель работы;
- исходные данные: светильник или ремонтная документация;
- результаты выполнения работы: таблица параметров взрывозащиты соединений, вид взрывозащиты, эскизы узлов взрывозащиты (корпус – фланец и т. д.);
- выводы по работе.

### ***Краткие методические указания***

Для определения маркировки взрывозащиты по полученным данным использовать стандарт ГОСТ МЭК 60079–1. Взрывоопасные среды. Часть 1. Оборудование с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка «d».

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Как обеспечивается взрывозащита в электрооборудовании с видом взрывозащиты «d»?
- 2 Как зависят параметры взрывозащиты соединений (длина  $L$  и ширина щели  $S$ ) от объема оболочки  $V$ ?
- 3 В чем достоинство данного вида взрывозащиты?

## **8 Лабораторная работа № 8. Определение параметров взрывозащиты электродвигателя с видом взрывозащиты «е»**

**Цель работы:** определение параметров взрывозащиты электродвигателя с видом взрывозащиты «е».

### ***Исходные данные***

Взрывозащищенный электродвигатель с видом взрывозащиты «е» или ремонтная документация на двигатель с данным видом взрывозащиты.

### ***Порядок выполнения работы***

Выполнить разборку электродвигателя и с помощью измерительного инструмента определить параметры взрывозащиты электрических соединителей (расстояние между токоведущими частями, длина путей утечек тока, электроизоляционные материалы и т. д.). На основании полученных данных определить маркировку взрывозащиты (подгруппу).

### ***Содержание отчета***

Отчет по лабораторной работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать:

- титульный лист;
- цель работы;
- исходные данные: электродвигатель или ремонтная документация;
- результаты выполнения работы: таблица параметров взрывозащиты электрических соединителей, вид взрывозащиты, эскизы узлов электродвигателя, описание конструкции;
- выводы по работе.

### ***Краткие методические указания***

Для подтверждения маркировки взрывозащиты по полученным данным использовать стандарт ГОСТ МЭК 60079–7. Взрывоопасные среды. Часть 7. Повышенная защита вида «е».

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Как обеспечивается взрывозащита в электрооборудовании с видом взрывозащиты «е»?
- 2 В чем достоинство данного вида взрывозащиты?
- 3 Как обеспечивается контроль температурного режима при пуске?

## Список литературы

- 1 **Бурашников, Ю. М.** Производственная безопасность на предприятиях пищевых производств : учебник / Ю. М. Бурашников, А. С. Максимов, В. Н. Сысоев. – 2-е изд., стер. – Москва: Дашков и К°, 2020.
- 2 Системы автоматизации в нефтяной промышленности: учебное пособие / М. Ю. Прахова [и др.]; под общ. ред. М. Ю. Праховой. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019.
- 3 **Полищук, В. И.** Эксплуатация, диагностика и ремонт электрооборудования : учебное пособие / В.И. Полищук. – Москва: ИНФРА-М, 2020.
- 4 Взрывоопасные среды. Часть 10-1. Классификация зон. Взрывоопасные газовые среды: ГОСТ ИЕС 60079-10-1–2013. – Введ. впервые 01.04.2016 // ИПС «Стандарт» / БелГИСС. – Минск, 2016.
- 5 Взрывоопасные среды. Часть 1. Оборудование с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемые оболочки «d»: ГОСТ ИЕС 60079-1–2013. – Введ. впервые 01.03.2016. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016.
- 6 Взрывоопасные среды. Часть 2. Оборудование с видом взрывозащиты «оболочки под избыточным давлением «р»: ГОСТ ИЕС 60079-2–2013. – Введ. впервые 01.10.2016. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016.
- 7 Взрывоопасные среды. Часть 14. Проектирование, выбор и монтаж электроустановок: ГОСТ ИЕС 60079-14–2013. – Введ. впервые 01.10.2016. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016.
- 8 Взрывоопасные среды. Часть 17. Проверка и техническое обслуживание электроустановок. ГОСТ ИЕС 60079-17–2011. – Введ. впервые 01.09.2016. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016.
- 9 Взрывоопасные среды. Часть 35-2. Головные светильники для применения в шахтах, опасных по рудничному газу. Эксплуатационные и другие характеристики, относящиеся к безопасности: ГОСТ ИЕС 60079-35-2–2013. – Введ. впервые 01.10.2016. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016.
- 10 Электрооборудование, применяемое в зонах, опасных по воспламенению горючей пыли. Часть 10. Классификация зон, где присутствует или может присутствовать горючая пыль: ГОСТ ИЕС 61241-10–2011. – Введ. впервые 01.01.2015. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016.
- 11 Потенциально взрывоопасные среды. Предотвращение взрыва и взрывозащита. Определение минимальной энергии воспламенения пылевоздушных смесей: СТБ EN 13821–2011. – Введ. впервые 01.07.2012. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016.
- 12 Среда взрывоопасные. Часть 29-4. Приборы для обнаружения газов. Требования к рабочим характеристикам приборов для обнаружения горючих газов с открытым оптическим трактом: СТБ ИЕС 60079-29-4–2012. – Введ. 01.07.2013. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016.
- 13 Система стандартов безопасности труда. Смеси взрывоопасные. Классификация и методы испытаний: ГОСТ 12.1.011–78. – Введ. впервые 01.07.1979. –

Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016.

14 Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред. Часть 5. Кварцевое заполнение оболочки «q»: ГОСТ 31610.5-2012/IEC 60079-5-2007. – Введ. впервые 01.08.2014. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016.

15 Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред. Часть 7. Повышенная защита вида «е»: ГОСТ 31610.7-2012/IEC 60079-7-2006. – Введ. впервые 01.01.2016. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016.

16 Аппараты электрические коммутационные на напряжение до 1000 В. Требования и методы контроля надежности: СТБ 2395-2014. – Введ. впервые 01.07.2015. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016.

17 Потенциально взрывоопасные среды. Предотвращение взрыва и взрывозащита. Определение минимальной энергии воспламенения пылевоздушных смесей: СТБ EN 13821-2011. – Введ. впервые 01.07.2012. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016.

18 Взрывоопасные среды. Взрывозащита и предотвращение взрыва. Часть 1. Основополагающая концепция и методология: ГОСТ 31438.1-2011. – Введ. впервые 01.02.2015. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016.

19 Взрывоопасные среды. Взрывозащита и предотвращение взрыва. Часть 2. Основополагающая концепция и методология (для подземных выработок): ГОСТ 31438.2-2011. – Введ. впервые 01.01.2015. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016.

20 Взрывоопасные среды. Часть 26. Оборудование с уровнем взрывозащиты оборудования Ga: ГОСТ 31610.26-2012/IEC 60079-26-2006. – Введ. впервые 01.01.2015. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016.

21 Взрывоопасные среды. Часть 28. Защита оборудования и передающих систем, использующих оптическое излучение: ГОСТ 31610.28-2012/IEC 60079-28-2006. – Введ. впервые 01.07.2015. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016.

22 **Слука, М. П.** Обслуживание электроустановок во взрывоопасных зонах: учебное пособие / М. П. Слука, Л. М. Ковалёв, В. С. Ермаков; под общ. ред. Д. И. Королькова. – Могилев: МГТУ, 2001.

24 Правила устройства электроустановок. – 6-е изд., перераб. и доп. – Гомель: Полеспечать, 2007.