

---

**Л.М. Ковалев, В.С. Ермаков, М.П. Слука**

---

# **ОБСЛУЖИВАНИЕ И МОНТАЖ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ**

**У Ч Е Б Н О Е      П О С О Б И Е**



**Л.М. Ковалев, В.С. Ермаков, М.П. Слука**

**ОБСЛУЖИВАНИЕ И МОНТАЖ  
ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ВО  
ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ**

**Учебное пособие**

**Могилев  
МГТУ  
2007**

**ББК31.29-5а78**

**К 42**

**Рецензенты:**

канд. техн. наук, доцент кафедры "Электроснабжение" Гомельского государственного  
технического университета В.И. Пупкин.  
главный энергетик Могилевского РУПП "Химволокно" В.И. Мозель

**Ковалев Л.М.**

**К42 Обслуживание и монтаж электроустановок во взрывоопасных зонах, – учеб. пособие/ Сост.: Л.М. Ковалев, В.С. Ермаков, М.П. Слука. – Могилев: МГТУ, 2007 -116 с.**

Настоящее пособие ставит своей целью конкретизацию и разъяснение основных действующих нормативно-технических документов в области электроустановок во взрывоопасных зонах, в том числе тех, в которых применяется электрооборудование, изготовленное в различных странах мира по соответствующим национальным и международным нормам. Поэтому в пособии наряду с отечественными нормами рассматриваются основные положения международных норм (Публикации МЭК, Европейские нормы) и национальных норм ведущих стран (США, Канада). Особое внимание в пособии уделяется вопросам соответствия отечественных норм иным (международным, национальным), что должно оказать существенную помощь специалистам при выборе и эксплуатации взрывозащищенного электрооборудования для конкретных технологических установок, а также при модернизации предприятий и цехов.

Книга предназначена в качестве учебного пособия для студентов старших курсов соответствующих электротехнических специальностей и переподготовки специалистов по обслуживанию электроустановок во взрывоопасных зонах.

Книга также будет полезна для работников электротехнических отделов проектных институтов, монтажных и наладочных организаций, эксплуатационных служб промышленных предприятий, связанных с проектированием, монтажом, наладкой, ремонтом и эксплуатацией электроустановок во взрывоопасных зонах.

© Могилевский государственный технический университет, 2007

© Ковалев Л.М., Ермаков В.С., Слука М.П., 2007

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> .....	6
<b>1. ОСНОВНЫЕ НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ ПО ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАМ ВОЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ</b> .....	7
1.1. ОБЩИЕ ОЛОЖЕНИЯ.....	7
1.2. МЕЖДУНАРОДНЫЕ НОРМЫ ИОРГАНЫ,ИХ ИЗДАЮЩИЕ.....	7
1.3. НАЦИОНАЛЬНЫЕ НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ.....	8
1.4. НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ США.....	8
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	8
<b>2. ПОКАЗАТЕЛИ ВЗРЫВООПАСНОСТИ ВЕЩЕСТВ. ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ</b> .....	13
2.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	13
2.2. ВЗРЫВООПАСНАЯ СРЕДА.....	13
2.3. ГОРЮЧИЕ ВЕЩЕСТВА.....	14
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	16
<b>3. КЛАССИФИКАЦИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ СМЕСЕЙ</b> .....	20
3.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	20
3.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ СМЕСЕЙ ПО ГОСТ 12.1.011-78*.....	21
3.3 КЛАССИФИКАЦИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ СМЕСЕЙ ПО ПИВЭ.....	23
3.4. КЛАССИФИКАЦИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ СМЕСЕЙ ПО ПИВРЭ.....	24
ТАБЛИЦА 3.6 – РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗОСПО ГРУППАМ ПО ПИВРЭ.....	24
3.5 КЛАССИФИКАЦИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ СМЕСЕЙ ПО EN 50014.....	24
3.6 КЛАССИФИКАЦИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ СМЕСЕЙ ПО НЕС.....	24
3.7 СООТВЕТСТВИЕ КЛАССИФИКАЦИЙ ВЗОСПО НАЦИОНАЛЬНЫМ И МЕЖДУНАРОДНЫМ .....	25
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	25
<b>4 КЛАССИФИКАЦИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОН</b> .....	26
4.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	26
4.2 КЛАССИФИКАЦИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОН ПО ГЛ. 7.3. ПУЭ, 7-го ИЗДАНИЯ.....	27
4.3 КЛАССИФИКАЦИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОН ПО ПРОЕКТУ ГЛ. 7.3. ПУЭ, 7 -ГО ИЗДАНИЯ.....	32
4.4 КЛАССИФИКАЦИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОН ПО ПУБЛИКАЦИИ МЭК 79-10.....	34
4.5 КЛАССИФИКАЦИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОН ПО НЕС 500 США.....	36
4.6 СООТВЕТСТВИЕ КЛАССИФИКАЦИЙ ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОН ПО РАЗЛИЧНЫМ НОРМАТИВНЫМ ДОКУМЕНТАМ.....	38
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	40
<b>5. КЛАССИФИКАЦИЯ И МАРКИРОВКА ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ</b> .....	40
5.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	40
5.2 КЛАССИФИКАЦИЯ ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГООБОРУДОВАНИЯ ПО ГОСТ 12.2.020-76.....	47
5.3 МАРКИРОВКА ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПО ГОСТ 12.2.020-76.....	48
5.4 КЛАССИФИКАЦИЯ ИМАРКИРОВКА ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПО ПИВЭ .....	51
5.5 КЛАССИФИКАЦИЯ И МАРКИРОВКА ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПО ПИВРЭ.....	53
5.6 КЛАССИФИКАЦИЯ И МАРКИРОВКА ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПО ПУБЛИКАЦИИ МЭК 79-0 (ВТОРОЕ ИЗДАНИЕ).....	55
5.7 КЛАССИФИКАЦИЯ И МАРКИРОВКА ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПО ЕВРОПЕЙСКОЙ НОРМЕ EN50014.....	57

5.8 КЛАССИФИКАЦИЯ И МАРКИРОВКА ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ С ВИДОМ ВЗРЫВОЗАЩИТЫ "N" ПО ПУБЛИКАЦИИ МЭК 79-15.....	57
5.9 МАРКИРОВКА ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА США И КАНАДЫ.....	58
5.10 СООТВЕТСТВИЕ МЕЖДУ КЛАССАМИ ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОН С ГАЗОВОЙ ВЗРЫВООПАСНОЙ СРЕДОЙ, УРОВНЯМИ И ВИДАМ ВЗРЫВОЗАЩИТЫ.....	59
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	60
<b>6 ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ.....</b>	<b>61</b>
6.1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ.....	61
6.2 ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КЛАССА ВЗРЫВООПАСНОЙ ЗОНЫ.....	64
6.3 ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ГАЗОВОЙ ВЗРЫВООПАСНОЙ СРЕДЫ.....	65
6.4 ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЫЛЕВОЗДУШНОЙ ВЗРЫВООПАСНОЙ СРЕДЫ.....	67
6.5 ПРИМЕРЫ ВЫБОРА ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.....	68
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	74
<b>7 МОНТАЖ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ.....</b>	<b>75</b>
7.1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ.....	75
7.2 ПРЕДМОНТАЖНАЯ ПОДГОТОВКА.....	76
7.3 ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ, ТОКОПРОВОДЫ И КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ.....	79
7.4 ЗАНУЛЕНИЕ, ЗАЗЕМЛЕНИЕ И ЗАЩИТНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ.....	86
7.5 МОНТАЖ ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.....	88
<b>8 ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.....</b>	<b>90</b>
8.1 ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ.....	90
8.2 ОСМОТРЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.....	91
8.3 ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ, ИЗМЕРЕНИЯ И ПРОВЕРКИ.....	92
8.4 ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ В-П, В-ПА.....	94
8.5 ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ.....	94
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	95
<b>9 РЕМОНТ ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.....</b>	<b>95</b>
9.1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ.....	95
9.2 ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ.....	97
9.2.1 ПРИЕМКА В РЕМОНТ И ВЫДАЧА ИЗ РЕМОНТА.....	98
9.2.2 ОРГАНИЗАЦИЯ РАЗБОРКИ И ДЕФЕКТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.....	98
9.2.3 СБОРКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.....	99
9.2.4 ИСПЫТАНИЯ.....	99
9.2.5 МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРИ РЕМОНТЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.....	99
9.3 ОСОБЕННОСТИ РЕМОНТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СРАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ ВЗРЫВОЗАЩИТЫ.....	99
9.3.1 ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ С ВЗРЫВОЗАЩИТОЙ ВИДА "ВЗРЫВОНЕПРОНИЦАЕМАЯ ОБОЛОЧКА".....	99
9.3.2 ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ С ВЗРЫВОЗАЩИТОЙ ВИДА "ПОВЫШЕННАЯ НАДЕЖНОСТЬ ПРОТИВ ВЗРЫВА".....	101
9.3.3 ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ С ВЗРЫВОЗАЩИТОЙ ВИДА "ЗАПОЛНЕНИЕ ИЛИ ПРОДУВКА ОБОЛОЧКИ ПОД ИЗБЫТОЧНЫМ ДАВЛЕНИЕМ".....	101
9.3.4 ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ С ВЗРЫВОЗАЩИТОЙ ВИДА "МАСЛЯНОЕ ЗАПОЛНЕНИЕ ОБОЛОЧКИ".....	101
9.3.5 ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ С ВЗРЫВОЗАЩИТОЙ ВИДА "ИСКРОБЕЗОПАСНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ".....	102

9.3.6 ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СВЗРЫВОЗАЩИТОЙ ВИДА “КВАРЦЕВОЕ ЗАПОЛНЕНИЕ ОБОЛОЧКИ” .....	102
9.3.7 ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СО СПЕЦИАЛЬНЫМ ВИДОМ ВЗРЫВОЗАЩИТЫ.....	102
9.4 ОСОБЕННОСТИ РЕМОНТА ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ.....	102
9.5 РЕМОНТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ НА ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ.....	104
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	105
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:</b> .....	107

## ПРЕДИСЛОВИЕ

На предприятиях имеется значительное количество производств, связанных с использованием в технологических процессах взрывоопасных газов, паров, пылей и волокон. Для автоматизации и механизации производственных процессов в таких условиях требуется применение взрывозащищенного электрооборудования.

В настоящее время в эксплуатации на таких предприятиях находится взрывозащищенное электрооборудование, изготовленное в различных странах мира, которое поставлялось как комплектно с технологическим оборудованием, так и индивидуально, в том числе для замены или модернизации электроустановок.

Заводы-изготовители взрывозащищенного электрооборудования в зависимости от страны, в которой они находятся, руководствуются как национальными, так и международными нормами по проектированию и изготовлению такого оборудования, отличными от отечественных норм. Это ставит перед проектировщиками взрывоопасных производств, а также перед обслуживающим персоналом электроустановок во взрывоопасных зонах немало сложных проблем, от правильного решения которых зависит безопасность производства в целом.

Отсутствие единых нормативных материалов затрудняет решение вопросов выбора, применения защищенного электрооборудования, изготовленного по различным национальным и международным нормам.

Настоящее пособие ставит своей целью конкретизацию и разъяснение основных действующих нормативно-технических документов в области электроустановок во взрывоопасных зонах, в том числе тех, в которых применяется электрооборудование, изготовленное в различных странах мира по соответствующим национальным и международным нормам. Поэтому в пособии наряду с отечественными нормами рассматриваются основные положения международных норм (Публикации МЭК, Европейские нормы) и национальных норм ведущих стран (США, Канада). Особое внимание в пособии уделяется вопросам соответствия отечественных норм иным (международным, национальным), что должно оказать существенную помощь специалистам при выборе и эксплуатации взрывозащищенного электрооборудования для конкретных технологических установок, а также при модернизации предприятий, цехов, построенных в свое время “под ключ” по зарубежным нормам.

Книга предназначена в качестве учебного пособия для студентов старших курсов соответствующих электротехнических специальностей и переподготовки специалистов по обслуживанию электроустановок во взрывоопасных зонах.

Книга также будет полезна для работников электротехнических отделов проектных институтов, монтажных и наладочных организаций, эксплуатационных служб промышленных предприятий, связанных с проектированием, монтажом, наладкой, ремонтом и эксплуатацией электроустановок во взрывоопасных зонах.

Главы 1 – 3, 5, предисловие написаны Л.М. Ковалевым, глава 4 – В.С. Ермаковым, главы 6 – 9 – М.П. Слухой.

Авторы выражают благодарность рецензентам данной книги – канд. техн. наук, доценту кафедры "Электроснабжение" Гомельского государственного технического университета и главному энергетику Могилевского РУПП "Химволокно" В.И. Мозелю за критические замечания и полезные советы.



# 1. ОСНОВНЫЕ НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ ПО ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАМ ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ

## 1.1. Общие положения

**Электроустановки** – совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования, предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид энергии.

**Электрооборудование** – все узлы, применяемые как единое целое или отдельно для использования электрической энергии. К ним относятся узлы для генерирования, передачи, распределения, хранения, измерения, регулирования, преобразования и потребления электрической энергии и узлы для телекоммуникаций.

Изготовление электрооборудования, устройство и эксплуатация электроустановок регламентируется правилами, стандартами или другими директивными документами, нормами.

**Нормативные документы** по электроустановкам во взрывоопасных зонах, базируясь на общих правилах изготовления электрооборудования, устройства и эксплуатации электроустановок, устанавливают дополнительные к ним требования, направленные на исключение или сведение к минимуму возможности взрыва взрывоопасной среды.

Электрооборудование, в котором применены те или иные средства взрывозащиты, называется, в отличие от общепромышленного, взрывозащищенным. Разработка, изготовление, испытания взрывозащищенного электрооборудования регламентируются национальными стандартами (правилами).

Следует подчеркнуть, что электрооборудование может считаться взрывозащищенным только в том случае, если специально уполномоченная организация удостоверит выполнение всех требований соответствующего стандарта. Это касается не только вновь разрабатываемого отечественного электрооборудования, но и импортируемого, а также прошедшего капитальный ремонт.

Наряду с изготовлением взрывозащищенного электрооборудования важным вопросом безопасности является правильный выбор этого оборудования в зависимости от класса взрывоопасной зоны. Поэтому классификация взрывоопасных зон, выбор и установка необходимого оборудования регламентируется нормами (правилами, стандартами).

Нормативными документами установлены также правила технической эксплуатации электроустановок во взрывоопасных зонах:

- прием электроустановок в эксплуатацию;
- организация эксплуатации и ремонт электрооборудования.

Здесь важно подчеркнуть, что к эксплуатации, монтажу и наладке взрывозащищенного электрооборудования допускается только квалифицированный персонал, то есть специально подготовленные лица, прошедшие проверку знаний (аттестацию) в специально уполномоченной организации.

Контроль исполнения национальных нормативных документов по электроустановкам во взрывоопасных зонах осуществляют соответствующие органы Государственного надзора.

В заключение отметим, что на отечественных предприятиях эксплуатируется значительное количество взрывозащищенного электрооборудования, разработанного по различным национальным нормативным документам (СССР, России и других стран СНГ), а также импортного оборудования, изготовленного по национальным нормам США, Германии, Англии и Международным нормам. Поэтому, для правильного выбора и эксплуатации импортного взрывозащищенного электрооборудования, а также для его замены различными аналогами, требуется знание основных положений международных и национальных, в том числе ранее действующих, норм, а учитывая их многообразие, и необходимость обеспечения адекватной безопасности и их унификации.

## 1.2. Международные нормы и органы, их издающие

Разработкой единых и согласованных рекомендаций в области электротехники в широких международных рамках занимается Международная Электротехническая Комиссия (МЭК – IEC).



Технические комитеты (ТК) МЭК, в которых представлены заинтересованные национальные комитеты, готовят официальные решения в виде рекомендаций – Публикаций МЭК, отражающих с возможной точностью международную точку зрения по рассматриваемым вопросам. С целью международной унификации МЭК выражает пожелания, чтобы все национальные комитеты включили текст Публикаций в свои национальные правила в той мере, которая допускается условиями каждой страны; любое расхождение между Публикациями МЭК и соответствующими национальными правилами должно, по возможности, быть четко указано в последних.

Электроустановки во взрывоопасных зонах входят в компетенцию ТК31, которым к настоящему времени разработаны в этой области Публикации МЭК 79-0 ... 79-15.

Публикации МЭК 79-0...79-12; 79-15 – рекомендации по классификации взрывоопасных смесей и взрывозащищенного электрооборудования, его конструирования, методов испытаний и маркировке; Публикации МЭК 79-13, 79-14 – рекомендации по устройству электроустановок во взрывоопасных зонах с газовой взрывоопасной средой (табл. 1.1).

В странах, входящих в Европейское экономическое сообщество, в качестве национальных норм на конструирование, испытания и маркировку взрывозащищенного электрооборудования приняты Европейские нормы EN 50014 ... EN 50020, разработанные Европейским Комитетом по стандартизации в области электротехники (CENELEC) на основании соответствующих Публикаций МЭК и утвержденные в марте 1977г. В настоящее время Европейские нормы приняты в большинстве стран Западной Европы в качестве национальных норм (табл. 1.2).

### **1.3. Национальные нормативные документы**

Перечень отечественных действующих специальных нормативных документов по электроустановкам во взрывоопасных зонах, а также других ведомственных документов, которыми необходимо пользоваться в той мере, в какой они не изменены специальными документами, следующий.

1. Система стандартов: “Взрывозащищенное и рудничное электрооборудование. Общие технические требования”. ГОСТ 12.1.011; 12.2.020; 12.2.021; 22782.0 ... 22782.7 (табл. 1.3).

2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), 6-е изд. гл. 7.3.

3. Правила изготовления взрывозащищенного электрооборудования (ПИБЭ), изд. 1960 и 1963г.г.

4. Правила изготовления взрывозащищенного и рудничного электрооборудования (ПИБРЭ).

5. Правила эксплуатации электроустановок потребителей (ПЭЭП), гл. 3.4. Электроустановки во взрывоопасных зонах.

6. ОСТ 16 0.800.699 – 79 . . . 16 0.800.704 – 79. Оборудование электротехническое взрывозащищенное. Выбор и применение зарубежного электрооборудования для взрывоопасных установок.

7. Другие нормативные документы (табл. 1.4).

Сравнительный анализ отечественных, международных и национальных норм зарубежных стран показывает, что если система ГОСТов “Взрывозащищенное и рудничное оборудование”, как отмечалось выше, в значительной степени отвечает современному международному уровню, то ПИБЭ, ПИБРЭ и гл. 7.3 ПУЭ, 6-е изд. существенно отличаются от международных и национальных норм большинства зарубежных стран в соответствующих областях. Для приведения их в соответствие необходимо пользоваться системой ОСТ 16 0.800.699-79 - ОСТ 16 0.800.704-79.

В настоящее время для седьмого издания ПУЭ подготовлена новая редакция гл. 7.3, в которой учтен ряд положений Публикаций МЭК 79-10 и 79-14.

### **1.4. Нормативные документы США**

Национальные нормативные документы США в значительной степени отличаются как от Международных норм (Публикации МЭК, Европейские нормы), так и от национальных норм, действующих в Республике Беларусь. Особенно это касается классификации взрывоопасных зон,

взрывоопасных смесей, некоторых видов взрывозащиты и маркировки взрывозащищенного электрооборудования.

Поскольку взрывозащищенное электрооборудование США имеется в эксплуатации на предприятиях Республики Беларусь и, очевидно, будет в дальнейшем импортироваться или, при необходимости, будет заменяться другим отечественным или импортным оборудованием стран Западной Европы, в дальнейшем будут рассмотрены основные нормативные документы США, приведенные в табл. 1.5.

### Контрольные вопросы

1. Дать определение нормативного документа по электроустановкам во взрывоопасных зонах.
2. Какие международные нормы регламентируют порядок применения электроустановок во взрывоопасных зонах, и в какой степени они отражаются в национальных нормах?
3. Кем разрабатываются и издаются международные нормативные документы?
4. Какие нормативные документы по применению электроустановок во взрывоопасных зонах действуют в Республике Беларусь?
5. Дать сравнительный анализ ГОСТов, ПИВЭ, ПИВРЭ, ПУЭ (6-е изд.), ПУЭ (7-е изд.) и международных норм.
6. Какие национальные нормативные документы США регламентируют изготовление и применение взрывозащищенного электрооборудования?

Табл. 1.1. Публикации МЭК

Обозначение	Наименование
ТКЗІ	Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред.
Публикация 79-0	Часть 0. Общие требования, изд. 2-е, 1983г.
Публикация 79-1	Часть 1. Конструкция и испытание взрывобезопасных оболочек для электрооборудования.
Публикация 79-1А	Первое дополнение к Публикации 79-1. Приложение Д. Метод испытания по установлению безопасного экспериментального максимального зазора.
Публикация 79-2	Часть 2. Оболочки, продуваемые под избыточным давлением.
Публикация 79-3	Часть 3. Испытательная аппаратура для искробезопасных цепей.
Публикация 79-4	Часть 4. Метод определения температуры воспламенения.
Публикация 79-4А	Первое дополнение к Публикации 79-4.
Публикация 79-5А	Первое дополнение к Публикации 79-5.
Публикация 79-6	Часть 6. Маслонаполненное оборудование.
Публикация 79-7	Часть 7. Конструкция и испытание электрооборудования с видом защиты "е".
Публикация 79-8	Часть 8. Классификация максимальных температур поверхности.
Публикация 79-9	Часть 9. Маркировка.
Публикация 79-10	Часть 10. Классификация опасных пространств.
Публикация 79-11	Часть 11. Конструкция и испытание искробезопасного и связанного с ним оборудования.
Публикация 79-12	Часть 12. Классификация газов и паров с воздухом согласно их БЭМЗ и МТВ.
Публикация 79-13	Часть 13. Проектирование и эксплуатация помещений и зданий, защищенных избыточным давлением.
Публикация 79-14	Часть 14. Электрические установки во взрывоопасных газовых средах (кроме шахт).
Подкомитет (секретариат) Апрель 1967г	31 9 Проект отчета "Инспекция и обслуживание электроустановок в опасных зонах (кроме шахт)".
Публикация 79-15	Часть 15. Электрооборудование с видом защиты "п".

Табл. 1.2. Европейские нормы CENELEC

Обозначение	Наименование
	Электрооборудование для взрывоопасных сред.
EN 50014	Общие правила.
EN 50015	Маслонаполненное “о”.
EN 50016	Продуваемое под избыточным давлением “р”.
EN 50017	Кварцезаполненное “q”.
EN 50018	Взрывонепроницаемые оболочки “d”.
EN 50019	Повышенная надежность “е”.
EN 50020	Искробезопасное “i”.

Табл. 1.3

Обозначение	Наименование
Система стандартов: “Взрывозащищенное и рудничное оборудование. Общие технические требования”.	
ГОСТ 12.1.011-76 (СТ СЭВ 2775-80)	Смеси взрывоопасные. Классификация и методы испытаний.
ГОСТ 12.2.020-76*	Электрооборудование взрывозащищенное. Термины и определения. Классификация. Маркировка.
Обозначение	Наименование
ГОСТ 12.2.021-76	Порядок согласования технической документации, проведения испытаний, выдачи заключений и свидетельств.
ГОСТ 22782.0-81* (СТ СЭ 3141-81)	Общие технические требования и методы испытаний.
Технические требования и методы испытаний	
ГОСТ 22782.1-77*	Электрооборудование взрывозащищенное с видом взрывозащиты “масляное заполнение оболочки”.
ГОСТ 22782.2-77* (СТ СЭВ 3145-81)	Электрооборудование взрывозащищенное с видом взрывозащиты “кварцевое заполнение оболочки”.
ГОСТ 22782.3-77	Электрооборудование взрывозащищенное со специальным видом взрывозащиты.
ГОСТ 22782.4-78* (СТ СЭВ 3144-81)	Электрооборудование взрывозащищенное с видом взрывозащиты “заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением”.
ГОСТ 22782.5-78* (СТ СЭВ 3143-81)	Электрооборудование взрывозащищенное с видом взрывозащиты “искробезопасная электрическая цепь”.
ГОСТ 22782.6-81*	Электрооборудование взрывозащищенное с видом взрывозащиты “взрывонепроницаемая оболочка”.
ГОСТ 22782.7-81*	Электрооборудование взрывозащищенное с защитой вида “е”.

Табл. 1.4

Обозначение	Наименование
СНиП 3.05.06-85	Монтаж электрических установок.
ВСН 332-74 ММСС СССР	Инструкция по монтажу электрооборудования силовых и осветительных сетей взрывоопасных зон.
ВСН 139-83 ММСС СССР	Инструкция по оконцеванию, соединению и ответвлению алюминиевых и медных жил изолированных проводов и кабелей и соединению их с контактными выводами электротехнических устройств.
РД 34.21.122-87	Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений.
ГОСТ 12.4.124-83	Средства защиты от статического электричества.
ГОСТ 12.1.004-91	Пожарная безопасность. Общие требования.
ГОСТ 12.1.005-88	Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования.
ГОСТ 12.1.010-76*	Взрывобезопасность. Общие требования.
ОНТП 24-86	Общесоюзные нормы технологического проектирования. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.
НПБ-5-2000	Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
ОПВ	Общие правила взрывобезопасности химических производств и объектов (установленные МЧС РБ 28.06.96).
ГОСТ 14254-80* (СТ СЭВ 778-77)	Изделия электротехнические. Оболочки. Степени защиты. Обозначения. Методы испытаний.
ГОСТ 15150-69* (СТ СЭВ 458-77, СТ СЭВ 460-77)	Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнение для различных климатических районов. Категории условий эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.
РД 16.407-95 (взамен РД 16.407-89)	Электрооборудование взрывозащищенное. Ремонт.
<u>Типовые технологические процессы</u>	
РД 16.055-83	ОСТПП. Электродвигатели взрывозащищенные. Ремонт. Контроль средств взрывозащиты.
РД 16.209-84	ОСТПП. Электродвигатели взрывозащищенные. Ремонт. Детали взрывонепроницаемой оболочки. Испытания гидравлические.
РД 16.210-84	ОСТПП. Электродвигатели взрывозащищенные. Ремонт. Детали из стали. Устранение дефектов методом пайки.

Табл. 1.5

Обозначение	Наименование
Нормативные документы Национальной Противопожарной Ассоциации (NFPA)	
NFPA 70-1984 NEC	Национальный электрический код.
Глава 5	Специальные установки. Статьи 500 ... 503, 510, 511, 513 ... 517.
NFPA 497A-1985	Классификация опасных зон класса I для электроустановок химической промышленности.
NFPA 497M-1963	Руководство для классификации газов, паров и пыли для электрооборудования в опасных (классификационных) зонах.
NFPA 321-1982	Основная классификация горючих и воспламеняющихся жидкостей.
NFPA 325M-1977	Опасные характеристики (свойства) горючих жидкостей, газов и пыли.
NFPA 496-1982	Очищаемые и герметизированные помещения для электрооборудования в опасных (классификационных) зонах.
NFPA 493-1975	Истинно безопасные приборы и связанные с ними приборы для работы в классах I, II и III категории 1 опасных зон.
NFPA 30-1981	Код горючих и воспламеняющихся жидкостей.
Рекомендуемая практика Американского института нефти (API)	
API 500A	Классификация зон для электроустановок на нефтеперерабатывающих заводах.
API 500B	Классификация зон для электроустановок на буровых площадках и на передвижных и неподвижных морских платформах.
API 500C	Классификация зон для электроустановок на транспортировочных трубопроводах.
Нормативные документы Сертификационных (страховых) лабораторий (UL)	
UL 696	Американский стандарт безопасности: "Промышленные испытания оборудования, предназначенного для использования во взрывоопасных зонах".
UL 844	Электрическая осветительная арматура для использования во взрывоопасных зонах.
UL 886	Электрическая арматура для взрывоопасной зоны класса I, группы D.

## 2. ПОКАЗАТЕЛИ ВЗРЫВООПАСНОСТИ ВЕЩЕСТВ. ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

### 2.1. Общие положения.

Взрывоопасность промышленных предприятий определяется особенностями технологического процесса и свойствами взрывоопасных веществ.

К особенностям технологического процесса относятся производственные факторы, определяемые назначением и характером выполняемого процесса.

Так в химической, нефтяной, газовой и других отраслях промышленности в настоящее время используется более 2000 различных газов или паров, которые в смеси с окислителем (воздухом, кислородом, хлором и т. д.) создают пожароопасные или взрывоопасные смеси. Подобными свойствами обладают и пылевоздушные смеси – дисперсные системы, состоящие из твердых частиц определенных размеров.

Для однозначной оценки физико-химических свойств указанных смесей вводят определенные понятия и определения, рассмотренные ниже.

**Горение** – сложная химическая реакция окисления, сопровождающаяся выделением тепла и света.

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

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

Очевидно горение или взрывное горение (взрыв) возможно при наличии трех факторов:

- а) горючего вещества (газа, пара или дисперсной системы, состоящей из твердых частиц, т.е. пыли);
- б) окислителя (в данной области в качестве окислителя рассматривается только кислород воздуха);
- в) источника зажигания.

Если хотя бы один из указанных факторов отсутствует, то горение (взрыв) невозможно.

**Горючие вещества** – вещества, способные возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления.

**Горючая среда** – смесь горючих веществ с воздухом в определенной концентрации.

В области электроустановок во взрывоопасных зонах в качестве **источника зажигания** рассматриваются только те, которые непосредственно связаны с нормальной работой электрооборудования или при его неисправностях: нагретые поверхности; электрические дуги и искры; пламя. Источник зажигания, нагревая горючую среду, обеспечивает температурные условия возникновения горения (взрыва).

Очевидно, горение в определенной степени зависит также от условий окружающей среды (атмосферных условий).

**Нормальные атмосферные условия** соответствуют давлению 101,3 кПа (760 мм рт. ст; 1013 Мбар; 1 атм) и температуре 20°C. В нормальные атмосферные условия входят также колебания давления и температуры, которые не превышают и не могут быть ниже эталонного 101,3 кПа при 20°C при условии, что эти колебания оказывают пренебрежительно малое влияние на взрывоопасные свойства горючих веществ.

### 2.2. Взрывоопасная среда.

**Взрывоопасная смесь (ВЗОС)** – смесь с воздухом при нормальных атмосферных условиях горючего газа, пара, тумана или горючей пыли, волокон, способная взрываться при возникновении источника зажигания.

**Взрывоопасная среда** - среда, которую образует взрывоопасная смесь.

**Горючим газом, горючим паром, горючим туманом** называется газ, пар горючей жидкости, находящиеся во взвешенном состоянии в воздухе, капли горючей жидкости (туман), которые в смеси с воздухом в определенной пропорции образуют взрывоопасную среду – **газовую взрывоопасную среду**.

Дисперсная система, состоящая из твердых частиц (пыли, волокон) размером менее 850 мкм (0,85 мм), находящихся во взвешенном состоянии, которая в смеси с воздухом в определенной

пропорции образует взрывоопасную среду, называется *горючей пылью*, а среда – *пылевоздушной взрывоопасной средой*.

Любая взрывчатая система характеризуется прежде всего наличием горючего и окислителя.

Одной из характеристик такой системы является концентрационный предел взрываемости, т.е. такая концентрация топлива в смеси, при которой еще возможно распространение взрывного горения.

Пределы взрываемости определяются физико-химическими свойствами горючей смеси, наличием в ней примесей, в том числе инертных разбавителей, и зависят от теплопроводности, теплоемкости, теплотворности, давления, температуры и т.д.

Различают *верхний концентрационный предел воспламенения (ВКПВ)*, аналог - *верхний предел взрываемости (ВПВ)*, и *нижний концентрационный предел воспламенения (НКПВ)*, аналог - *нижний предел взрываемости (НПВ)*.

**ВКПВ (ВПВ) и НКПВ (НПВ)** – соответственно максимальная и минимальная концентрация горючих газов, паров, пыли, волокон в воздухе, выше и ниже которых взрыва не произойдет даже при возникновении источника инициирования взрыва (источника зажигания).

Более взрывоопасными являются газопаропылевоздушные смеси с маленькими значениями НКПВ (НПВ) и более широким диапазоном пределов взрываемости, т.е. разницей между ВКПВ (ВПВ) и НКПВ (НПВ).

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

Следует иметь в виду, что хотя смеси с концентрацией в них горючих веществ выше ВКПВ (ВПВ) и не образуют взрывоопасной среды, необходимо считаться с их опасностью, т.к. до достижения своего верхнего предела концентрация должна пройти весь диапазон воспламенения.

### 2.3. Горючие вещества.

Горючие вещества, в зависимости от реальной опасности взрывоопасной среды при их применении в производственных условиях, подразделяются на **взрывоопасные** и **пожароопасные**.

#### Горючие газы:

Горючие газы относятся к взрывоопасным при любой температуре окружающей среды.

В зависимости от относительной плотности, т.е. отношения объемной массы газа к объемной массе воздуха при давлении 101,3 кПа и температуре 20°C, горючие газы подразделяются на *легкие* (0,8 и менее) и *тяжелые* (свыше 0,8).

Горючий газ, который при температуре окружающей среды менее 20°C или при давлении более 100 кПа или при совместном действии обоих этих факторов обращается в жидкость, называется *сжиженным газом*. Установки со сжиженными газами в требованиях главы 7.3 ПУЭ приравнены к установкам с тяжелыми газами.

Данные по пределам взрываемости некоторых газов и паров при давлении 101,3 кПа и температуре смеси 20°C приведены в табл. 2.1.

#### Горючие пыли

Горючие пыли и волокна с НКПВ не более 65 г/м<sup>3</sup> отнесены к взрывоопасным, а с НКПВ более 65 г/м<sup>3</sup> – к пожароопасным.

Отдельные показатели пожаро- взрывоопасности горючих пылей даны в табл. 2.2.

Табл. 2.1. Пределы взрываемости газов и паров в воздухе и кислороде.

Наименование газов и паров	Пределы взрываемости, % об.			
	в воздухе		в кислороде	
	НПВ	ВПВ	НПВ	ВПВ
1	2	3	4	5
Метан промышленный	5,00	15,00	5,1	61,00
Аммиак	15,50	27,00	15,0	79,0
Ацетон	2,55	12,8	-	-



Пропан	2,37	9,5	2,3	55,0
Бутан	1,86	8,41	1,8	49,0
Этан	3,22	12,45	3,0	66,0
Бензол	1,41	6,75	2,6	30,0
Этилен	2,75	28,6	3,0	80,0
Окись углерода	12,5	74,2	15,0	94,0

Продолжение Табл. 2.1.

1	2	3	4	5
Окись этилена	30,0	80,0	-	-
Сероводород	4,3	45,5	-	-
Водород	4,0	75,0	4,0	94,0
Ацетилен	2,3	100,0	3,4	100,0
Изобутан	1,8	8,44	1,8	48,0
Гексан	1,2	7,4	-	-
Пропилен	2,4	11,0	2,1	53,0
Бутен – 1	-	-	1,8	58,0
Циклопропан	2,4	10,4	2,5	60,0
Каменноугольный газ	-	-	7,0	70,0
Бензин А-76	0,79	5,16	-	-
Пентан	1,4	7,8	-	-
Диэтиловый эфир	1,9	48,0	2,0	82,0
Дивиниловый эфир	1,7	27,0	1,8	85,0

### **Горючие жидкости:**

Горючие жидкости в зависимости от величины температуры вспышки паров подразделяются на легковоспламеняющиеся и горючие.

**Легковоспламеняющаяся жидкость (ЛВЖ)** – горючая жидкость, способная воспламениться от кратковременного (до 30с) воздействия источника поджигания с низкой энергией (пламени спички, искры, тлеющей сигареты и т.п.) и имеющая температуру вспышки не выше 61°С.

**Горючая жидкость (ГЖ)** – жидкость, способная возгораться от источника поджигания, самостоятельно гореть после его удаления и имеющая температуру вспышки более 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, и нагретые в условиях производства до и выше температуры вспышки ГЖ.

**Температурой вспышки** называется самая низкая температура горючей жидкости, при которой в условиях специальных испытаний над ее поверхностью образуются пары, способные вспыхивать от источника поджигания, но скорость их образования еще недостаточна для устойчивого горения. При дальнейшем нагревании жидкости увеличивается скорость парообразования и при определенной температуре достигает такой величины, что раз подожженная смесь продолжает гореть после удаления источника поджигания. Наименьшая температура вещества, при которой оно выделяет горючие пары или газы с такой скоростью, что после их поджигания возникает устойчивое горение, называется **температурой воспламенения**.

Температура воспламенения выше температуры вспышки приблизительно на 1 - 5°С для ЛВЖ и на 30 – 35°С для ГЖ.

Взрывоопасная газовая среда не образуется, если температура вспышки значительно превышает максимально возможную температуру жидкости в условиях производства. Однако, в некоторых случаях горючая жидкость выбрасывается в виде тумана, который при температуре, меньшей, чем температура вспышки, может образовать взрывоопасную газовую среду.

Пределы взрываемости паров горючих жидкостей в воздухе могут характеризоваться также температурными пределами взрываемости.

**Нижний температурный предел взрываемости (НТПВ)** – самая низкая температура жидкости, при которой насыщенные пары ее с воздухом в замкнутом объеме образуют смесь, способную воспламениться при поднесении к ней источника воспламенения. Концентрация паров при НТПВ соответствует нижнему концентрационному пределу взрываемости.

**Верхний температурный предел взрываемости (ВТПВ)** – наивысшая температура жидкости, при которой насыщенные пары ее с воздухом в замкнутом объеме образуют смесь, способную воспламениться при поднесении к ней источника воспламенения. При более высокой температуре образуется смесь насыщенных паров жидкости с воздухом, не способная гореть. Концентрация паров при ВТПВ соответствует верхнему концентрационному пределу взрываемости.

Для оценки горючих и легковоспламеняющихся жидкостей в закрытых емкостях и аппаратах рекомендуется пользоваться температурными пределами, а в условиях помещений и на воздухе, где могут образовываться концентрации паров в ненасыщенном состоянии, необходимо знать и концентрационные пределы взрываемости.

### **Самовоспламенение и тление**

Скорость экзотермической реакции окисления зависит от температуры нагрева смеси горючего вещества с воздухом. При невысокой температуре, а, следовательно, малой скорости реакции выделившееся тепло рассеивается в окружающую среду и самонагревание смеси не происходит. При нагревах смеси до более высокой температуры скорость реакции значительно увеличивается, не все выделившееся тепло успевает отводиться в окружающую среду и начинается самонагревание смеси. В результате самонагревания смесь, уже без внешнего источника тепла, нагревается до возникновения устойчивых процессов пламенного горения или тления (для тлеющих пылей), которые могут распространиться по смеси до полного ее выгорания.

Те минимальные температуры горючего вещества, при которых в условиях специальных испытаний происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивается возникновением тления или пламенного горения, называются **температурой тления и температурой самовоспламенения**, соответственно.

При распространении горения тепло, выделившееся в результате реакции, расходуется на нагрев свежей смеси, инициируя в ней горение, и частично теряется в окружающем пространстве.

Если по какой-либо причине потери тепла превысят тепловыделения, произойдет прогрессивное снижение температуры и распространение горения прекратится.

На основании этого конструируются всевозможные сетчатые и щелевые огнепреградители, предназначенные для предотвращения распространения горения или передачи взрыва, возникшего в оболочках, в окружающую среду.

### **Контрольные вопросы**

1. Дать определение понятий: “тление”, “горение”, “взрыв” и указать факторы, их реализующие.
2. Что является взрывоопасной смесью, взрывоопасной средой?
3. Что является источником зажигания во взрывоопасных зонах?
4. Что образует взрывоопасную газовую среду?
5. Чем образуется пылевоздушная взрывоопасная среда?
6. Дать определение НКПВ и ВКПВ (НПВ и ВПВ).
7. Как оценивается опасная ВЗОС по значениям НКПВ и ВКПВ?
8. Дать определение горючих газов и их классификацию на легкие, тяжелые и сжиженные.
9. Дать определение горючих жидкостей и их классификацию на ЛВЖ и ГЖ.
10. Дать определение НТПВ и ВТПВ и их использование для оценки газопаровоздушных ВЗОС.
11. Дать определение понятий: “температура вспышки”, “температура воспламенения”.
12. Что такое самовоспламенение и тление? Дать определение температуры самовоспламенения и температуры тления.

Таблица 2.2 - Показатели пожаровзрывоопасности горючих пылей.

Вещество	Взвешенная пыль		Осевшая пыль		
	Нижний концентра- ционный предел воспламе- нения, г/м <sup>3</sup>	Температ ура воспламе- нения, °С	Температура тления, °С	Темпера тура воспламе- нения, °С	Темпер атура самовос пламен ения, °С
1	2	3	4	5	6
Адипиновая кислота	35	550	-	320	410
Альтакс	37,8	645	не тлеет, плавится при 186 °С	-	-
Алюминий	40	550	320	-	470
Аминопеларгоновая кислота	10	810	не тлеет, плавится при 190 °С	-	-
Аминопласт	52	725	264	-	559
Аминоэнантовая кислота	12	740	не тлеет, плавится при 195 °С	390	459*
4-Амилбензофенон-2- карбоновая кислота	23,4	562	не тлеет, плавится при 130 °С	261	422*
Аммониевая соль. 2,4 - диоксибензолсульфокисл оты	63,6	-	не тлеет, плавится	286	470*
Антрацен	5	505	не тлеет, плавится при 217 °С	-	-
Антразин технический ТУ БУ-127-69	30,4	779	не тлеет, плавится при 170 °С	220	490*
Антразин товарный	39	745	то же	228	487*
Белок подсолнечный пищевой	26,3	-	193	212	458
Белок соевый пищевой	39,3	-	не тлеет, обугливается	324	460
Бис (трифтороцетат) дибутилолова	21,2	554	не тлеет, плавится при 50 °С	158	577*
Витамин В <sub>15</sub>	28,2	509	-	-	-
Витамин РР из плодов шиповника	38	610	-	-	-
Гидрохинон	7,6	800	-	-	-
Мука гороховая	25	560	-	-	-
Декстрин	37,8	400	-	-	-
Диоксид дициклопентадиена, ТУ 6-05-241-49-73	19	-	не тлеет	129	394
2,5-Диметилгексин-3- диол-2,5	9,7	-	не тлеет, плавится при 90 °С	121	386*
Мука древесная	11,2	430	-	-	255
Казеин	45	520	-	-	-
Какао	45	420	245	-	-
Камфора	10,1	850	-	-	-
	12,6	325	не тлеет, плавится при 80 °С	-	-

	25	597	-	-	-
Крахмал картофельный	40,3	430	не тлеет, обугливается	-	-
Крахмал кукурузный	32,5	410	не тлеет, обугливается	-	-
Лигнин лиственных пород	30,2	775	-	-	300
Лигнин хлопковый	63	775	-	-	-
Лигнин хвойных пород	35	775	-	-	300
Малеат дибутилолова	23	649	-	220	458*
Малеиновый ангидрид	50	500	не тлеет, плавится при 53 °С	-	-
Метилтетрагидрофталевый ангидрид	16,3	488	не тлеет, плавится при 64 °С	155	482*
Микровит А кормовой ТУ 64-5-116-74	16,1	-	не тлеет, обугливается	275	463
Пыли мучные (пшеницы, ржи и др. зерновых культур)	20-63	410	-	-	205
Нафталин	2,5	575	не тлеет, плавится при 80 °С	-	-
Оксид дибутилолова	22,4	752	154	154	523
Оксид диоктилолова	22,1	454	не тлеет, плавится при 155 °С	155	448*
Полиакрилонитрил	21,2	505	не тлеет, обугливается	217	-

Продолжение таблицы 2.2.

Вещество	Взвешенная пыль		Осевшая пыль		
	Нижний концентрационный предел воспламенения, г/м <sup>3</sup>	Температура воспламенения, °С	Температура тления, °С	Температура воспламенения, °С	Температура самовоспламенения, °С
1	2	3	4	5	6
Спирт поливиниловый	42,8	450	не тлеет, плавится при 180-222 °С	205	344*
Полиизобутилалюмоксан	34,5	-	не тлеет	76	514
Полипропилен	12,6	890	-	-	-
Ангидрид полисебациновый (отвердитель УП-607), МРТУ 6-09-6102-69	19,7	538	не тлеет, плавится при 80 °С	266	381*
Полистирол	25	475	не тлеет, плавится при 220 °С	-	-
Краска порошковая П-ЭП-177, п. 518 ВТУ 3609-70, с дополнителем №1, серый цвет	16,9	560	не тлеет	308	475
Краска порошковая П-ЭП-967, п. 884 ВТУ 3606-70, красно-коричневый цвет	37,1	848	то же	308	538

Краска порошковая ЭП-49-Д/2, ВТУ 605-1420-71, коричневый цвет	33,6	782	то же	318	508
Краска порошковая ПВЛ-212, МПТУ 6-10-859-69, цвет слоновой кости	25,5	580	не тлеет	241	325
Краска порошковая П-ЭП-1130У, ВТУ НЧ № 6-37-72	33,5	633	то же	314	395
Пропазин технический	27,8	775	не тлеет, плавится при 200 °С	226	435*
Пропазин товарный, ТУ 6-01-171-67	37,2	763	то же	215	508*
Мука пробковая	15	460	325	-	-
Пыль ленинск-кузнецкого каменного угля марки Д, шахта им. Ярославского	31	720	149	159	480
Пыль промышленная резиновая	10,1	1000	-	-	200
Пыль промышленная целлоигнина	27,7	770	-	-	350
Пыль сланцевая	58	830	-	-	225
Сахар свекловичный	8,9	360	не тлеет, плавится при 160 °С	-	350*
Сакап (полимер акриловой кислоты, ТУ 6-02-2-406-75)	47,7	-	не тлеет	292	448
Сера	2,3	235	не тлеет, плавится при 119 °С	-	-
Симазин технический, ТУ БУ-104-68	38,2	790	не тлеет, плавится при 220 °С	224	472*
Симазин товарный, МРТУ 6-01-419-69	42,9	740	не тлеет, плавится при 225 °С	265	476*
Смола 113-61 (тиоэстанат диоктилолова)	12	-	не тлеет, плавится при 68 °С	261	389*
Соль АГ	12,6	636	-	-	-
Сополимер акрилонитрила с метилметакрилатом	18,8	532	не тлеет, обугливается	214	-
Стабилизатор 212-05	11,1	-	не тлеет, плавится при 57 °С	207	362*
Стекло органическое	12,6	579	не тлеет, плавится при 125 °С	-	300*
Сульфадимезин	25	900	-	-	-
Титан	45	330	-	-	-

Продолжение таблицы 2.2.

1	2	3	4	5	6
Теооксиэтилен дибутилолова	13	214	не тлеет, плавится при 90 °С	200	228*

Трифенилтриметилциклот рисилоксан	23,4	515	не тлеет, плавится при 60 °С	238	522*
Триэтилендиамин	6,9	-	не тлеет, сублимируется	106	317*
Уротропин	15,1	683	-	-	-
Смола фенольная	25	460	не тлеет, плавится при 80-90 °С	-	-
Сенопласт	36,8	491	227	-	485
Ферроцен, бис (циклопентадиенил) - железо	9,2	487	не тлеет	120	250
Фталевый ангидрид	12,6	605	не тлеет, плавится при 130 °С	-	-
Циклопентадиенилтрикар донил-марганец	4,6	275	-	96	265
Цикорий	40	253	-	-	190
Эбонит	7,6	360	не тлеет, спекается	-	-
Смола эпоксидная Э-49, ТУ 6-05-1420-71	17,2	477	не тлеет	330	486
Композиция эпоксидная ЭП-49 СП, ТУ 6-05-241- 98-75	32,8	-	не тлеет	325	450
Композиция эпоксидная УП-2196	22,3	-	то же	223	358
Пыль эпоксидная (отходы при обработке эпоксидных компаундов)	25,5	643	198	200	494
Композиция эпоксидная УП-2155, ТУ 6-05-241-26- 72	29,5	596	не тлеет	311	515
Композиция эпоксидная УП-2111, ТУ 6-05-241-11- 71	23,5	654	то же	310	465
2-этилантрахинол	15,8	-	не тлеет, плавится при 107 °С	207	574*
Этилсилсвиоксан (П1Э)	64,1	707	223	223	420
Этилцеллюлоза	37,8	657	не тлеет, разлагается при 240 °С	-	-
Чай	32,8	925	220	-	-

\* Температура самовоспламенения расплавленного вещества

### 3. КЛАССИФИКАЦИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ СМЕСЕЙ

#### 3.1. Общие положения

Выбор электрооборудования для той или иной среды связан с необходимостью учета условий его эксплуатации и взрывоопасных свойств среды.

Учитывая сложность создания средств взрывозащиты электрооборудования применительно к каждому взрывоопасному веществу, в большинстве стран мира принята условная классификация взрывоопасных смесей по категориям и группам.

Это позволяет решить вопросы унификации и классификации различных производств по степени взрывоопасности в зависимости от использования тех или иных горючих веществ. В свою очередь, это дает возможность максимально унифицировать конструкции взрывозащищенного электрооборудования, методы испытаний, сделать общими принципы маркировки, значительно упростить его изготовление, монтаж электроустановок и их эксплуатацию.

Международными нормативными документами, а также национальными (кроме США) нормами предусмотрена классификация только газовых взрывоопасных смесей. В США, согласно NEC, классифицируют как газовые, так и пылевоздушные взрывоопасные смеси, причем предусмотрено их деление только по группам.

В большинстве стран мира принята условная классификация смесей по категориям и группам.

В основу деления взрывоопасных веществ на категории положена способность их в смеси с воздухом к распространению горения через щель (зазор) плоского фланцевого соединения на стандартной оболочке.

В основу деления взрывоопасных смесей на группы положена температура самовоспламенения, которая определяется по методике, рекомендованной МЭК. Здесь следует уточнить, что *температурой самовоспламенения* взрывоопасной смеси газов или паров горючих или легковоспламеняющихся жидкостей называется определенная *стандартным методом* низшая температура, до которой должна быть равномерно нагрета указанная смесь для того, чтобы она воспламенилась без внесения в нее постороннего источника зажигания. Разумеется, чем выше эта температура, тем меньше вероятность возникновения опасности взрыва.

Определение категории и группы взрывоопасной смеси производится национальными испытательными станциями. Если в технологическом процессе взрывоопасных производств встречаются различные смеси веществ, то классификация производится по наиболее опасному сочетанию компонентов.

В основу классификации взрывоопасных смесей по категориям в различных нормативных документах используются граничные значения так называемого критического зазора (критической ширины щели) или величина безопасного экспериментального максимального зазора (БЭМЗ) и минимальный ток воспламенения (МТВ).

Очевидно, критическая ширина щели для различных смесей неодинакова: для медленно горящих она больше, а для быстро горящих, например, водородовоздушных, она меньше.

В ряде нормативных документов (Публикации МЭК, Европейские нормы) используются следующие критерии классификации ВЗОС по категориям и группам: MESG – максимальный экспериментальный безопасный зазор (аналог БЭМЗ) и MIC – аналог МТВ.

Для классификации большинства газов и паров на категории достаточно применения одного из критериев: БЭМЗ (MESG) или МТВ (MIC), кроме случаев, оговоренных п. 3.5 ГОСТ 12.1.011-78.

В тех случаях, когда значение БЭМЗ или значение МТВ неизвестны для данного газа или пара, допускается предварительно принять категорию этого химического соединения, принадлежащего к тому же гомологическому ряду, но с меньшим молекулярным весом.

Классификация ВЗОС по температурным классам (что аналогично классификациям по группам, например, ГОСТ 12.1.011-78; ПУЭ) выполняется по критерию аналогичному, а именно, по температуре самовоспламенения.

Приведем определение указанных критериев.



**Критический зазор** – величина в миллиметрах зазора между поверхностями фланцев шириной 25мм, при которой частота передачи взрывов составляет 50% общего числа взрывов при объеме оболочки 2,5л.

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

Следует подчеркнуть, что величина критического зазора или БЭМЗ (MESG) не могут служить параметрами контроля взрывозащиты взрывонепроницаемого электрооборудования при его изготовлении и проверке.

**Минимальный ток воспламенения (МТВ)** – это соотношение между минимальным током воспламенения испытуемого газа или пара и минимальным током воспламенения метана.

### 3.2. Классификация взрывоопасных смесей по ГОСТ 12.1.011-78\*

Взрывоопасные смеси горючих газов и паров с воздухом, образующиеся в процессе производства во взрывоопасных средах, способные взрываться от постороннего источника поджигания, подразделяются:

- **на категории** взрывоопасности в зависимости от величины БЭМЗ и значения соотношения МТВ;
- **на группы** в зависимости от величины температуры самовоспламенения.

Взрывоопасные смеси подразделяются на две категории:

I – метан на подземных горных работах;

II – газы и пары за исключением метана на подземных горных работах.

Под метаном на подземных горных работах следует понимать рудничный газ, в котором кроме метана, содержание газообразных углеводородов – гомологов метана  $C_2 - C_5$  – не более 0,1 объемных долей, а водорода в пробах газов из шпуров сразу после бурения – не более 0,002 объемной доли от общего объема горючих газов.

В зависимости от значения БЭМЗ и МТВ газы и пары категории II подразделяются согласно табл. 3.1.

Табл. 3.1. Распределение ВЗОС по категориям по ГОСТ 12.1.011-78\*

Категория взрывоопасности ВЗОС	Величина БЭМЗ, мм	Величина МТВ
IIA	0,9 и более	Более 0,8
IIB	Свыше 0,5, но менее 0,9	От 0,45 до 0,8 включительно
IIC	0,5 и менее	Менее 0,45

Взрывоопасные смеси газов и паров в зависимости от величины температуры самовоспламенения подразделяются на группы согласно табл. 3.2. Распределение конкретных взрывоопасных смесей по категориям и группам приведено в табл. 3.3.

Табл. 3.2. Распределение ВЗОС по группам по ГОСТ 12.1.011-78\*

Группа ВЗОС	Температура самовоспламенения, °C
T1	Свыше 450
T2	Свыше 300 до 450 включительно
T3	Свыше 200 до 300 включительно
T4	Свыше 135 до 200 включительно
T5	Свыше 100 до 135 включительно
T6	Свыше 85 до 100 включительно

Табл. 3.3 Классификация газовых взрывоопасных смесей по ГОСТ 12.1.011-78\*

Категория взрывоопасности и группа взрывоопасных смесей	Вещества, образующие с воздухом взрывоопасную смесь
1	2
I – T1	Метан на подземных горных работах
ПА – T1	Аммиак, аллил хлористый, ацетон, ацетонитрил. Бензол, бензотрифторид. Винил хлористый, винилиден хлористый. 1 -, 2 – дихлорпропан, дихлорэтан, диэтиламин, диизопропиленовый эфир, доменный газ. Изобутилен, изобутан, изопропилбензол. Кислота уксусная, ксилол. Метан (промышленный), метилацетат, α – метилстирол, метил хлористый, метилизоционат, метилхлорформиат, метилциклопропилкетон, метилэтилкетон. Окись углерода. Пропан, пиридин. Растворители: Р-4, Р-5 и РС-1, разбавитель РЭ-1. Сольвент нефтяной, стирол, спирт диацетоновый. Толуол, трифторхлорпропан, трифторпропен, трифторэтан, трифторхлорэтилен, триэтиламин. Хлорбензол. Циклопентадиен. Этан, этил хлористый.
ПА – T2	Алкилбензол, амилацетат, ангидрид уксусный, ацетилацетон, ацетил хлористый, ацетопропилхлорид. Бензин Б95/130, бутан, бутилацетат, бутилпропионат. Винилацетат, винилиден фтористый. Диатол, диизопропиламин, диметиламин, диметилформамид. Изопентан, изопрен, изопропиламин, изооктан. Кислота пропионовая. 2-метилтиофен, метилфуран, моноизобутиламин Метиламин, метилизобутилкетон, метилметакрилат, метилмеркаптан, метилтрихлорсилан, метилхлорметилдихлорсилан. Окись мезитила. Пентадиен – 1,3, пропиламин, пропилен. Растворители: № 646, 647, 648, 649, РС - 2, БЭФ, АЭ; разбавители: РДВ, РКБ-1, РКБ-2. Спирты: бутиловый нормальный, бутиловый третичный, изоамиловый, изобутиловый, изопропиловый, метиловый, этиловый. Трифторпропилметилдихлорсилан, трифторэтилен, трихлорэтилен. Хлористый изобутил. Этиламин, этилацетат, этилбутират, этилендиамин, этиленхлоргидрин, этилизобутират, этилбензол. Циклогексанол, циклогексанон.
ПА – T3	Бензины: А-72, А-76, “Галоша”, Б-70, экстракционный по МРТУ 12Н-20-63, экстракционный по ТУ 38.101.303-72. Бутилметакрилат. Гексан, гептан. Диизобутиламин, дипропиламин. Изовалериановый альдегид, изооктилен.

	Камфен, керосин.
--	------------------

Продолжение таблицы 3.3

1	2
	Морфолин. Нефть. Петролейный эфир, полиэфир ТГМ-3, пентан. Растворитель № 651. Скипидар, спирт амиловый. Триметиламин, топливо: Т-1, ТС-1; уайт-спирит. Циклогексан, циклогексиламин. Этилдихлортиофосфат, этилмеркаптан.
ПА - Т4	Ацетальдегид, альдегид изомасляный, альдегид масляный, альдегид пропионовый. Декан. Тетраметилдиаминометан, 1, 1,3 – триэтоксипутан.
ПА – Т5	-
ПА – Т6	-
ПВ – Т1	Коксовый газ. Синильная кислота.
ПВ – Т2	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, АКР. Триметилхлорсилан. Формальдегид, фуран, фурфурол. Эпилхлоргидрин, этилтрихлорсилан, этилен.
ПВ – Т3	Тетрагидрофуран, тетраэтоксисилан, триэтоксисилан. Топливо дизельное (зимнее). Формальгликоль. Этилдихлорсилан, этилцеллозольв.
ПВ – Т4	Дибутиловый эфир, диэтиловый эфир, диэтиловый эфир этиленгликоля.
ПВ – Т5	
ПВ – Т6	-
ПС – Т1	Водород, водяной газ. Светильный газ. Водород 75% + азот 25%.
ПС – Т2	Ацетилен. Метилдихлорсилан.
ПС – Т3	<b>Трихлорсилан</b>
ПС – Т4	-
ПС – Т5	<b>Сероуглерод</b>
ПС – Т6	-

### 3.3 Классификация взрывоопасных смесей по ПИВЭ

Взрывоопасные смеси газов и паров с воздухом в зависимости от их физических свойств подразделяются на:

- **категории** ВЗОС в зависимости от величины **критического зазора**;
- **группы** в зависимости от температуры самовоспламенения.

В зависимости от величины критического зазора ВЗОС подразделяются на четыре категории согласно таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Распределение ВЗОС по категориям по ПИВЭ и ПИВРЭ

Категория ВЗОС	Критический зазор, мм
<b>1</b>	<b>2</b>
1	Более 1,00
2	От 0,65 до 1,00
3	От 0,35 до 0,65
4	Менее 0,35

В зависимости от температуры самовоспламенения установлены четыре группы ВЗОС согласно таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Распределение ВЗОС по группам по ПИВЭ

Группа ВЗОС	Температура самовоспламенения, °С
<b>1</b>	<b>2</b>
А	Более 450
Б	От 300 до 450
Г	От 175 до 300
Д	От 120 до 175

### 3.4. Классификация взрывоопасных смесей по ПИВРЭ

Взрывоопасные смеси с воздухом горючих газов и паров горючих жидкостей подразделяются на:

- **категории** ВЗОС в зависимости от величины **критического зазора** (аналогично классификации по ПИВЭ – смотри таблицу 3.4);
- **группы** в зависимости от величины температуры самовоспламенения.

В зависимости от температуры самовоспламенения устанавливается пять групп ВЗОС согласно таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Распределение ВЗОС по группам по ПИВРЭ

Группа ВЗОС	Температура самовоспламенения, °С
<b>1</b>	<b>2</b>
T1	Свыше 450
T2	От 300 до 450
T3	От 200 до 300
T4	От 135 до 200
T5	От 100 до 135

### 3.5 Классификация взрывоопасных смесей по EN 50014

Классификация взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом выполнена с учетом рекомендаций МЭК (Публикации МЭК79-1А; 79-4; 79-4А; 79-12).

Взрывоопасные смеси подразделяются на:

- **группы** (соответствует категориям по ГОСТ 12.1.011-78\*) в зависимости от величины максимального экспериментального безопасного зазора (MESG) и значений соотношений между

минимальным током воспламенения используемого газа или пара и минимальным током воспламенения метана (MIC);

- **температурные классы** (соответствует группам по ГОСТ 12.1.011-78\*) в зависимости от температуры самовоспламенения.

ВЗОС подразделяются на две (группы) категории:

I – рудничный газ (метан) на подземных горных работах;

II – газы и пары за исключением рудничного газа (метана) на подземных горных работах.

В зависимости от MESG газы и пары категории II подразделяются согласно таблице 3.1 (где БЭМЗ соответствует MESG; МТВ эквивалентен MIC).

Температурные классы T1 ... T6 устанавливаются в соответствии с таблицей 3.2.

### 3.6 Классификация взрывоопасных смесей по NEC

В США и Канаде классификация ВЗОС производится на основании раздела 500-2 NEC.

При этом классификация на температурные классы не предусмотрена. Кроме того, классификации подлежат не только газопаровоздушные смеси но и пылевоздушные смеси (E,F,G).

Взрывоопасные смеси с воздухом горючих веществ (пара, газа, пыли), исходя из условий испытания и эксплуатации электрооборудования в средах, содержащих эти смеси, подразделяются на группы согласно таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Классификация ВЗОС по NEC 500-2

Группа	Среда, содержащая взрывоопасные вещества:
1	2
A	Ацетилен.
B	Водород или газы и пары с эквивалентной опасностью.
C	Этиловый эфир, этилен, циклопропан.
D	Бензин, гексан, керосин, нефть, пропан, спирт, ацетон, бензол, растворители лака, природный газ.
E	Пыль от таких металлов, как магний или алюминий, образующаяся при обработке или производстве этих металлов.
F	Угольная и коксовая пыль.
G	Зернистая пыль (мука, крахмал), которая образуется на мукомольных, комбикормовых, пивоваренных заводах и зерновых элеваторах.

### 3.7 Соответствие классификаций ВЗОС по национальным и международным нормам

Соответствие классификаций взрывоопасных смесей по категориям по различным действующим национальным и международным нормам приведено в таблицах 3.8 и 3.9. Учитывая, что на предприятиях Республики Беларусь эксплуатируется взрывозащищенное электрооборудование, изготовленное по ранее действующим национальным нормам стран-импортеров, в таблицах приведено также соответствие классификаций ВЗОС по национальным стандартам этих стран и их соответствие ГОСТ12.1.011-78\*.

#### Контрольные вопросы

1. По каким критериям формируются группы и категории ВЗОС?
2. Дать определение БЭМЗ, МТВ, “критический зазор”.
3. Сколько категорий ВЗОС и значений их параметров (БЭМЗ, МТВ) определено ГОСТ 12.1.011-78.
4. Сколько групп ВЗОС и значений их параметров определено ГОСТ 12.1.011-78.
5. Сколько категорий ВЗОС и значений их параметров (критического зазора) определено ПИВЭ, ПИВРЭ.
6. Дать распределение ВЗОС по группам по ПИВЭ.
7. Дать распределение ВЗОС по группам по ПИВРЭ.
8. Привести классификацию ВЗОС по группам и температурным классам по EN50014.

- 9.** Привести классификацию ВЗОС по Публикации МЭК.
- 10.** Привести классификацию ВЗОС по NEC-500-2.
- 11.** Привести соответствие классификаций ВЗОС по группам по ГОСТ 12.1.011-78 и ПИВЭ, ПИВРЭ, МЭК, NEC-500.
- 12.** Привести соответствие классификаций ВЗОС по категориям (температурным классам) по ГОСТ 12.1.011-78 и ПИВЭ, ПИВРЭ, МЭК, EN50014.

## 4 КЛАССИФИКАЦИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОН

### 4.1 Общие положения

Взрывоопасные установки могут отличаться друг от друга по вероятности появления и длительного существования в них взрывоопасной смеси.

При этом, в одних установках следует считаться с возможным наличием взрывоопасной атмосферы в нормальном рабочем режиме, а в других - только при авариях. Возникшая в результате аварии взрывоопасная концентрация в одних производствах может существовать сравнительно долго, в других – может быть быстро ликвидирована или может быстро исчезнуть из-за низкой плотности взрывоопасного вещества по отношению к воздуху. Это обстоятельство используется некоторыми странами для того, чтобы дифференцированно подходить к различным взрывоопасным установкам при решении вопроса применения в них электрооборудования.

С этой целью взрывоопасные установки делятся на различные классы, или в одной установке или помещении выделяются различные зоны опасности. При этом следует иметь в виду, что представление о том, что опасные зоны в наружных установках за счет естественной вентиляции всегда безопаснее, чем зоны в помещениях, является неверным. В наружных установках за счет различных факторов (преграды, стены, пониженные участки местности и т.п.) могут образовываться плохо вентилируемые и неконтролируемые участки.

Прогрессивной следует считать классификацию по зонам опасности (без деления на внутренние и наружные установки), что подтверждается как международной практикой, так и тем, что в новой редакции гл. 7.3 ПУЭ (седьмое издание) различия между внутренними и наружными установками (зонами) аннулированы.

**Взрывоопасная зона** – пространство, в котором имеется или может быть образована взрывоопасная среда в таком количестве, что могут потребоваться специальные меры предосторожности при конструировании, изготовлении, монтаже электрооборудования и его эксплуатации.

Пространство, в котором не предполагается ни при каких условиях образование взрывоопасной среды в таком количестве, чтобы указанные выше специальные меры могли потребоваться, называется **безопасной зоной**.

Классификация взрывоопасных зон в большинстве стран мира осуществляется с учетом трех основных факторов, которые в Публикации МЭК определены следующим образом:

- источник опасности (клапаны, сальники насосов, отверстия резервуаров без подушки инертного газа, открытые резервуары или контейнеры и т.п.);
- вентиляция опасного участка;
- характер опасности (предел воспламенения и возможное выделяемое количество вещества, температура вспышки и рабочая температура легковоспламеняющейся жидкости, плотность газа или пара по отношению к воздуху и т.д.).

Кроме того, некоторые страны учитывают также такие показатели, как токсичность веществ и предельно допустимые концентрации по санитарным нормам; возможность повреждения электроустановки вследствие аварии с разрушением технологического оборудования, т.е. когда происходит практически одновременно выделение взрывоопасного вещества и появление источника воспламенения.

**Назначение классификации взрывоопасных зон** – устройство безопасной (с точки зрения воспламенения среды) электроустановки для эксплуатации в этих зонах.

В зависимости от агрегатного состояния и взрывопожарных свойств горючих веществ, образующих взрывоопасную среду, а также условий и частоты ее возникновения и длительности существования **взрывоопасные зоны подразделяются на классы**.

Например, по Публикации МЭК, при определении класса взрывопожарных зон исходят из того, когда образуется взрывоопасная среда – при нормальной работе оборудования или только при аварии. Таким образом, выделяются два класса опасных зон. Кроме того, выделяют такие участки (такой класс), которые характеризуются возможностью постоянного или относительно длительного наличия взрывоопасной среды при нормальном режиме работы.

Согласно Публикации МЭК 79-10 имеются три класса взрывоопасных зон: 0, 1 и 2.



**Класс 0** является наиболее опасным, для этого класса характерно длительное присутствие взрывоопасной смеси при нормальной работе. **Класс 1** характеризуется возможностью образования такой смеси при нормальной работе. В зонах **класса 2** образование взрывоопасной смеси маловероятно, а если смесь образуется, то на непродолжительное время.

Имеющиеся в некоторых странах системы классификации взрывоопасных зон отличаются от описанной системы, принятой МЭК; в других странах такая, или близкая к ней система классификации получила уже выражение в конкретных размерах взрывоопасных зон.

Ниже рассмотрена классификация взрывоопасных зон по гл. 7.3. ПУЭ (6 и проект 7-го издания); МЭК 79-10; NEC 500, а также приведено сравнение этих классификаций.

#### **4.2 Классификация взрывоопасных зон по гл. 7.3. ПУЭ, 6-го издания**

Глава 7.3. ПУЭ (6-е издание) распространяется на электроустановки, размещаемые во взрывоопасных зонах внутри и вне помещений.

Указания главы не распространяются на подземные установки в шахтах и на предприятиях, взрывоопасность установок которых является следствием применения, производства или хранения взрывчатых веществ, а также на электрооборудование, расположенное внутри технологических аппаратов.

Класс взрывоопасной зоны определяется технологами совместно с электриками проектной или эксплуатирующей организации. Однако, учитывая существенное влияние на класс и размеры зон вентиляции и приборов контроля НКПВ и ПДК, в круг лиц, ответственных за классификацию, целесообразно включать специалистов по вентиляции и КИП и А.

В случае возникновения сомнений в том, к какому классу следует отнести зону, предпочтение следует отдавать зоне более высокого класса или, по крайней мере, внутри зоны более низкого класса выделять участки с наибольшей опасностью, соответствующим образом выбирая для них электрооборудование.

**Исходными положениями классификации** взрывоопасных зон являются:

- газовые взрывоопасные среды в помещениях образуют взрывоопасные зоны классов В-I, В-Ia, В-Iб; в наружных установках – зоны В-Iг;
- пылевоздушные взрывоопасные среды в помещениях образуют взрывоопасные зоны классов В-II, В-IIa, а в наружных установках взрывоопасная среда как правило, не образуется (исключения смотри в определении зоны класса В-Iг);
- пространства внутри технологических аппаратов, емкостей и трубопроводов не классифицируются, т.к. они не попадают под область распространения гл. 7.3. ПУЭ;
- одним из критериев классификации является определяемое по ОНТП 24-86 отношение объема выделившейся взрывоопасной смеси к свободному объему помещения;
- связь между классификациями ПУЭ и СНиП II-90-81.

#### **Определение зоны класса В – I и ее размеров**

ВЗОЗ класса **В – I** – зона, расположенная 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 (газовую взрывоопасную среду) при **нормальных** режимах работы (например, при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, хранении или переливании ЛВЖ, находящихся в емкостях и т. п.).

Размеры ВЗОЗ:

- а) ВЗОЗ занимает весь объем помещения, если объем ВЗОС превышает 5% свободного объема помещения;
- б) ВЗОЗ в помещении в пределах до 5м по горизонтали и вертикали от технологического аппарата, из которого возможно выделение горючих газов или паров ЛВЖ, если объем ВЗОС равен или менее 5% свободного объема помещения.

#### **Определение зоны класса В-Ia и ее размеров**

ВЗОЗ класса **В-Ia** – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации ВЗОС горючих газов (независимо от НКПВ) или паров ЛВЖ с воздухом (газовая

взрывоопасная среда) не образуются, а возможны только в результате **аварий или неисправностей**.

Кроме того, зоны с признаками класса В-I, где взрывоопасная среда образуется смесью с воздухом легких несжиженных горючих газов и паров ЛВЖ, допускается относить к ВЗОЗ класса В-Ia при условии выполнения следующих мероприятий:

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

б) устройства автоматической сигнализации, действующей при возникновении в любом пункте помещения концентраций смесей не превышающей 20% НКПВ, а для вредных веществ – также при приближении их концентрации к ПДК по ГОСТ 12.1.005-88 (см. таблицу 4.8). Количество сигнальных приборов, их расположение, а также система их резервирования должна обеспечить безотказное действие сигнализации.

#### **Примечание.**

Допущением об отнесении зоны класса В-I при выполнении требований п. (а), (б) к зоне класса В-Ia следует пользоваться с большой осторожностью, т.к. неэффективность или неравномерность действия вентиляции по всему объему помещения, а также неправильное расположение газоанализаторов может привести к образованию застойных неконтролируемых зон, которые должны рассматриваться как зоны класса В-I. Кроме того, практикуемое использование блок-контакта магнитного пускателя как сигнала остановки вентагрегата не может считаться достаточно надежным, т.к. не указывает на такие неисправности, как соскальзывание ремня вентилятора, срыв крыльчатки с оси или реверс электродвигателя.

Для контроля нормальной работы вентагрегата следует применять датчики давления или потока или обе эти системы вместе; это также касается вентсистем, создающих избыточное давление в электропомещениях (распределительные устройства, подстанции, щитовые, КИП).

Размеры ВЗОЗ:

а) ВЗОЗ занимает весь объем помещения, если объем ВЗОС превышает 5% свободного объема помещения;

б) ВЗОЗ в помещении в пределах до 5м по горизонтали и вертикали от технологического оборудования (аппарата), из которого возможно выделение горючих газов или паров ЛВЖ, если объем ВЗОС равен или менее 5% свободного объема помещения.

#### **Определение зоны класса В – Ib и ее размеров**

ВЗОЗ класса **В – Ib** – зоны, имеющие критерии класса В-Ia, а именно, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации ВЗОС горючих газов (независимо от НКПВ) или паров ЛВЖ с воздухом (газовая взрывоопасная среда) не образуются, а возможны только в результате **аварий или неисправностей**, но отличающиеся одной из следующих особенностей:

а) горючие газы в этих зонах обладают высоким НКПВ (15% и более) и резким запахом при ПДК по ГОСТ 12.1.005-88, например, машинные залы аммиачных компрессорных и холодильных абсорбционных установок;

б) помещения производств, связанных с обращением газообразного водорода, в которых по условиям технологического процесса исключается образование ВЗОС в объеме, превышающем 5% свободного объема помещения.

Данный пункт не распространяется на электромашинные помещения с турбогенераторами с водородным охлаждением при условии обеспечения помещения вытяжной вентиляцией с естественным побуждением (такие помещения имеют нормальную среду).

в) зоны лабораторных и других помещений, в которых горючие газы и ЛВЖ имеются в небольших количествах, недостаточных для создания ВЗОС в объеме, превышающем 5% свободного объема помещения, и в которых работа с горючими газами и ЛВЖ проводится без применения открытого огня. Если работа с горючими газами и ЛВЖ проводится в вытяжном

шкафу или под вытяжными зонтами, указанные в данном пункте зоны не являются взрывоопасными.

Размеры ВЗОЗ:

а) ВЗОЗ занимает весь объем помещения, если объем ВЗОС превышает 5% свободного объема помещения;

б) ВЗОЗ имеет размеры: в пределах 5м по горизонтали и вертикали от технологического аппарата, из которого возможно выделение горючих газов или ЛВЖ, если объем ВЗОС равен или менее 5% свободного объема помещения.

в) в помещениях производств, связанных с обращением газообразного водорода, ВЗОЗ условно принимается в верхней части помещения от отметки 0,75 общей высоты помещения, считая от уровня пола, но не выше кранового пути, если таковой имеется.

### **Определение зоны класса В – Iг и ее размеров**

ВЗОЗ класса **В-Iг** – пространство *наружных* установок: технологических установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ, надземных резервуаров с ЛВЖ или горючими газами (газгольдеры), эстакад слива и налива ЛВЖ, открытых нефтеловушек, прудов-отстойников с плавающей нефтяной пленкой и т. п.

К этим зонам относятся пространства:

1) у проемов за наружными ограждающими конструкциями помещений с ВЗОЗ классов В-I; В-Iа; В-II (исключение - проемы окон, заполненные стеклблоками);

2) у устройств для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции помещений со ВЗОЗ всех классов;

3) у предохранительных и дыхательных клапанов технологических аппаратов и емкостей с горючими газами и ЛВЖ.

Размер ВЗОЗ класса В-Iг считается в пределах до:

а) 0,5м по горизонтали и вертикали от проемов за наружными ограждающими конструкциями помещений с ВЗОЗ классов В-I, В-Iа, В-II;

б) 3м по горизонтали и вертикали от закрытого технологического аппарата, содержащего газы и ЛВЖ; от вентилятора, установленного снаружи (на улице) и обслуживающего помещения с ВЗОЗ любого класса;

в) 5м по горизонтали и вертикали от устройств для выброса из предохранительных и дыхательных клапанов емкостей и технологических аппаратов с горючими газами или ЛВЖ, от расположенных на ограждающих конструкциях зданий устройств для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции помещений с ВЗОЗ любого класса;

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

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

Пространство у эстакад с закрытыми сливно-наливочными устройствами, эстакад и опор под трубопроводы для горючих газов и ЛВЖ не относится к ВЗОЗ, за исключением зон в пределах 3м по горизонтали и вертикали от запорной арматуры и фланцевых соединений трубопроводов.

### **Определение зоны класса В – II и ее размеров**

ВЗОЗ класса **В-II** – зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние *горючие пыли и волокна* в таком количестве и с такими свойствами, что они способны образовать с воздухом ВЗОС (пылевоздушную взрывоопасную среду) при *нормальных* режимах работы (например, при загрузке или разгрузке технологических аппаратов и емкостей).

Размеры ВЗОЗ:

а) ВЗОЗ занимает весь объем помещения, если объем ВЗОС превышает 5% свободного объема помещения.

б) ВЗОЗ в помещении в пределах 5м по горизонтали и вертикали от технологического аппарата из которого возможно выделение горючих пылей и волокон, если объем ВЗОС равен или менее 5% свободного объема помещения.

### Определение зоны класса В – Па и ее размеров

ВЗОЗ *класса В-Па* – зоны, в которых *пылевоздушная* взрывоопасная среда не возникает при нормальной эксплуатации, а образование ее возможно только в результате *аварий или неисправностей*.

Таблица 4.1 - Классификация взрывоопасных зон по ПУЭ, гл. 7.3.

Класс зоны	Условия, определяющие класс зоны.
<b>Взрывоопасные зоны помещений:</b>	
<b>а) Газопаровоздушные ВЗОС</b>	
В-I	Горючие газы или пары ЛВЖ выделяются в таком количестве и обладают такими свойствами, что могут образовать с воздухом ВЗОС при <u>нормальных</u> режимах работы.
В-Ia	Образование ВЗОС горючих газов, независимо от НКПВ или паров ЛВЖ с воздухом возможно только в результате <u>неисправностей</u> или <u>аварий</u> , при нормальной эксплуатации место не имеет.
В-Iб	То же, что и для зоны В-Ia но при наличии следующих особенностей: 1. Горючие газы в таких зонах обладают НКПВ 15% и более и резким запахом при ПДК (по ГОСТ 12.1.005-88), например машинные залы аммиачных компрессорных установок. 2. Газообразный водород, имеющийся в герметичных аппаратах, трубопроводах, не может при вытяжной вентиляции с естественным побуждением образовать ВЗОС в объеме, превышающем 5% свободного объема помещения (граница зоны в таблице 4.3.). 3. Горючие газы и пары ЛВЖ имеются в небольших количествах, недостаточных для создания ВЗОС в объеме превышающем 5% свободного объема помещения, причём при работе с ними не применяется открытое пламя (зона не относится к взрывоопасной при выполнении работ в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтами).
<b>б) Пылевоздушные ВЗОС</b>	
В-II	Горючие пыли или волокна, переходящие во взвешенное состояние, выделяются в таком количестве и обладают такими свойствами, что могут образовать с воздухом ВЗОС при <u>нормальных</u> режимах работы.
В-IIa	Образование ВЗОС горючих пылей или волокон с воздухом возможно только в результате <u>неисправностей</u> или <u>аварий</u> , а при нормальной эксплуатации места не имеет.
<b>Взрывоопасные зоны вне помещений – наружные</b>	
В-Iг	Горючие газы или ЛВЖ содержатся (используются) в наружных технологических устройствах, подземных и надземных резервуарах, ЛВЖ транспортируются по эстакадам слива и налива. Пространства территории с открытыми нефтеловушками, прудами-отстойниками с плавающей нефтяной плёнкой (граница зоны в таблице 4.3).

Размеры ВЗОЗ класса В-IIa:

а) ВЗОЗ занимает весь объем помещения, если объем ВЗОС превышает 5% свободного объема помещения;

б) ВЗОЗ в помещении в пределах до 5м по горизонтали и вертикали от технологического аппарата из которого возможно выделение горючих пылей и волокон, если объем ВЗОС равен или менее 5% свободного объема помещения.

Для удобства классификации взрывоопасных зон и определения их размеров (границ), требования гл. 7.3 действующего ПУЭ сведены в таблицах 4.1 – 4.6.

Таблица 4.2 - Границы взрывоопасных зон помещений.

Объем ВЗОС, % свободного объема помещения <sup>1)</sup>	Границы (размеры) зоны <sup>2)</sup>
Свыше 5	Весь объём помещения.
Не более 5 при водородо-воздушных ВЗОС	Объём всей части помещения, расположенной выше отметки 0,75 его общей высоты <sup>3)</sup> , считая от уровня пола; при наличии крана – нижняя граница зоны не выше отметки подкранового пути.
Не более 5 при других ВЗОС	Объём части помещения в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от технологического аппарата, из которого возможно выделение горючих газов или паров ЛВЖ.

Примечания к таблице 4.2.

- 1) Рассчитывается согласно ОНТП 24-86 – Общесоюзные нормы технологического проектирования. «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности».
- 2) Часть помещения за пределами взрывоопасной зоны считается не взрывоопасной, если нет других причин, создающих взрывоопасность.
- 3) Не распространяется на машинные залы электростанций с турбогенераторами с водородным охлаждением, оборудованных вытяжной вентиляцией.

Таблица 4.3 - Границы взрывоопасной зоны вне помещения (наружных) В-Іг.

Устройства, строительные или другие конструктивные элементы, от которых определяются пределы взрывоопасной зоны	Расстояния по горизонтали и вертикали, м
1	2
Проёмы за наружными ограждающими конструкциями помещений с зонами В-І, В-Іа, В-ІІ	0,5
Закрытый технологический аппарат наружной установки, содержащий горючие газы или ЛВЖ. Вытяжной вентилятор, установленный снаружи и обслуживающий помещение с зонами любого класса.	3
Выбросные устройства предохранительных и дыхательных клапанов ёмкостей и технологических аппаратов, содержащих горючие газы или ЛВЖ. Расположенные на ограждающих конструкциях зданий устройства выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции из помещений с зонами любого класса.	5
Резервуары с ЛВЖ или горючими газами <sup>1)</sup>	8 (см. примечание)
Эстакады открытого слива и налива ЛВЖ	20
Запорная арматура и фланцевые соединения трубопроводов горючих газов и ЛВЖ (при закрытых сливо-наливных устройствах). Пространство за пределами этих зон к взрывоопасным не относятся.	3

Примечание к таблице 4.3.

- 1) При наличии обваловывания – зона класса В-Іг занимает всю площадь внутри обваловывания.

Таблица 4.4 - Класс зоны помещения <sup>1)</sup>, смежного с взрывоопасной зоной соседнего помещения.

Класс зоны	Класс зоны помещения, смежного с взрывоопасной зоной другого помещения и отделённого от неё стеной (перегородкой) или находящимся в пределах взрывоопасной зоны проёмом <sup>2)</sup> с дверью без тамбур-шлюзов <sup>3)</sup> .
<b>1</b>	<b>2</b>
В-I	В-Ia
В-Ia	В-Iб
В-Iб, В-IIa	Не взрыво- и не пожароопасная
В-II	В-Iia

Примечания к таблице 4.4.

- 1) Кроме помещений распределительных устройств и подстанций с взрывоопасными зонами и помещений, имеющих собственный источник взрыво- и пожароопасности;
- 2) Размер зоны в пределах до 5м по горизонтали и вертикали от проёма двери.
- 3) Если стена (перегородка), отделяющая помещение от взрывоопасной зоны любого класса не имеет в пределах этой зоны проёмов, или имеет проёмы с тамбур-шлюзами, то смежное помещение не имеет взрыво- и пожароопасных зон.

Таблица 4.5 - Зоны вентиляционных установок, обслуживающих взрывоопасные зоны.

Назначение и место установки вентиляторов	Класс зоны	
	Обслуживаемой	Вентиляционной установки (для выбора электродвигателей).
Вытяжные вентиляторы в камере (помещении)	Все классы	Тот же, что и обслуживаемой зоны.
Вытяжные вентиляторы за наружными ограждающими конструкциями.	В-I; В-Ia; В-II; В-Iб; В-IIa	В-Iг; В-Iб; В-Ia
Приточные вентиляторы в камере (помещении)	Все классы  Все классы	Тот же, что и обслуживаемой зоны, при отсутствии обратных клапанов. Невзрывоопасная при самозакрывающихся обратных клапанах, не допускающих проникновения ВЗОС в камеру (помещение) вентиляторов при прекращении подачи воздуха.

Таблица 4.6 - Размеры зон помещений, в которых при окраске образуется ВЗОС (класс зоны определяется по таблице 4.1)

Окраска в общем технологическом потоке производства	Общая площадь		Размеры зоны <sup>1)</sup> по горизонтали и вертикали
	Камеры или решеток	Производственного помещения, м <sup>2</sup>	
В окрасочных и сушильных камерах	до 200 м <sup>2</sup>	до 2000	5 м от открытых проёмов камер
	до 10% площади помещения	более 2000	
	более 200 м <sup>2</sup>	до 2000	по таблице 4.2.
	более 10% площади помещения	более 2000	по таблице 4.2.
На открытых площадках – решетках	до 200 м <sup>2</sup>	до 2000	5 м от края решетки и от окрашиваемых изделий
	до 10% площади помещения	более 2000	
	более 200 м <sup>2</sup>	до 2000	по таблице 4.2.

	более 10% площади помещения	более 2000	по таблице 4.2.
--	-----------------------------------	------------	-----------------

Примечания к таблице 4.6.

- 1) Помещение за пределами такой зоны считается не взрывоопасным, если нет других факторов создающих в нём взрывоопасность.
- 2) Взрывоопасные зоны внутри окрасочных и сушильных камер следует приравнивать к зонам внутри технологических аппаратов (требования гл. 7.3. ПУЭ, 6-е издание на эти зоны не распространяется).

### 4.3 Классификация взрывоопасных зон по проекту гл. 7.3. ПУЭ, 7-го издания

Область распространения главы несколько расширена, в сравнении с ПУЭ, 6-е издание, за счет исключения положения о нераспространении главы на электрооборудование внутри технологических аппаратов.

Кроме того, в данном издании в значительной мере учтены рекомендации МЭК.

Исходные положения для новой классификации ВЗОЗ по проекту гл. 7.3 ПЭУ, 7 издание:

- а) газовые взрывоопасные среды образуют ВЗОЗ классов 0, 1, 2 (в помещениях и наружных установках) и 3 (только в помещениях);
- б) пылевоздушные взрывоопасные среды в помещениях образуют ВЗОЗ класса 10, 11;
- в) одним из критериев классификации является определяемое по ОНТП-24-86 расчетное избыточное давление взрыва, которое может развить смесь при ее воспламенении в помещении;
- г) при расчетном избыточном давлении при взрыве смеси с воздухом горючей пыли или паров перегретых ГЖ, равном или менее 5кПа, будет иметь место пожароопасная зона класса П-П или П-И соответственно.

#### Определение зоны класса 0 и ее размеров

ВЗОЗ класса 0 – пространство, в котором газовая взрывоопасная среда присутствует постоянно или в течении длительного времени.

Она не должна иметь место за пределами корпусов технологического оборудования или принимается в пределах ограниченного пространства от источника выделения, но не более 1метра (как внутри помещения, так и в наружных установках).

#### Определение зоны класса 1 и ее размеров

ВЗОЗ класса 1 – пространство, в котором газовая взрывоопасная среда может образовываться при нормальной работе.

ВЗОЗ класса 1 имеет место вокруг ВЗОЗ класса 0. Ее размеры определяются согласно следующих условий:

- 1) в помещениях:
  - а) при расчетном избыточном давлении взрыва газовой ВЗОС, превышающем 5кПа, ВЗОЗ занимает весь объем помещения;
  - б) если равно или менее 5 кПа, ВЗОЗ занимает часть помещения в виде цилиндра с радиусом и высотой равными 5м (высота считается: от пола – для тяжелых газов и паров; от потолка помещения – для легких). [Возможно определение размеров технологами согласно ГОСТ 12.1.004-85];
- 2) для наружной установки:
  - а) размеры принимаются в соответствии с ведомственными документами;
  - б) при их отсутствии, размеры ВЗОЗ класса 1 допускается принимать в пределах не более 1м от мест выделения среды.



### **Определение зоны класса 2 и ее размеров**

ВЗОЗ класса 2 – пространство, в котором газовая взрывоопасная среда не может образоваться при нормальной работе, а если образуется, то присутствует лишь кратковременно. Как правило ВЗОЗ класса 2 имеет место вокруг ВЗОЗ класса 1.

Размеры ВЗОЗ класса 2.

1) Внутри помещения:

а) при расчетном избыточном давлении взрыва газовой ВЗОС, превышающем 5кПа, ВЗОЗ занимает весь объем помещения;

б) при расчетном избыточном давлении взрыва газовой ВЗОС, равном или менее 5кПа, ВЗОЗ занимает часть помещения в виде цилиндра с радиусом и высотой равным 5м. Высота считается от пола – для тяжелых газов и паров, от потолка – для легких газов и паров.

2) Для наружных установок.

Размеры ВЗОЗ определяются ведомственными документами, а в случае их отсутствия, ВЗОЗ класса 2 считается в пределах до:

а) 0,5м по горизонтали и вертикали от проемов за наружными ограждающими конструкциями помещений с ВЗОЗ классов 0, 1, 2, 10;

б) 3м по горизонтали и вертикали от закрытого технологического аппарата, содержащего горючие газы и ЛВЖ; от вентилятора, установленного на улице и обслуживающего помещения с ВЗОЗ любого класса;

в) 5м по горизонтали и вертикали от устройств для выброса из предохранительных и дыхательных клапанов емкостей и технологических аппаратов с горючими газами и ЛВЖ, от расположенных на ограждающих конструкциях зданий устройств для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции помещений с ВЗОЗ любого класса.

г) 8м по горизонтали и вертикали от резервуаров с ЛВЖ или газгольдеров; при наличии обвалования — в пределах всей площади внутри обвалования;

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

е) в пределах 3м по горизонтали и вертикали от запорной арматуры и фланцевых соединений трубопроводов для горючих газов и ЛВЖ.

### **Определение зоны класса 3 и ее размеров**

ВЗОЗ класса 3 – пространство в помещении, характеризующееся как ВЗОЗ класса 2, но отличающееся одной из следующих особенностей:

а) горючие газы имеют 15% и более НПВ и обладают резким запахом;

б) горючие газы, ЛВЖ имеются в таких количествах, что их воспламенение в нормальных и аварийных режимах не может развить расчетное избыточное давление взрыва более 5кПа.

Для случая образования в помещении газообразного водорода, размеры ВЗОЗ класса 3 ограничены объемом, в котором по условиям технологического процесса исключается образование ВЗОС в объеме, более 5% свободного объема помещения.

В случае работы под вытяжными шкафами (зонтами) или при расчетном избыточном давлении взрыва менее 0,5кПа, зона не относится к взрывоопасной.

В других случаях размеры ВЗОЗ класса 3 следует принимать:

а) ВЗОЗ имеет весь объем помещения, если объем ВЗОС превышает 5% свободного объема помещения;

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

в) В помещениях производств, связанных с обращением газообразного водорода (как отмечено выше), ВЗОЗ условно принимается в верхней части помещения от отметки 0,75 общей высоты помещения, считая от уровня пола, но не выше кранового пути, если таковой имеется.

### **Определение зоны класса 10 и ее размеров**

ВЗОЗ класса 10 – пространство в помещениях, в которых пылевоздушная ВЗОС может образоваться при нормальной работе и при ее воспламенении развиваться расчетное избыточное давление взрыва более 5кПа.

Занимает весь объем помещения.

### **Определение зоны класса 11 и ее размеров**

ВЗОЗ класса 11 – пространство в помещениях, в котором пылевоздушная ВЗОС образуется в результате аварий или неисправностей (при нормальной работе маловероятно).

Занимает весь объем помещения.

## **4.4 Классификация взрывоопасных зон по Публикации МЭК 79-10**

Публикация дает основные принципы и методику классификации взрывоопасных зон, принятую за основу в большинстве зарубежных стран. Что же касается конкретных размеров и формы этих зон, то для их определения необходимо пользоваться национальными нормами, т.к. в этом вопросе членам МЭК не удалось достичь полного компромисса.

Публикация МЭК 79-10 служит руководством по классификации взрывоопасных зон во всех отраслях промышленности, где имеется опасность образования взрывоопасных смесей с воздухом горючих газов и паров ГЖ, с целью правильного выбора электрооборудования для эксплуатации в этих зонах.

Публикация не распространяется на:

- а) подземные электроустановки в шахтах;
- б) предприятия по производству и переработке взрывчатых веществ;
- в) зоны, опасные по наличию горючих пылей или волокон;
- г) аварии катастрофических размеров, выходящие за пределы представления о нормальной работе;

Под термином “авария катастрофических размеров” подразумевается, например, случай разрыва технологической емкости или трубопровода.

- д) другие источники зажигания, не связанные с электрооборудованием.

**Взрывоопасные зоны** в зависимости от частоты возникновения и длительности существования газовой взрывоопасной среды подразделены на три класса:

**Зона 0** – зона, в которой газовая взрывоопасная среда присутствует постоянно или в течении длительного времени;

**Зона 1** – зона, в которой газовая взрывоопасная среда может образоваться при нормальной работе;

**Зона 2** – зона, в которой газовая взрывоопасная среда не может образоваться при нормальной работе, а если и образуется, то появляется лишь кратковременно.

Основными критериями для определения класса зоны являются:

- а) класс источника выброса;
- б) тип вентиляции.

**Источник выброса** – место или точка, из которого в окружающую атмосферу могут выделяться газ, пар, туман или жидкость, образующие газовую взрывоопасную среду.

Источники выброса подразделяются на **три класса**:

а) **источник выброса непрерывного класса** – источник, который выбрасывает непрерывно или в течении длительного времени или кратковременно, но часто, например, открытая емкость с ЛВЖ;

б) **источник выброса первого класса** – источник, из которого может произойти периодически или время от времени выброс при нормальной работе, например, уплотнения насосов, дающих течь при нормальной работе;

в) **источник выброса второго класса** – источник, не дающий выбросов при нормальной работе, а если случается выброс, то лишь редко и кратковременно, например, уплотнения насосов, которые дают течь при неисправностях, фланцевые соединения, клапаны превышения давления.

Кроме того, источник, сочетающий признаки перечисленных выше двух или трех классов, считается **многоклассовым**.

**Вентиляция** в зависимости от ее наличия и эффективности подразделяется следующим образом:

а) **отсутствие вентиляции** – вентиляция отсутствует, когда не принимается никаких мер по замене воздуха свежим воздухом;

б) **естественная вентиляция** – движение воздуха и его замена свежим воздухом под действием ветра или разницы температур;

в) **принудительная вентиляция** – движение воздуха и его замена свежим воздухом под действием искусственных средств (например, вентиляторов) во всем объеме помещения;

г) **принудительная местная вентиляция** – движение воздуха и его замена свежим воздухом под действием искусственных средств (обычно вытяжка), приложенных к определенному источнику выброса или части помещения.

Важным является то обстоятельство, что принудительная вентиляция приравнивается к естественной и, в следствие этого, разделение зон на наружные и внутри помещений не производится.

### **Факторы, определяющие класс и размер зон**

Источники выброса непрерывного класса могут создать зону 0, источники первого класса – зону 1, источники второго класса – зону 2.

Так как на практике почти все источники выброса являются многоклассовыми, то вокруг зоны 0 будет существовать зона 1, а вокруг зоны 1 еще более обширная зона 2. Между классом источника выброса, отсутствием или наличием вентиляции и ее эффективностью и классом и размером зоны существует непосредственная связь.

Так, при эффективном действии вентиляции, размеры зоны могут быть значительно уменьшены, вплоть до того, что или ими можно будет пренебречь и зона перейдет в более высокий класс, или она станет вообще безопасной.

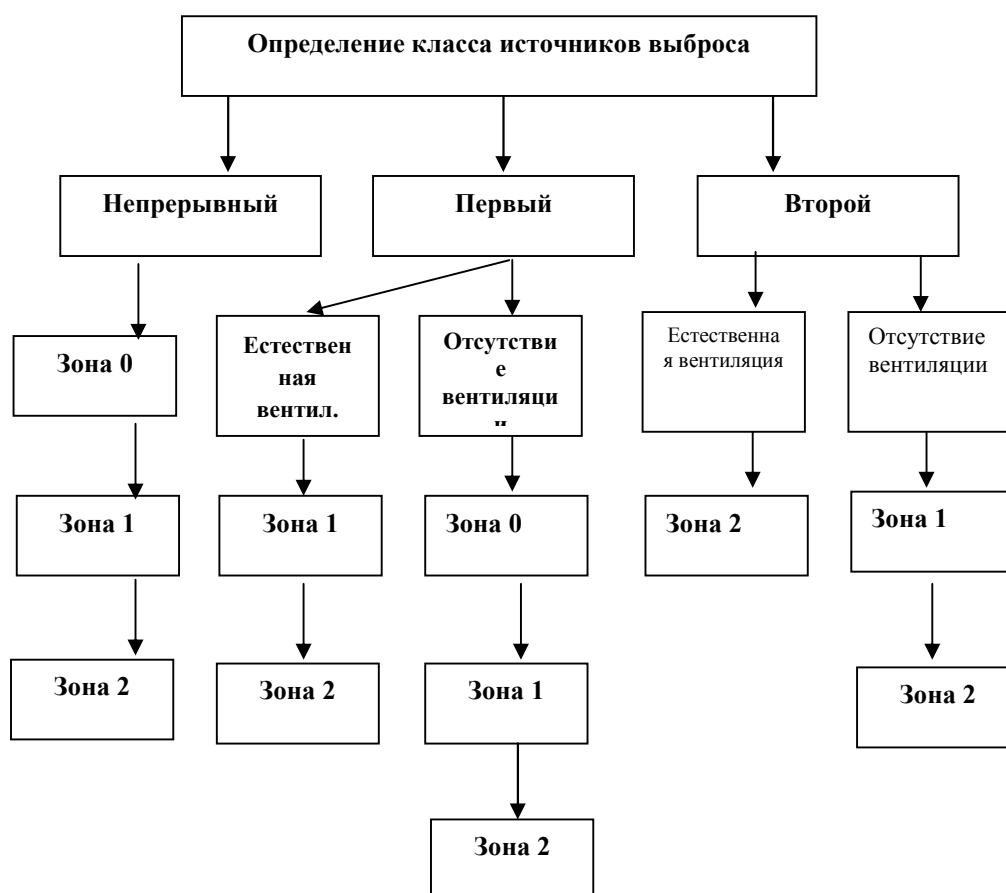
Напротив, вентиляция может быть настолько неэффективной, что размеры зоны значительно возрастут или она перейдет в более низкий класс.

При полном же отсутствии вентиляции источники выброса непрерывного и первого класса обусловят зону 0, а второго класса – зону 1.

К другим факторам, определяющим размеры зон, относятся:

- а) количество выбрасываемых горючих веществ;
- б) скорость выброса;
- в) концентрация горючих веществ в выбрасываемой смеси;
- г) препятствия (например, земляные валы и стены);
- д) точка кипения ГЖ;
- е) НКПВ;
- ж) температура вспышки паров ГЖ;
- з) относительная плотность горючих газов и паров ГЖ;
- и) температура ГЖ или ее паров;
- к) давление в технологической системе.

Схема последовательности действий для определения класса ВЗОЗ следующая:



#### 4.5 Классификация взрывоопасных зон по NEC 500 США

Взрывоопасные зоны делятся на три класса в зависимости от вида взрывоопасной среды (ClassI, ClassII, ClassIII).

**ВЗОЗ класса I** – зоны, в которых находятся или могут находиться горючие газы или пары ЛВЖ в количествах, достаточных для образования взрывоопасной среды. Зона имеет две категории взрывоопасности (Division 1, Division 2).

**ВЗОЗ класса II** – зоны, которые являются взрывоопасными при наличии в них горючей пыли. Зона имеет две категории 1, 2 (Division 1; Division 2).

**ВЗОЗ класса III** – зоны, взрывоопасные по легковоспламеняющимся волокнам или пуху, находящимся во взвешенном состоянии. Также имеет две категории взрывоопасности 1 и 2 (Division 1; Division 2).

#### Определение зоны класса I категории 1 и ее размеров

К ВЗОЗ класса I категории 1 (Class I, Division 1) – относятся зоны, в которых:

- а) взрывоопасные концентрации горючих газов или паров жидкостей при нормальной эксплуатации могут иметь место длительное время, с перерывами или периодически;
- б) ВЗОЗ газов или паров с воздухом могут создаваться при эксплуатационных или ремонтных работах, а также при утечке из системы;
- в) неисправность или неправильная работа технологического оборудования влечет за собой одновременную аварию в электроустановке.

Размеры ВЗОЗ класса I, категории 1:

- а) места, где производится перемещение взрывоопасных веществ из одного бака в другой;
- б) пульверизационные камеры, а также места, вблизи которых производится покраска с применением летучих горючих растворов;
- в) места, где находятся открытые сосуды (емкости), содержащие горючие жидкости;

- г) сушильные помещения (камеры), предназначенные для испарения горючих растворов;
- д) отделения производств по очистке и окраске тканей, в которых применяются ЛВЖ;
- е) газогенераторные станции и прочие помещения газовых заводов, где может быть утечка газа из системы;
- ж) насосные отделения для перекачки горючих газов или жидкостей;
- з) все прочие помещения, где в нормальных условиях эксплуатации может иметь место образования взрывоопасных концентраций горючих газов или паров.

### **Определение зоны класса I категории 2 и ее размеров**

К ВЗОЗ класса I категории 2 относятся зоны, в которых:

- а) транспортируются, производятся или применяются горючие жидкости или газы, нормально заключенные в закрытые сосуды или системы.

Образование взрывоопасной концентрации газов или паров жидкостей возможно только при авариях или неисправностях технологического оборудования;

- б) предотвращается образование ВЗОС работой вентиляционной системы, однако возможно ее образование при авариях или неисправностях вентиляционного оборудования.

Размеры ВЗОЗ класса I, категории 2 – помещение (участок), где создаются указанные взрывоопасные среды.

### **Определение зоны класса II категории 1 и ее размеров**

К ВЗОЗ класса II категории 1 – относятся зоны в которых:

- а) при нормальных условиях эксплуатации могут образовываться во взвешенном состоянии горючая пыль в количестве, достаточном для образования взрывоопасной среды (опасное количество пыли может находиться длительное время);

- б) образование взрывоопасной пылевоздушной среды возможно при ненормальном технологическом процессе или аварии оборудования;

- в) имеет место образование токопроводящей пыли.

Размеры ВЗОЗ класса II, категории 1:

- а) участок по транспортировке и хранению пыли;
- б) помещения с оборудованием для распыления, очистки, сортировки пыли; открытые бункеры, транспортеры, желоба, опрокидыватели, мешалки, смесители, весы, упаковочные машины; верхние и нижние части элеватора; сборники пыли и шихты, работающие на предприятии по очистке зерна, крахмальных фабриках, заводах сахарной пудры;
- в) пылеугольные предприятия;
- г) все рабочие помещения, где металлическая пыль производится, транспортируется, упаковывается, хранится (за исключением помещений, где пыль хранится в пыленепроницаемых сосудах), а также все подобные помещения, где взрывоопасная среда может образоваться при нормальных эксплуатационных условиях.

### **Определение зоны класса II категории 2 и ее размеров**

К ВЗОЗ класса II категории 2 – относятся зоны, в которых исключается возможность образования взрывоопасной пылевоздушной среды как при нормальной эксплуатации, так и при неисправностях или авариях оборудования.

Размеры ВЗОЗ класса II категории 2:

- а) установки, в которых применяется закрытое технологическое оборудование (желоба, транспортеры, бункера и т. п.);
- б) зоны, где образование взрывоопасной концентрации пыли контролируется приборами;
- в) склады, погрузочные помещения, где хранение и транспортировка горючей пыли производится в мешках или сосудах.

### **Определение зоны класса III категории 1 и ее размеров**

К ВЗОЗ класса III категории 1 – относятся зоны, в которых транспортируются, производятся, или используются легковоспламеняющиеся волокна или материалы, выделяющие горючий пух.

Размеры ВЗОЗ класса III категории 1:

- а) отделения фабрики искусственного шелка, хлопчатобумажных, текстильных предприятий, где обрабатываются или изготавливаются прочие горючие волокна;
- б) помещения хлопкоочистительных фабрик;
- в) помещения швейных, льнообрабатывающих фабрик и т.п.

### **Определение зоны класса III категории 2 и ее размеров**

К ВЗОЗ класса III категории 2 – относятся зоны, в которых хранятся или транспортируются легковоспламеняющиеся волокна или пух.

Размеры ВЗОЗ класса III категории 2:

- а) помещения складов, где хранятся указанные вещества;
- б) другие помещения для складирования, транспортировки, но не связанные с производством волокон или пуха.

## **4.6 Соответствие классификаций взрывоопасных зон по различным нормативным документам.**

Сопоставление классификаций взрывоопасных зон, установок, помещений по нормам ряда стран приведено в таблице 4.7.

Укажем некоторые примечания к данной таблице:

- 1) В таблице приведено сопоставление как действующих национальных и международных, так и ранее действующих национальных норм (Англия, Франция, Япония, ЧССР). Сделано это с учетом наличия в эксплуатации ранее импортируемого электрооборудования.
- 2) Классификация Франции приведена для нефтяной промышленности.
- 3) Согласно ПУЭ, смеси с воздухом горючих волокон при определенных условиях могут образовывать взрывоопасную зону класса В-Па.

Табл. 4.7. Сопоставление классов взрывоопасных зон (помещений, установок) ряда стран

Вещества, образующие с воздухом ВЗОС и горючие смеси	Класс взрывоопасной зоны					Класс установки и категория (степень) взрывоопасности	Степень взрывоопасности	Класс установки
	ПУЭ, гл. 7.3 6-е изд.	ПУЭ, гл. 7.3 7-е изд.	Публикация МЭК 79-10	Англия	Франция	NEC500 США, Канада	ЧССР (Чехия)	Япония
Горючие газы, пары ЛВЖ, горючие туманы	-	0	0	0	E(1)	Class 1, Div. 1	3	0
	B-I	1	1				1	2
	B-Ia	2a	2	2	F(2)	Class 1, Div. 2	1	2
	B-Iб	3		-	-		-	-
	B-Iг	2г		0	E(1)	Class 1, Div. 1	3	0
				1			2	1
						2	F(2)	Class 1, Div. 2
	Горючие пыли	B-II	10	-	-	-	Class 2,3, Div. 1	-
B-IIa		11	-	-	-	-		-
Горючие волокна, пух	Класс П-II		-	-	-	Class 3, Div. 1,2	-	-

Таблица 4.8 - Предельные допустимые концентрации (ПДК) вредных газов, паров, пыли в воздухе рабочей зоны (по ГОСТ 12.1.005-88).

Наименование вещества		ПДК, мг/м <sup>3</sup>
Аммиак		20
Ацетон		200
Бензин топливный		100
Бензин растворитель, керосин, лигроин		300
Бензол		5,0
Бутилацетат		200
Ксилол		50
Метилацетат		100
Масла минеральные (нефтяные)		5,0
Пыль угольная, содержащая до 10% SiO <sub>2</sub>		4,0
Пыли не содержащие SiO <sub>2</sub> и токсичных веществ		10
Сернистый ангидрид (сернистый газ)		10
Сероводород		10
Скипидар		300
Сероуглерод		1,0
Сольвент		100
Спирты:	этиловый	1000
	метиловый	5,0
	амиловый, бутиловый, пропиловый	10
Толуол		50
Углерода окись		20
Фенол		0,3
Хлорбензол		50

Дихлорэтан, трихлорэтилен	10
Этилацетат, этилцеллозольв	200
Этиловый (диэтиловый) эфир	300

### Контрольные вопросы

1. Дать определение зоны класса В-I и ее размеров по ПУЭ, 6-е издание.
2. Дать определение зоны класса В-Ia и ее размеров по ПУЭ, 6-е издание.
3. Дать определение зоны класса В-Iб и ее размеров по ПУЭ, 6-е издание.
4. Дать определение зоны класса В-Iг и ее размеров по ПУЭ, 6-е издание.
5. Дать определение зоны класса В-II и ее размеров по ПУЭ, 6-е издание.
6. Дать определение зоны класса В-IIa и ее размеров по ПУЭ, 6-е издание.
7. Какие исходные положения приняты за основу классификации взрывоопасных зон по ПУЭ, 7-е издание.
8. Дать определение зоны класса 0 и ее размеров по ПУЭ, 7-е издание.
9. Дать определение зоны класса 1 и ее размеров по ПУЭ, 7-е издание.
10. Дать определение зоны класса 2 и ее размеров по ПУЭ, 7-е издание.
11. Дать определение зоны класса 3 и ее размеров по ПУЭ, 7-е издание.
12. Дать определение зоны класса 10 и ее размеров по ПУЭ, 7-е издание.
13. Дать определение зоны класса 11 и ее размеров по ПУЭ, 7-е издание.
14. Как классифицируются взрывоопасные зоны по Публикации МЭК 79-10.
15. Дать определение источников выброса по классам (непрерывного, первого, второго) по Публикации МЭК 79-10.
16. Дать определение видов вентиляции в зависимости от ее наличия и эффективности.
17. Дать определение зоны класса I, категории 1 и ее размеров по NEC-500.
18. Дать определение зоны класса I, категории 2 и ее размеров по NEC-500.
19. Дать определение зоны класса II, категории 1 и ее размеров по NEC-500.
20. Дать определение зоны класса II, категории 2 и ее размеров по NEC-500.
21. Дать определение зоны класса III, категории 1 и ее размеров по NEC-500.
22. Дать определение зоны класса III, категории 2 и ее размеров по NEC-500.
23. Привести соответствие классификаций взрывоопасных зон по ПУЭ, 6-е издание и ПУЭ, 7-е издание.
24. Привести соответствие классификаций зон по ПУЭ, 6-е издание и NEC-500.

## 5. КЛАССИФИКАЦИЯ И МАРКИРОВКА ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

### 5.1 Общие положения

Электрооборудование, в котором применены те или иные средства взрывозащиты, называется, в отличие от общепромышленного, **взрывозащищенным**.

**Средства взрывозащиты** – это конструктивные и (или) схемные решения взрывозащиты электрооборудования (электротехнических установок), позволяющие исключить или свести к минимуму возможность взрыва окружающей взрывоопасной среды.

Средства взрывозащиты можно разделить на три группы:

- 1) локализация взрыва внутри оболочки, в которую заключено электрооборудование;
- 2) исключение контактирования окружающей среды с электрическими частями, способными вызвать ее воспламенение;
- 3) исключение опасных нагревов или искрений в электрооборудовании, способных воспламенить окружающую взрывоопасную среду.

Каждая из указанных групп предусматривает один или несколько конкретных способов взрывозащиты, именуемых в технической литературе исполнениями, или, в ряде стандартов, видом взрывозащиты.

Под **видом взрывозащиты** понимается совокупность средств взрывозащиты электрооборудования, установленная нормативными документами.



Рассмотрим кратко исполнения (виды взрывозащиты) наиболее характерные для указанных групп.

1. Локализация взрыва осуществляется прочной оболочкой, способной выдержать давление взрыва внутри оболочки, и такими параметрами мест сопряжения отдельных частей оболочки (длина и ширина щели между сопрягаемыми деталями), при которых выходящее из оболочки пламя и продукты взрыва остывали до безопасной температуры, при которой самовоспламенение окру-

жающей взрывоопасной среды становится невозможным. Такое исполнение (вид взрывозащиты) называется **взрывонепроницаемым**. Следует еще раз подчеркнуть, что контроль параметров взрывозащиты (максимальная ширина и минимальная длина щели) производится только по чертежам средств взрывозащиты, имеющимся в эксплуатационной и ремонтной документации, но ни в коем случае не по величине БЭМЗ или критического зазора.

2. Данная группа средств взрывозащиты может быть представлена четырьмя исполнениями (видами взрывозащиты):

**маслонаполненным**, при котором токоведущие части электрооборудования погружаются в масло или другую жидкость с высокой диэлектрической прочностью;

**кварцевое заполнение оболочки**, в котором токоведущие части засыпаются мелкодисперсным наполнителем, например, кварцевым песком;

**продуваемым или заполненным под избыточным давлением**, при котором токоведущие части заключены в оболочку, содержащую чистый воздух или инертный газ под давлением, исключающим проникновение взрывоопасной смеси внутрь этой оболочки;

**специальным**, в котором токоведущие части заливаются термореактивным компаундом, герметиком или специальными поглотителями или флегматизаторами. Следует отметить, что согласно Публикации МЭК 79-0, специальным исполнением называется также такое, которое не соответствует требованиям МЭК, но признается безопасным национальной контролирующей организацией (оно должно маркироваться знаком “s”).

3. Данная группа средств взрывозащиты может быть представлена двумя исполнениями:

**повышенная надежность против взрыва**. Это исполнение обеспечивается применением высококачественных изоляционных материалов, увеличением по сравнению с общепромышленным электрооборудованием путей утечек по поверхности изоляционных деталей, и воздушных зазоров между токоведущими частями разных потенциалов, снижение токовых нагрузок на неподвижные контактные соединения и поддержание в них постоянных давлений, защита от внешних воздействий (в том числе и от механических повреждений) и т.п. Это исполнение пригодно только для частей (узлов) или электрооборудования в целом, у которого нет нормально искрящих или нагретых до опасной температуры частей. Характерным является для данного вида взрывозащиты отсутствие перегрузок электрооборудования, а в случае, когда такие перегрузки вероятны, например, электродвигатели, они должны эксплуатироваться с соответственно настроенной электрической и тепловой защитой.

**Искробезопасная цепь** (искробезопасное электрооборудование) предусматривает предотвращение опасного искрения за счет уменьшения длительности разряда или уменьшения мощности, которую электрическая цепь может отдавать в разрядный промежуток, образующийся при обрыве или коротком замыкании в цепи. Поэтому принимаются меры по ограничению токов и напряжений, а также отделение электрических цепей электрооборудования от силовоточных, экранизации их от внешних наводок, атмосферных разрядов и т.п.

Электрооборудование может быть выполнено как с одним видом взрывозащиты, так и с несколькими в различных комбинациях.

Взрывозащищенное электрооборудование классифицируется по средствам взрывозащиты и областям применения и соответствующим образом маркируется.

Назначение классификации – обеспечение в конкретных условиях максимально возможной безопасности, снижение затрат на изготовление и эксплуатацию электрооборудования, унификация конструктивных требований и методов испытаний и т.п.

Маркировка указывает на то, что электрооборудование является взрывозащищенным, кроме того, по ней определяется область его конкретного применения.

Следует отметить, если маркировка отсутствует, то такое электрооборудование не является взрывозащищенным.

В международной практике принято в маркировке оборудования указывать уровень или степень взрывозащиты.

**Под уровнем (степенью) взрывозащиты** понимается совокупность мероприятий, проведенных в электрооборудовании, исключающих воспламенение окружающей взрывоопасной среды с заданной вероятностью или, что то же самое, обеспечивающих соответствующий коэффициент безопасности при различных режимах работы электрооборудования.

Причем, если в состав взрывозащищенного электрооборудования входят элементы с различным уровнем взрывозащиты, то общий уровень взрывозащиты электрооборудования должен устанавливаться по элементу, имеющему наиболее низкий уровень.

Учитывая, что указанные выше виды взрывозащиты (исполнения) получили распространение в широкой международной практике, ниже приводится их более подробный анализ.

### **Взрывонепроницаемое исполнение**

Взрывонепроницаемое исполнение является наиболее надежным исполнением взрывозащищенного электрооборудования. Электрооборудование во взрывонепроницаемом исполнении на сегодняшний день самое распространенное во взрывоопасных производствах.

Взрывонепроницаемость электрооборудования основана на принципе охлаждения продуктов взрыва и ограничении пламени при помощи зазоров до такой температуры, при которой исключается воспламенение взрывоопасной смеси, находящейся вне оболочки оборудования. Это возможно при условии, что сопряжения отдельных частей оболочки, заполненной взрывоопасной смесью и внутри которой находится источник воспламенения (электрическая искра, нагретое тело, пламя), имеют зазоры определенных размеров. Из-за того, что в основу обеспечения взрывонепроницаемости оболочек электрооборудования положен принцип теплоотдачи в стенки фланцев, большим уровнем безопасности обладает оболочка с соединениями, имеющими меньшие зазоры при сравнительно большой их длине. При одном и том же зазоре более надежно соединение, имеющее более сложный профиль (лабиринт) пути выхода продуктов взрыва из оболочки наружу.

Кроме того, оболочка взрывонепроницаемого электрооборудования должна обладать высокой взрывоустойчивостью, т.е. в результате повышения давления при взрыве она не должна иметь остаточную деформацию, приводящую к нарушению ее взрывозащитных свойств (вот почему на чертежах взрывозащиты обязательно указывать не только геометрические размеры, но и материал сопрягающихся деталей). На величину давления при взрыве внутри оболочки влияют объем и форма оболочки, местоположение, состав и концентрация взрывоопасной смеси, а также величина удельного сечения отверстий в оболочке. Под удельным сечением отверстий принято считать суммарную площадь зазоров или сквозных отверстий, отнесенную к единице объема оболочки.

Сопряжения между отдельными частями оболочки могут быть плоские, лабиринтные, резьбовые, цилиндрические, конические или комбинации из этих соединений. Таким образом, взрывонепроницаемая щель характеризуется конфигурацией, параметрами взрывозащиты: шириной (зазором) и длиной щели и шероховатостью взрывозащищенных поверхностей.

**Взрывозащитные поверхности** – поверхности которые образуют взрывонепроницаемую щель.

**Ширина взрывонепроницаемой щели** – наибольшее расстояние между плоскими или цилиндрическими взрывозащитными поверхностями частей оболочки, образующими взрывонепроницаемую щель, при нормальных условиях, или, во втором варианте, при максимальном эксцентрическом их расположении.

**Длина взрывонепроницаемой щели** – кратчайший путь по взрывозащитной поверхности из оболочки в окружающую среду. Если во взрывонепроницаемом соединении применена прокладка, утопленная в канавку, то ширина канавки при подсчете полной длины щели не учитывается.

Взрывонепроницаемость оболочек в значительной мере зависит от характера поджигания ВЗОС.

Различают два источника поджигания: **маломощный** – результат нормального искрения элементов в условиях работы, нагретое тело, пламя или электрическая искра без образования раскаленных частиц; **дугообразование** в результате короткого замыкания силовых цепей, обрыва одной фазы, замыкания на землю. Более жесткие требования обусловлены учетом второго источника поджигания (ПУЭ, ПИВРЭ), хотя ряд зарубежных стран в своих стандартах учитывает действие первого источника поджигания.

### **Исполнение повышенной надежности**

В большинстве стран мира в исполнении повышенной надежности против взрыва разрабатываются только те части, узлы или электрооборудование в целом, которые не имеют нормально искрящих элементов и не подвержены опасному нагреву. К ним относятся обмотки электрических машин и трансформаторов, катушки аппаратов и приборов, коробки и вводные устройства с контактными зажимами, светильники и т.п.

Искрящиеся же части или узлы, подверженные в условиях работы опасному и незащищенному, неконтролируемому нагреву выполняются с другим видом взрывозащиты, например, взрывонепроницаемым, маслonaполненным и др.

Кроме рассмотренного выше использования улучшенных материалов и других конструктивных решений в данном виде взрывозащиты вводится контроль (оценка) характеристик состояния электрооборудования:

**Предельная температура  $T_n$**  – максимально допустимая температура для оборудования и его отдельных частей. Она определяется температурой воспламенения взрывоопасной среды и тепловой устойчивостью использованных материалов. Меньшее значение принимается за предельную температуру.

**Пусковой ток  $I_a$**  – самое высокое действующее значение тока, который протекает в статорной обмотке заторможенного двигателя с к.з. ротором или в электромагните переменного тока с притянутым якорем после прекращения переходных процессов при питании оборудования номинальным напряжением и номинальной частоте. Характерной величиной является также отношение пускового тока  $I_a$  к номинальному  $I_n$ , т.е.  $I_a / I_n$ .

**Время  $t_e$**  – время, в течении которого обмотки при протекании по ним пускового тока  $I_a$  нагреваются от температуры установившегося режима до предельной температуры при номинальной температуре окружающей среды. За номинальную температуру окружающей среды принимается в расчетах и испытаниях 40°C.

**Предельный тепловой ток  $I_{теп}$**  – действующее значение тока, который за время своего действия в течении 1с нагревает проводники до предельной температуры.

**Предельный динамический ток  $I_{дин}$**  – амплитудное значение такого тока, динамическое действие которого электрооборудование может выдержать без разрушения.

При проектировании и изготовлении электрооборудования с повышенной надежностью против взрыва, как указывалось, применяется комплекс конструктивных мер, а также защитные устройства, делающие маловероятным появление опасных искр и нагревов.

Особые требования предъявляются стандартами к светильникам в исполнении “е”. Нередко требуется, чтобы контакты в патронах для ламп имели взрывонепроницаемое исполнение, т.к. не исключена возможность смены ламп под напряжением. Все светильники снабжаются предупреждающей надписью, чтобы смена ламп производилась только после снятия напряжения.

Особые требования предъявляются также к допустимой температуре нагрева поверхности лампы и колпака светильника, а также к его механической прочности. Сюда следует отнести и требования пыленепроницаемости, например, вводных коробок электродвигателей.

Повышенная надежность электрооборудования оценивается результатами контрольной проверки качества изготовления и испытаний по указанным выше характеристикам. Кроме того, большое значение имеет правильное устройство (расчет, выбор, наладка) электрических и тепловых защит силового электрооборудования, в частности, электродвигателей.

### **Маслонаполненное исполнение**

В этом исполнении основным средством защиты является масло или другой жидкий диэлектрик, в который погружены нормально искрящие и неискрящие части электрооборудования, находящиеся под напряжением.

Основным параметром взрывозащиты, кроме естественно регламентированных требований к маслу, является минимально допустимый уровень масла над нормально искрящими элементами и неискрящими неизолированными токоведущими частями. В тех странах, где допускается такой вид взрывозащиты для передвижных установок, регламентируется надежная защита от расплескивания масла.

Кроме того, стандартами регламентируется максимально допустимая температура верхнего слоя масла, которая не должна превышать 80-100° С. Уровень масла принимается таким, чтобы возникающие искры электрической дуги не достигали поверхности масла, а образовавшиеся при этом от разложения масла газы интенсивно охлаждались, исключая таким образом воспламенения окружающей взрывоопасной среды.

Взрывозащита электрооборудования с масляным заполнением оценивается результатами испытаний по определению допустимых нагрузок по току и минимального уровня защитного слоя масла. Кроме того, как правило, определяется эффективность действия различных защитных устройств.

### **Кварцenaполненное исполнение**

Заполнение оболочки взрывозащищенного электрооборудования кварцевым песком определенного зернового состава выполняется таким образом, что аварийная электрическая дуга, возникающая внутри оболочки, не может вызвать воспламенения наружной взрывоопасной среды ни от пламени дуги, ни от чрезмерного нагрева стенок оболочки.

Электрооборудование с данным видом взрывозащиты не имеет подвижных или нормально искрящих контактов (трансформаторы, резисторы). Параметры взрывозащиты выбираются из условия возможного дугового короткого замыкания на токоведущих частях.

Надежность взрывозащиты обеспечивается регламентированным слоем (толщиной) кварцевого заполнения, включая резервный слой, над электрическими частями электрооборудования. При этом регламентируются физико-химические и механические свойства кварцевого песка, а также его диэлектрические характеристики.

Если необходимо обеспечить оперативное переключение в схеме внутренних соединений, то, предназначенные для этого зажимы заключаются в оболочку с другим видом взрывозащиты, т.к. любое удаление заполнителя не допускается.

Оценка взрывозащищенности электрооборудования с кварцевым заполнением проводится на основании результатов проверки правильности изготовления в соответствии с требованиями стандарта, а также тепловых испытаний.

### **Вид взрывозащиты – продуваемое под избыточным давлением**

По специфике обеспечения взрывозащищенности оборудование, продуваемое под избыточным давлением чистым воздухом, или инертным газом, аналогично электрооборудованию, находящемуся под избыточным давлением.

Основным параметром взрывозащиты оболочки является в данном исполнении избыточное давление воздуха или инертного газа, которое согласно большинству стандартов принимается не менее 100-150Па в любом месте воздухопроводов, оболочки и т.п.

Электрооборудование, заполненное или продуваемое под избыточным давлением, отличается простотой взрывозащиты. Уровень его взрывозащиты обеспечивается надежностью работы системы вентиляции и блокировочных устройств. Кроме того,

система продувки обеспечивает дополнительно работоспособность электрооборудования в смысле теплового режима.

Оценка взрывозащищенности электрооборудования с видом взрывозащиты “заполненное или продувка оболочки под избыточным давлением” производится на основании результатов проверки правильности изготовления в соответствии с требованиями стандартов, тепловых и

вентиляционных испытаний, включая работу блокировочных устройств, а при необходимости, эффективность резервной вентиляции.

### **Вид взрывозащиты: “Искробезопасная электрическая цепь”**

При этом виде защиты электрические цепи рассчитаны так, что искры и нагревы, которые могут возникать при нормальной работе электрооборудования, например, на контактах реле, переключателей и т.п. или при повреждениях (короткое замыкание, обрыв проводников, замыкание на корпус, на землю и т.д.), не воспламеняют взрывоопасную среду.

Электрооборудование с указанным видом взрывозащиты является наиболее экономичным из всех видов взрывозащищенного электрооборудования и в то же время оно обладает наиболее высоким уровнем взрывобезопасности. Следует отметить, что выпускаемое искробезопасное электрооборудование в разных странах значительно отличается как по конструктивному исполнению, так и уровнем безопасности. Однако, благодаря разработке и принятию многими странами рекомендаций МЭК в этой области, стало возможным получить большую унификацию в части требований к конструкции электрооборудования и методам их испытаний.

Искробезопасность электрооборудования во многом зависит от параметров его электрических цепей (индуктивность, емкость, напряжение, ток, частота, сопротивление и т.д.), а также режима работы, качества изготовления и состояния самого электрооборудования.

Отличительной особенностью искробезопасного электрооборудования является то, что оно не имеет громоздких защитных оболочек, а по принципу работы оно полностью основано на общепромышленном электрооборудовании, либо отличается от него очень незначительно.

Важными характеристиками искробезопасности являются ток воспламенения (для безиндуктивной и индуктивной цепей) и напряжение воспламенения (для емкостных цепей) при вероятности воспламенения  $10^{-3}$ .

Стандартами регламентируется также целый комплекс мер (требований), обеспечивающий искробезопасность.

Искробезопасные электрические цепи подразделяются на уровни (три или два в различных стандартах).

## **5.2 Классификация взрывозащищенного оборудования по ГОСТ 12.2.020-76**

Взрывозащищенное электрооборудование в зависимости от области применения подразделяется на следующие группы:

***I – рудничное взрывозащищенное электрооборудование***, предназначенное для подземных выработок шахт и рудников, опасных по газу или пыли;

***II – взрывозащищенное электрооборудование для внутренней и наружной установки***, кроме рудничного взрывозащищенного.

Электрооборудование группы II разрабатывается, используется, классифицируется и маркируется исходя из условий применения его в газовых взрывоопасных средах, хотя оно при определенных условиях применяется и в пылевоздушных взрывоопасных средах (смотри примечание 5 к таблице 6.3).

Взрывозащищенное электрооборудование группы II подразделяется по ***видам взрывозащиты, уровням взрывозащиты, подгруппам и температурным классам***.

Классификация по ***видам взрывозащиты*** с указанием ***средств, обеспечивающих взрывозащиту***, области ее применения приведена в таблицах 5.0, 5.1.

При этом следует иметь в виду, что электрооборудование может быть выполнено как с одним видом взрывозащиты, так и с несколькими в различных комбинациях, например, электродвигатель с защитой типа “d” и “e” (коробка выводов).

Классификация взрывозащищенного электрооборудования ***по уровням взрывозащиты*** приведена в таблице 5.2.

Если в состав электрооборудования входят элементы с различным уровнем взрывозащиты, то общий уровень взрывозащиты электрооборудования должен устанавливаться по элементу, имеющему наиболее низкий уровень.

Как рассматривалось в главе 4, взрывоопасные зоны в зависимости от вероятности образования и длительности существования взрывоопасной среды подразделены на классы. В тех зонах, где взрывоопасная среда может образоваться при нормальной эксплуатации или присутствует постоянно, взрывозащита должна обеспечиваться и в случаях возможного повреждения электрооборудования. В тех же зонах, где взрывоопасная среда может образоваться лишь при неисправностях в технологии, совпадение их с одновременными неисправностями в электрооборудовании маловероятно и вполне достаточным будет обеспечение взрывозащиты в признанном нормальном режиме работы электрооборудования, и применение дорогого электрооборудования, пригодного для установки в условиях постоянного присутствия взрывоопасной среды, может оказаться экономически нецелесообразным.

Таблица 5.0 - Виды взрывозащиты и средства, обеспечивающие взрывозащиту электрооборудования:

Вид взрывозащиты (знак)	Средства (технические решения) обеспечивающие взрывозащиту
1	2
“d”	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Высокая прочность составных частей оболочки;</li> <li>2. Соблюдение параметров взрывозащищаемых соединений;</li> <li>3. Уплотнение вводов проводов или кабелей эластичными уплотняющими кольцами или затвердевающей массой;</li> <li>4. Применение пружинных шайб и других специальных устройств для предупреждения самоотвинчивания деталей крепления оболочки и её составных частей, токоведущих и заземляющих зажимов;</li> <li>5. Применение охранных колец или углублений для головок крепёжных болтов и гаек, скрепляющих части оболочки, что обеспечивает невозможность разборки электрооборудования без помощи специального инструмента;</li> <li>6. Применение специальных зажимов заземлений и блокировок;</li> <li>7. Ограничение допустимой температуры нагрева наружных частей оболочки;</li> <li>8. Применение коррозионно-стойких смазок для покрытия взрывозащитных поверхностей, что обеспечивает длительную сохранность их от разрушения их коррозией и, как следствие, сохранение взрывонепроницаемых соединений;</li> <li>9. Нормирование значений параметра шероховатости взрывозащитных поверхностей;</li> <li>10. Применение трекингостойких электроизоляционных материалов;</li> <li>11. Выполнение других требований, оговоренных в ремонтной и эксплуатационной документации на конкретное электрооборудование;</li> </ol>
“e”	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Качественное изготовление деталей электрооборудования;</li> <li>2. Высокое качество электроизоляционных материалов;</li> </ol> <p>Нормирование путей утечек и электрических зазоров между токоведущими частями разного потенциала, исключающих возможность поверхностного пробоя изоляции и возникновения искрения или электрической дуги;</p>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Соединение токоведущих частей таким образом, чтобы они длительно сохраняли надёжный контакт без искрения и нагрева выше допустимых норм;</li> <li>4. Снижение температур перегрева изолированных обмоток по сравнению с допустимыми по общим нормам для данного класса изоляции;</li> <li>5. Применение защитных устройств, обеспечивающих предельные температуры нагрева поверхностей любой части электрооборудования более низкими, чем температура воспламенения смеси горючего газа, пара или пыли с воздухом и</li> </ol>

	<p>температура тления пыли, осевшей на деталях электрооборудования;</p> <p>6. Применение защитных устройств, предотвращающих прикосновение к токоведущим частям и проникновение к ним, а также к их электрической изоляции воды и пыли;</p> <p>7. Выполнение других требований, оговоренных в ремонтной и эксплуатационной документации на конкретный вид электрооборудования;</p>
“о”	<p>1. Погружение токоведущих частей в жидкий диэлектрик (масло) с заданной в эксплуатационной документации толщиной слоя масла над токоведущими частями;</p> <p>2. Применение жидкого диэлектрика с высокой электрической прочностью;</p> <p>3. Высокая механическая прочность оболочки (бака с жидким диэлектриком);</p> <p>4. Ограничение допустимой температуры нагрева частей оболочки и жидкого диэлектрика;</p> <p>5. Одновременное размыкание-замыкание контактов всех фаз;</p> <p>6. Тугоплавкость материала контактов;</p>

Продолжение таблицы 5.0

1	2
	<p>7. Применение изоляционных и других материалов соответствующего качества, в том числе маслостойкой изоляции проводов и кабелей, погруженных в масло;</p> <p>8. Выполнение других требований, оговоренных в ремонтной и эксплуатационной документации на конкретный вид электрооборудования;</p>
“р”	<p>1. Продувка оболочки и трубопроводов, расположенных во взрывоопасных зонах, чистым воздухом или инертным газом под избыточным давлением;</p> <p>2. Высокая механическая прочность продуваемой оболочки;</p>
	<p>3. Исключение подсоса среды из помещения внутрь оболочки;</p> <p>4. Регламентация включения электрооборудования (включение электрооборудования возможно только после продувки оболочки и всей системы вентиляции, включая трубопроводы, воздухоохладители и т.д., чистым воздухом или инертным газом в объёме, равном пятикратному объёму оболочки с системой вентиляции);</p> <p>5. Применение блокировок, исключающих возможность включения электрооборудования до его продувки и отключающих его или подающих сигнал опасности при падении избыточного давления ниже допустимого;</p> <p>6. Выполнение других требований, оговоренных в ремонтной и эксплуатационной документации на конкретное электрооборудование;</p>
“q”	<p>1. Заполнение оболочки кварцевым песком определённого состава со специальной обработкой для создания определённой толщины слоя песка над токоведущими частями электрооборудования, помещённого в оболочку;</p> <p>2. Соответствующая механическая прочность оболочки и элементов крепления деталей и сборочных единиц;</p> <p>3. Применение соответствующих изоляционных материалов;</p> <p>4. Ограничение допустимых температур нагрева наружных частей оболочки;</p> <p>5. Выполнение других требований, оговоренных в ремонтной и эксплуатационной документации на конкретный вид электрооборудования;</p>
“i”	<p>1. Гальваническое разделение искробезопасных электрических цепей и цепей, связанных с ними, от электрической цепи;</p> <p>2. Ограничение мощности в искробезопасных цепях за счёт применения ограничительных и шунтирующих элементов, помещённых в неразборную или залитую компаундом оболочку;</p>
	<p>3. Разделение при монтаже искробезопасных цепей и цепей, связанных с ними, но не являющихся искробезопасными;</p> <p>4. Выполнение других требований, оговоренных в ремонтной и эксплуатационной документации на конкретный вид электрооборудования;</p>

“S”	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выполнение требований, изложенных в эксплуатационной документации на конкретный вид электрооборудования;</li> <li>2. Применение оболочек электрооборудования с высокой степенью защиты (IP67 и выше);</li> <li>3. Изоляция токоведущих частей от взрывоопасной среды заливкой компаундами, герметиками и т.п.;</li> <li>4. Введение в оболочку специальных поглотителей и флегматизаторов;</li> <li>5. Ограничение действия источника инициирования взрыва по времени или снижение его воспламеняющей способности.</li> </ol>
-----	---

Таким образом, между классом взрывоопасной зоны и уровнем взрывозащиты электрооборудования, а также видом взрывозащиты, которым этот уровень обеспечивается, существует прямая связь, приведенная в таблице 5.9.

Электрооборудование группы II, имеющее взрывонепроницаемую оболочку и (или) искробезопасную электрическую цепь, или в конструкцию которого помимо прочих входят элементы с этими видами взрывозащиты, подразделяется на подгруппы, соответствующие категориям взрывоопасных смесей согласно таблице 5.3.

Электрооборудование с другими видами взрывозащиты, не содержащее элементов во взрывонепроницаемых оболочках и (или) с искробезопасной электрической цепью, на подгруппы не подразделяются и может применяться во взрывоопасных средах, образуемых взрывоопасными смесями любых категорий.

Для взрывозащищенного электрооборудования группы II в зависимости от **значения максимальной температуры поверхности** устанавливаются **температурные классы**, указанные в таблице 5.4, соответствующие группам взрывоопасных смесей.

**Максимальная температура поверхности** взрывозащищенного электрооборудования (электротехнического устройства) – это наибольшая температура, до которой могут нагреваться в наихудших условиях работы любые части или поверхности электротехнического устройства, представляющие при нагреве опасность в отношении воспламенения окружающей среды (наихудшие условия работы включают перегрузки и аварийные условия, которые признаны стандартами на конкретное электрооборудование и на отдельные виды взрывозащит).

Таблица 5.1 - Виды взрывозащиты по ГОСТ 12.2.020-76

Виды взрывозащиты	Определение вида взрывозащиты	Знак вида взрывозащиты	Технические требования и методы испытаний	Основная область применения
1	2	3	4	5
Масленое заполнение оболочки	Вид взрывозащиты, заключающийся в том, что токоведущие и находящиеся под напряжением части электрооборудования встроены в оболочку, заполненную минеральным маслом или негорючей жидкостью (в дальнейшем - масло), и находятся под защитным слоем масла, изолирующим эти части от окружающей взрывоопасной среды.	o	ГОСТ 22782.1-77*	Трансформаторы, аппараты управления, нагреватели, пусковые реостаты
Кварцевое заполнение	То же, но вместо масла заполнитель из сухого кварцевого песка	q	ГОСТ 22782.2-77*	Трансформаторы, дроссели, пускорегулирующая аппаратура,



оболочки				нагреватели, электронные блоки
Заполнение или продувка оболочки избыточным давлением	Вид взрывозащиты, заключающийся в том, что токоведущие и находящиеся под напряжением части электрооборудования встроены в оболочку, заполненную или продуваемой избыточным давлением, и находятся в среде сжатого газа, изолирующей их от окружающей взрывоопасной среды.	Р	ГОСТ 22782.4-77*	Электрические машины, реакторы с индукционным нагревом, осветительные устройства

Основная цель разделения по температурным классам – обеспечить оптимальный выбор взрывозащищенного электрооборудования, чтобы исключить возможность воспламенения окружающей среды от его нагретой поверхности, или любой его части.

### 5.3 Маркировка взрывозащищенного электрооборудования по ГОСТ 12.2.020-76

Взрывозащищенное электрооборудование должно иметь маркировку взрывозащиты и знак “Х”, который наносится в виде отдельно стоящего знака после маркировки взрывозащиты, если в эксплуатационной документации (ЭД) указываются особые условия монтажа и (или) эксплуатации, связанные с обеспечением взрывозащиты, например, очистка поверхности от пыли влажной ветошью, конструкция рассчитана на применение в местах, где обеспечивается защита от механических повреждений и т.п.

Для электрооборудования, предназначенного на экспорт, кроме того, указывается символ или сокращенное наименование испытательной организации и номер свидетельства по ГОСТ 12.2.020-76.

Маркировка взрывозащиты взрывозащищенного электрооборудования группы II выполняется в виде цельного, не разделенного на части знака и содержит в приведенной ниже последовательности:

а) знак уровня взрывозащиты по таблице 5.2: **0, 1** или **2**;

б) знак **Ex**, указывающий, что электрооборудование соответствует настоящему стандарту и стандартам на виды взрывозащиты;

в) знак вида взрывозащиты по таблице 5.1: **o, q, s, p, d, e**;

**i<sub>a</sub>, i<sub>b</sub>, i<sub>c</sub>** – один из знаков в зависимости от уровня взрывозащиты.

Для электрооборудования, имеющего несколько видов взрывозащиты, комбинированная маркировка содержит знаки всех видов взрывозащиты;

г) знак группы (или подгруппы) электрооборудования по таблице 5.3): **II** – для электрооборудования не подразделяющегося на подгруппы; **IIA, IIB, IIC** – для электрооборудования, подразделяющегося на подгруппы, при этом указывается один из знаков;

д) знак температурного класса по таблице 5.4: **T1, T2, T3, T4, T5, T6**.

Таблица 5.3

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

Таблица 5.4 - Разделение ВЗЭО на температурные классы и его соответствие группам ВЗОС.

Знак температурного класса электрооборудования	Максимальная температура поверхности, °C	Группа взрывоопасной смеси	Температура самовоспламенения взрывоопасной смеси, °C
		для которой электрооборудование является взрывозащищенным	
T1	450	T1	св. 450
T2	300	T1, T2	св. 300
T3	200	T1- T3	св. 200
T4	135	T1 – T4	св. 135
T5	100	T1 – T5	св. 100
T6	85	<b><i>T1 – T6</i></b>	св. 85

В маркировке взрывозащиты взрывозащищенного электрооборудования, предназначенного только для определенной взрывоопасной смеси, вместо знака температурного класса допускается указывать температуру самовоспламенения этой взрывоопасной смеси по ГОСТ 12.1.011-78, например, 360°C. Если значение температуры самовоспламенения для конкретной смеси менее 450°C, то дополнительно в скобках допускается указывать и температурный класс электрооборудования, например, 350°C (T2).

Для электрооборудования с видом взрывозащиты “искробезопасная электрическая цепь” и “взрывонепроницаемая оболочка” соответствующими стандартами на виды взрывозащиты установлены приведенные ниже дополнительные к ГОСТ 12.2.020-76 требования по маркировке взрывозащиты.

**1. Маркировка электрооборудования с искробезопасной электрической цепью,** предназначенного для установки во взрывоопасной зоне по ГОСТ 22782.5-76, в дополнение к ГОСТ 12.2.020-76 должна содержать надпись “В комплекте ... (указывается сокращенное наименование комплекта электрооборудования или системы)”.

Пример: IEx<sub>ib</sub>IICT6 В комплекте ...

OEx<sub>ia</sub>IICT6 В комплекте ...

На электрооборудовании, входящем в комплект нескольких электротехнических устройств, в надписи “В комплекте ...” может указываться сокращенное наименование одного устройства. Об остальных устройствах указывается в ЭД и (или) технических условиях на электрооборудование. На малогабаритном (миниатюрном) электрооборудовании надпись “В комплекте ...” может не ставиться.

В электрооборудовании группы II, рассчитанном для применения в средах с конкретным горючим газом или паром, вместо знаков подгруппы и температурного класса указывается наименование этого газа или пара.

Пример: OEx<sub>ia</sub> аммиак В комплекте ...

В электрооборудовании группы II, предназначенном для установки вне взрывоопасной зоны и имеющем искробезопасные цепи, в маркировке по ГОСТ 12.2.020-76 должны быть исключены знаки уровня взрывозащиты и температурного класса.

Пример: Ex<sub>ia</sub>IIС или Ex<sub>ib</sub>IIА В комплекте ...

На паспортной или отдельной табличке электрооборудования с искробезопасной электрической цепью должно указываться:

а) максимально допустимое значение емкости (С<sub>доп.</sub> = ...), индуктивности (L<sub>доп.</sub> = ...) и сопротивления (R<sub>доп.</sub> = ...) внешней искробезопасной цепи, включая емкость и индуктивность присоединительных кабелей и проводов. Вместо емкости и индуктивности допускается указывать тип и максимальную длину внешних соединительных кабелей и проводов;

б) допустимый ток короткого замыкания (I<sub>внеш.</sub> = ...) и напряжение холостого хода (U<sub>внеш.</sub> = ...) на внешних зажимах искробезопасной цепи, если это необходимо для контроля в процессе эксплуатации электрооборудования.

Для малогабаритного электрооборудования эти сведения допускается помещать только в эксплуатационной документации.

На каждом отдельно установленном электрооборудовании с искробезопасной электрической цепью должна устанавливаться (внутри и снаружи) табличка с блок-схемой электрооборудования, на которой обозначены присоединительные зажимы.

## **2. Дополнительные к ГОСТ 12.2.020-76 требования по маркировке электрооборудования с видом взрывозащиты “взрывонепроницаемая оболочка” по ГОСТ 22782.6-81.**

Взрывозащищенному электрооборудованию группы II может присваиваться дополнительная маркировка по взрывозащите как электрооборудованию повышенной надежности против взрыва более высокой подгруппы, для которой оно выдержало испытания. Например, светильник РСП25-125 является взрывобезопасным подгруппы IIB и температурного класса T4, выдержал испытания для электрооборудования повышенной надежности против взрыва для подгруппы IIC и имеет маркировку:

1ExdIIBT4,  
2ExdIICT4.

В маркировке электрооборудования группы II, предназначенного **только для конкретной взрывоопасной смеси**, после каждого знака группы II должна указываться в скобках химическая формула горючего вещества, образующего с воздухом такую смесь. В этом случае указывать температурный класс электрооборудования не требуется. Например, взрывобезопасное электрооборудование, предназначенное для применения только в водородно-воздушной или только аммиачно-воздушной взрывоопасной смеси, должно иметь соответственно следующие маркировки по взрывозащите:

1ExdII(H<sub>2</sub>) или 1ExdII(NH<sub>3</sub>).

Электрооборудование подгруппы IIC определенного температурного класса, например, T6, испытанное только на водородно-воздушной взрывоопасной смеси, может иметь маркировку по взрывозащите как электрооборудование подгруппы IIC температурного класса T1 и подгруппы IIB, температурного класса, например T6.

Пример маркировки: 1ExdIICT1/IIBT6 или 1ExdIIBT6/ICT1.

Обе маркировки взрывозащиты являются равноценными. При этом во второй маркировке вместо знаков ICT1 может быть указана химическая формула водорода, например, 1ExdIIBT6/H<sub>2</sub>.

Примеры маркировки взрывозащиты взрывозащищенного электрооборудования группы II в общем виде даны в таблице 5.5, конкретного взрывозащищенного электрооборудования – в таблице 5.6.

### **5.4 Классификация и маркировка взрывозащищенного электрооборудования по ПИВЭ**

Взрывозащищенное электрооборудование подразделяется по видам исполнения (взрывозащищенности):

- взрывонепроницаемое, (В);
- маслонаполненное, (М);
- повышенной надежности против взрыва, (Н);
- продуваемое под избыточным давлением, (П);
- специальное, (С);
- искробезопасное, (И).

Кроме того, искробезопасное электрооборудование по степени обеспечения искробезопасности электрической цепи разделяется на два класса:

И – электрические цепи, учитывающие нормальные и аварийные режимы с коэффициентом запаса не менее 2,5;

2И – электрические цепи, учитывающие только нормальные режимы с коэффициентом запаса не менее 2,5 и режим короткого замыкания с коэффициентом запаса 1,5.

Таблица 5.5 - Примеры маркировки взрывозащиты по ГОСТ 12.2.020-76.

Уровень взрывозащиты	Вид взрывозащиты	Группа (подгруппа)	Температурный класс	Маркировка взрывозащиты
1	2	3	4	5
Электрооборудование повышенной надёжности против взрыва	Защита вида "е"	II	T6	2ExeIIT6
	Защита вида "е" и взрывонепроницаемая оболочка	IIВ	T3	2ExedIIВT3
	Искробезопасная электрическая цепь	IIС	T6	2ExicIICT6
	Продувка оболочки избыточным давлением	II	T4	2ExpIIT4
	Взрывонепроницаемая оболочка и искробезопасная электрическая цепь	IIВ	T5	2ExdicIIВT5
Взрывобезопасное электрооборудование	Взрывонепроницаемая оболочка	IIА	T3	1ExdIIAT3
	Искробезопасная электрическая цепь	IIС	T6	1ExibIICT6
	Заполнение оболочки избыточным давлением	II	T4	1ExpIIT4
	Масляное заполнение оболочки	II	T6	1ExoIIT6
	Кварцевое заполнение оболочки	II	T6	1ExqIIT6
	Специальный	II	T6	1ExsIIT6
	Специальный и взрывонепроницаемая оболочка	IIА	T5	1ExsdIIAT5
	Защита вида "е"	II	T5	1ExeIIT5
	Защита вида "е", взрывонепроницаемая оболочка и кварцевое заполнение оболочки	IIС	T5	1ExedqIICT5

Продолжение таблицы 5.5

1	2	3	4	5
Особовзрывобезопасное электрооборудование	Искробезопасная электрическая цепь	IIС	T6	0ExiaIICT6
	Специальный и искробезопасная цепь	IIС	T4	0ExsiaIICT4
	Специальный	II	T4	0ExsIICT4

Таблица 5.6 - Маркировка взрывозащиты конкретного электрооборудования по ГОСТ 12.2.020-76.

Наименование	Тип	Маркировка взрывозащиты	Вид взрывозащиты	Является взрывозащитным для		
				зоны класса	смесей	
					категории	группы
1	2	3	4	5	6	7
Конечный выключатель	ВПВ-1	1ExdIIВT6	Взрывобезопасная оболочка.	В-I, В-Ia, В-Iг	IIА, IIВ	T1 ÷ T6
Клеммная коробка	ВПВ-12	2ExeIIT5	Защита вида «е».	В-Ia, В-Iг	IIА ÷ IIС	T1 ÷ T5
Светильник	НСП23-200У1	2ExedIICT2	Основной вид – защита вида «е»; блокировка патрона во	В-Ia, В-Iг	IIА ÷ IIС	T1; T2

			взрывонепроницаемая камера.			
Магнитный пускатель	ПМ-32У4	2ExdeIICT5	Коммутирующие элементы во взрывонепроницаемой оболочке, присоединённые зажимы в оболочке с защитой вида «е».	В-Ia	IIA ÷ IIC	T1 ÷ T5
Светильник	PCП25-125У1	1ExdIIBT4	Взрывонепроницаемая оболочка	В-I, В-Ia, В-Iг	IIA, IIB	T1 ÷ T4
		2ExdIICT4		В-Ia, В-Iг	IIA,IIB, IIC	
Кнопочный пост управления	КУ-93У2	<div><div>ExdI</div><div><div>Р</div><div>1B</div></div><div>1ExdIIBT5</div></div>	Взрывонепроницаемая оболочка	С шунтирующими элементами – рудничное взрывозащищённое		
				Без шунтирующих элементов		
				В-I, В-Ia, В-Iг	IIA, IIB	T1 ÷ T5
Электродвигатель	4А3МП-500/6000-У4	1ExpIIT5	Продувка под избыточным давлением	Все зоны, кроме В-Iг	IIA ÷ IIC	T1 ÷ T5
Электродвигатель	АИМ132М8-У2	2ExdIICT4	Взрывонепроницаемая оболочка	Все зоны, кроме В-I и В-II.	IIA ÷ IIC	T1 ÷ T4
Электродвигатель	АИМ63В4-УХЛ2	2ExdeIICT4	Вводное устройство с видом защиты «е», корпус двигателя «d»	В-Ia, В-Iг	IIA ÷ IIC	T1 ÷ T4

К классу 2И относятся искробезопасные цепи, не содержащие нормально искрящих контактов и предназначенные для применения в наружных взрывоопасных зонах класса В-I<sub>r</sub> по ПУЭ.

По уровням взрывозащиты взрывозащищенное электрооборудование не подразделяется. Однако следует иметь в виду следующее.

К уровню “электрооборудование повышенной надежности против взрыва” относится электрооборудование, имеющее в маркировке по взрывозащите букву Н, а также цифру 2 перед буквой И; например,

МНБ, НОГ, Н2А, НПД, НОА, 2И/бензол, 2ИО/водород и т.д.

Электрооборудование с другими маркировками по взрывозащите по ПИВЭ, следует относить к уровню “взрывобезопасное электрооборудование” (смотри таблицу 5.9).

В маркировку взрывозащищенного электрооборудования, изготовленного по ПИВЭ, в указанной ниже последовательности входят:

1) Обозначение вида взрывозащиты. Для искробезопасного электрооборудования под чертой указывается наименование газа или пара, в котором испытано это электрооборудование.

2) Для взрывонепроницаемого электрооборудования или электрооборудования в ином исполнении, но имеющего в своей конструкции взрывонепроницаемые элементы – обозначение цифрой **наивысшей** категории взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным.

Для исполнений, маслonaполненного, продуваемого под избыточным давлением, а также повышенной надежности против взрыва, не имеющего в своей конструкции взрывонепроницаемых элементов, вместо цифры, обозначающей категорию взрывоопасной смеси, ставится цифра 0 (такое электрооборудование является взрывозащищенным для всех категорий взрывоопасных смесей).

Для электрооборудования в исполнении повышенной надежности против взрыва с искрящими частями, заключенными в оболочку, заполненную маслом или продуваемую под избыточным давлением, вместо цифры 0 ставится обозначение соответствующего вида взрывозащиты: М или П.

3) Обозначение **наивысшей** группы взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным.

Примеры маркировок взрывозащиты взрывозащищенного электрооборудования изготовленного по ПИВЭ приведено в таблице 5.7.

### 5.5 Классификация и маркировка взрывозащищенного электрооборудования по ПИВРЭ.

Электрооборудование в зависимости от места установки подразделяется на две группы:

- **рудничное электрооборудование**, предназначенное для подземных выработок шахт, в том числе опасных по газу или пыли;

- **взрывозащищенное электрооборудование**, предназначенное для взрывоопасных помещений и наружных установок.

**По условиям эксплуатации** электрооборудование подразделяется на **три класса**:

- **стационарное электрооборудование**, не предназначенное для изменения места установки;

- **передвижное электрооборудование**, подвергаемое частым перемещениям, а также движущееся при выполнении работ;

- **ручное электрооборудование**, находящееся в процессе работы в руках рабочего.

**Взрывозащищенное электрооборудование разделяется по видам взрывозащиты и уровням взрывозащиты.**

**По виду взрывозащиты** взрывобезопасное электрооборудование подразделяется:

- взрывонепроницаемая оболочка В ;
- кварцевое заполнение оболочки(К);
- маслonaполненное(М);
- продуваемое под избыточным давлением (П);
- повышенная надежность против взрыва(Н);
- искробезопасное (И);
- специальное(С).


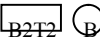
Таблица 5.7 - Примеры маркировки взрывозащищенного электрооборудования, выпускаемого по ПИВЭ для помещений и наружных установок.

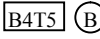
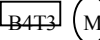
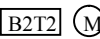

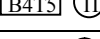
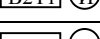
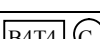

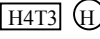
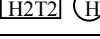
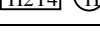

Вид взрывозащиты	Категории и группы ВЗОС для которых предназначено электрооборудование	Маркировка
1	2	3
Взрывонепроницаемое	1 категория, группа А	В1А
То же	1, 2, 3 категории, группа А, Б, Г	В3Г
Маслонаполненное	все среды	МОД
То же, но со взрывонепроницаемыми элементами	1, 2, 3 категории, группа А	М3А
То же, но с элементами повышенной надёжности против взрыва	1-4 категории, группа А, Б, Г	МНГ
<u>Продуваемое</u> под избыточным давлением	все среды	ПОД
То же, но со взрывонепроницаемыми элементами	1, 2, 3 категории, группа А, Б	ПЗБ
<u>Повышенной</u> надёжности против взрыва	Все категории, группа А,Б,Г	НОГ
То же, но со взрывонепроницаемыми элементами	1, 2 категории, группа А	Н2А
То же, но с маслонаполненными элементами	1-4 категория, группа А, Б, Г, Д	НМД
То же, но продуваемыми под избыточным давлением элементами.	все среды	НПД
То же, но с искробезопасными элементами	Бензол*	НОА $\frac{2И}{б\text{бензол}}$
Искробезопасное	Водород*	$\frac{ИО}{водород}$
То же, но со взрывонепроницаемыми элементами	Серный эфир*	$\frac{ИЗГ}{серный \text{ эфир}}$
Взрывонепроницаемое с искробезопасными элементами	Водород*	$В3Г \frac{И}{водород}$
Специальное	1-4 категории, группы А,Б,В	СОВ
То же, но с искробезопасными элементами	Серный эфир*	$С2А \frac{И}{серный \text{ эфир}}$

Примечание:

\*). Возможность применения взрывозащищённого электрооборудования в средах с другими ВЗОС определяется на основании эксплуатационной документации, или разрешения испытательной организации.

**Таблица 5.8 - Примеры маркировки взрывозащищенного электрооборудования, выпускаемого по ПИВРЭ для помещений и наружных установок.**

Уровень взрывозащиты	Вид взрывозащиты	Категории и группы ВЗОС для которых предназначено электрооборудование	Маркировка
1	2	3	4
Взрывобезопасный при любых количествах повреждений	Искробезопасность	Все среды (1-4 категории; T1-T5 группы)	
<b>Взрывобезопасный</b>	<b>ВЗРЫВОНЕПРОНИЦАЕМАЯ ОБОЛОЧКА</b>	1,2 категории, группы T1, T2	

1	2	3	4
Взрывобезопасный	Взрывонепроницаемая оболочка	Все среды	
Взрывобезопасный	<b>МАСЛОПОЛНЕННЫЙ</b>	1-4 категории; T1-T3 группы	
Взрывобезопасный	То же, но со взрывонепроницаемыми элементами	1,2 категории, группы T1, T2	
Взрывобезопасный	То же, но со взрывонепроницаемыми и специальными элементами	1-3 категории, группы T1 - T4	
Взрывобезопасный	Продувка под избыточным давлением	Все среды	
Взрывобезопасный	Искробезопасность	1, 2 категории, группа T1	
Взрывобезопасный	То же, но со взрывонепроницаемыми элементами	Все среды	
Взрывобезопасный	Специальное	1-4 категория, группы T1 - T4	
Взрывобезопасный	Кварценополненное	1 - 3 категория, группа T1	
Повышенной надёжности против взрыва	Повышенная надёжность против взрыва	1 - 4 категория, группы T1 – T3	
Повышенной надёжности против взрыва	То же и взрывонепроницаемая оболочка	1, 2 категория, группы T1, T2	
Повышенной надёжности против взрыва	То же, с искробезопасными элементами	1, 2 категория, группы T1 - T4	

**Уровни взрывозащиты** делятся на:

- повышенная надёжность против взрыва (Н);
- взрывобезопасное (В);
- взрывобезопасное при любых режимах (О).

Общий уровень взрывозащиты электрооборудования, в состав которого входят элементы с различными уровнями взрывозащиты, устанавливается по наиболее низкому уровню элемента.

Маркировка взрывозащиты выполняется непосредственно на электрооборудовании в прямоугольной и круглой рамках.

**В прямоугольной рамке** в следующей последовательности указывается:

- 1) уровень взрывозащиты;
- 2) категория взрывоопасной среды;
- 3) группа взрывоопасной смеси.

**В круглой рамке** обозначается вид взрывозащиты.

Если в конструкцию взрывозащищенного электрооборудования входят элементы с различными видами взрывозащиты, то они обозначаются все, каждый в своей рамке.

Примеры маркировки взрывозащиты по ПИВРЭ приведены в таблице 5.8.

## 5.6 Классификация и маркировка взрывозащищенного электрооборудования по Публикации МЭК 79-0 (второе издание)

Различия между классификацией взрывозащищенного электрооборудования по Публикации МЭК 79-0 (2-е издание) и ГОСТ 12.2.020-76 заключается в следующем.



1. Взрывозащищенное электрооборудование для взрывоопасных газовых сред, группы II (для всех мест кроме шахт, опасных вследствие возможного появления метана) за исключением искробезопасной электрической цепи, по уровням взрывозащиты не подразделяется.
2. Для искробезопасной электрической цепи установлены две категории:  $i_a$  – категория а (высший уровень) и  $i_b$  – категория б (низший уровень).

**Маркировка** должна включать:

- 1) наименование изготовителя или его зарегистрированный товарный знак;
- 2) тип изделия;
- 3) знак Ex, который указывает, что электрооборудование сконструировано и испытано для применения во взрывоопасной газовой среде или специально сочетается с таким оборудованием;
- 4) знак для каждого использованного вида защиты:
  - o – для маслonaполненного оборудования;
  - p – для продуваемых оболочек;
  - q – для песконаполненного оборудования;
  - d – для взрывонепроницаемых оболочек;
  - e – для повышенной надежности;
  - $i_a$  – для искробезопасности категории а;
  - $i_b$  – для искробезопасности категории б;
  - s – электрооборудование, которое не соответствует требованиям Публикации МЭК 79, но признается безопасным национальной контролирующей организацией.
- 5) обозначение группы электрического оборудования:
  - I для электрооборудования для шахт, опасных вследствие возможного появления метана;
  - II или IIA, или IIB, или IIC для электрического оборудования, применяемого во взрывоопасных газовых средах, кроме шахт, опасных вследствие возможного появления метана.

Буквы А, В, С необходимо применять, если это устанавливается в части Публикаций МЭК 79, относящейся к принятому виду защиты.

Если электрооборудование сертифицируют для применения только в определенном газе, то за цифрой II должна стоять химическая формула или наименование газа;

- 6) для электрооборудования группы II – знак, указывающий температурный класс или максимальную температуру поверхности в °C или оба знака. Если маркировка включает оба знака, то температурный класс следует ставить последним в скобках. Например, T1 или 350°, или 350°C(T1). Электрическое оборудование группы II с максимальной температурой поверхности более 450°C, следует маркировать только значение температуры.
- 7) серийный номер, если это требуется;
- 8) наименование или знак национальной или другой соответствующей контролирующей организации и ссылка на сертификат (год сертификата, серийный номер сертификата в данном году);
- 9) знак X после ссылки на сертификат, если национальная контролирующая организация считает, что необходимо указать специальные условия для безопасного применения;
- 10) любую дополнительную маркировку, установленную в Публикации МЭК 79, относящейся к принятому виду защиты;
- 11) любую маркировку, обычно требуемую стандартами по конструированию электрооборудования.

Если применяются различные виды защиты для различных частей электрооборудования, то на каждой соответствующей части следует наносить знак принятого вида защиты.

Если в электрическом оборудовании применяют больше одного вида защиты, то знак основного вида защиты следует наносить на первое место, а за ним следует наносить знак других применяемых видов защиты.

Примеры маркировки взрывозащиты и порядок ее нанесения:

- а) электрическое оборудование во взрывонепроницаемой оболочке для группы I:

ExdI.

- б) электрическое оборудование во взрывонепроницаемой оболочке для группы I и IIB, температурный класс T3:

ExdI/IBT3.

в) электрооборудование повышенной надежности и продуваемая оболочка для группы II (например, электродвигатель повышенной надежности, имеющий контактную систему в продуваемой оболочке) с максимальной температурой поверхности 125°C:

EхerII 125°C(T4) или EхerII 125°C или EхerIIT4

На очень малых электрических аппаратах, где имеется ограниченное пространство, национальная или другая соответствующая контролирующая организация может позволить сократить маркировку, но при этом необходимо оставлять:

- 1) знак Ex;
- 2) наименование или знак контролирующей организации;
- 3) ссылку на сертификат;
- 4) знак X, если требуется;
- 5) наименование или зарегистрированный товарный знак изготовителя.

### **5.7 Классификация и маркировка взрывозащищенного электрооборудования по Европейской норме EN 50014**

Классификация и маркировка взрывозащищенного электрооборудования по EN 50014 базируется на Публикации МЭК 79-0 и отличается от последней только тем, что в маркировке взрывозащиты вместо общего знака взрывозащиты Ex ставится знак EEx, указывающий на то, что электрооборудование соответствует требованиям для одного или нескольких видов взрывозащиты, стандартизированных CENELEC.

Примеры маркировки взрывозащиты:

а) электрическое оборудование во взрывонепроницаемой оболочке для группы IIB, температурный класс T5:

EExdIIBT5

б) электрооборудование повышенной надежности и оболочка, продуваемая под избыточным давлением для группы II с максимальной температурой поверхности 250°C:

EExerII 250°C(T2) или EExerII 250°C или EExerII(T2)

в) электрооборудование во взрывонепроницаемой оболочке для аммиака

EExdII(NH<sub>3</sub>)

### **5.8 Классификация и маркировка взрывозащищенного электрооборудования с видом взрывозащиты “n” по Публикации МЭК 79-15**

**Вид защиты “n”** – вид взрывозащиты электрооборудования, при котором оно в нормальных условиях работы не может вызвать воспламенение окружающей взрывоопасной газовой среды, а также в нем маловероятны повреждения, способные вызвать ее воспламенение.

Относится к электрооборудованию группы II по ГОСТ 12.2.020-76 и предназначено для эксплуатации его в зоне 2 по Публикации МЭК 79-10, как правило, при температуре окружающей среды от –20°C до +40°C (при другой температуре – должно иметь маркировку по температурному режиму).

По максимальной температуре нагрева поверхности электрооборудование подразделяется на шесть температурных классов T1, T2, T3, T4, T5, T6 аналогично - ГОСТ 12.2.020-76.

Электрооборудование с видом защиты “n” подразделяется на:

1) **неискрящее** электрооборудование (обозначение nA) – обеспечивается средствами взрывозащиты, близкими к защите вида “e”, но в “упрощенном варианте” и имеет более широкую область применения.

2) электрооборудование **нормально искрящее, дугообразующее**, или **с нагретой поверхностью**, которое в свою очередь подразделяется на:

2.1) **электрооборудование, имеющее защиту**, кроме оболочки с ограниченным дыханием (обозначение “nC”), а именно:

а) устройство с разрывом в замкнутом объеме, или неподжигающий компонент, что близко к виду взрывозащиты “взрывонепроницаемая оболочка”, но в “упрощенном варианте”.

Подразделяется на подгруппы: ПА, ПВ, ПС;

б) герметичное устройство (проникновение в него ВЗОС исключено завариванием, запаиванием и т. п.);

в) уплотненное устройство (прокладки, заливка компаундом, исключаяющие проникновение ВЗОС);

г) устройства и цепи с ограниченной энергией – близко к искробезопасному в “упрощенном варианте” и подразделяется на подгруппы: ПА, ПВ, ПС;

## 2.2) электрооборудование в оболочках с ограниченным дыханием (обозначение nR).

Оболочка, обеспечивающая за счет уплотнения ограниченное проникновение (диффузию) взрывоопасной окружающей среды таким образом, что за возможное время существования этой среды в зоне 2 концентрация ее в оболочке не достигнет нижнего предела взрываемости. Оболочки эти не подходят для оборудования с циклическим режимом работы.

**Маркировки** взрывозащищенного оборудования вида “n” по Публикации МЭК 79-15 должна включать:

а) знак “Ex”, указывающий на то, что электрооборудование соответствует требованиям Публикации МЭК 79-15;

б) знак вида взрывозащиты – nA, nC, nR;

в) знак группы II или подгруппы ПА, ПВ, ПС для электрооборудования, подразделяемого на подгруппы;

г) знак температурного класса или величину максимальной температуры поверхности, или оба значения. Например: T1, или 350°C, или 350°C(T1);

д) знак “X”, если имеются особые условия монтажа и эксплуатации.

Пример маркировки:

ExnAIIТ4 или ExnAIIТ4X

ExnCIIВТ4;

ExnRII 350°C(T1) или ExnRII 350°C или ExnRIIT1.

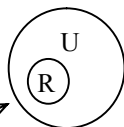
## 5.9 Маркировка взрывозащищенного электрооборудования производства США и Канады

Взрывозащищенное электрооборудование, выпускаемое заводами США не разделяется по группам, видам взрывозащиты или температурным классам. Оно выпускается для применения во взрывоопасных зонах определенного класса и категории и для определенных групп взрывоопасной среды. Эти данные присутствуют в маркировке взрывозащиты взрывозащищенного электрооборудования, где также указывается общий знак взрывозащиты. Пример маркировки:

а) взрывозащищенное электрооборудование для применения во взрывоопасной зоне Class I, Div.2, содержащей газовую взрывоопасную среду Groups C and D:

CLASS I, GROUPS C and D, Div.2

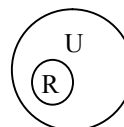
Общий знак взрывозащиты



б) электрооборудование, предназначенное для применения в газовых и пылевоздушных взрывоопасных средах имеет две маркировки: сверху для газовой взрывоопасной среды, например, групп A,B,C; снизу для пылевоздушной взрывоопасной среды, например, групп E,G с указанием, как ранее показывалось, соответствующих классов и категорий взрывоопасной зоны:

CLASS I, GROUPS A, B and C, Div.2;

CLASS II, GROUPS E and G, Div.1 and 2



В маркировке взрывозащиты взрывозащищенного электрооборудования, изготовленного в Канаде, указываются те же обозначения, что и в США, но с другим общим знаком взрывозащиты, например,:



Общий знак взрывозащиты

Таблица 5.9

Класс взрывоопасной зоны по:			Уровень взрывозащиты по:		Вид взрывозащиты (знак вида) по:						
ПУЭ шестого издания	ПУЭ седьмого издания	Публикации МЭК 79-10	ПИБР Э	ГОСТ 12.2.020-76	ПИБ Э	ПИБР Э	ГОСТ 22782.0-22782.7	EN50014- - EN50019	Публикации МЭК 79-15		
-	0		0	0	-	И	i <sub>a</sub>	S	-	-	
В-I	1	В	1		И		I <sub>b</sub>		-		
					В		d				
					П		р (с автом. откл.)				
					М		о				
					-	К	q				
					-		е (с доп. средствами)				
В-Ia В-Iг	2	Н	2		2И	И	i <sub>c</sub>	-		-	
					-	В	d				
					П		р (с автом. сигнал.)				
					-	М	о	-			
					Н		е				
					-	С	S				
					-						

Примечания:

- 1) искробезопасная электрическая цепь класса 2И по ПИБЭ предназначена для зоны класса В-Iг;
- 2) по ПУЭ, 6-е издание, таблица соответствует стационарным установкам;
- 3) возможно сочетание различных видов взрывозащиты в одном изделии.

### 5.10 Соответствие между классами взрывоопасных зон с газовой взрывоопасной средой, уровнями и видами взрывозащиты.

Анализ отечественных и международных нормативных документов по отдельным видам взрывозащиты электрооборудования показывает, что:

- а) не всякий вид взрывозащиты электрооборудования способен обеспечить любой уровень взрывозащиты или взрывобезопасность в зоне любого класса;

б) в различных нормативных документах для одних видов взрывозащиты имеются специальные требования, позволяющие изготавливать электрооборудование с различным уровнем взрывозащиты или для зон различных классов, в других – только с одним уровнем или для зоны только одного класса. При этом электрооборудование, имеющее более высокий уровень взрывозащиты или предназначенное для зоны с большей опасностью может применяться в зонах с меньшей опасностью.

Соответствие между классом взрывоопасной зоны, уровнем взрывозащиты и видом взрывозащиты, для которых в нормативных документах на этот вид взрывозащиты разработаны специальные требования, приведено в таблице 5.9.

Таблица 5.10

Категория взрывоопасной смеси в маркировке взрывозащиты электрооборудования, изготовленного по:	Категория взрывоопасной смеси по ГОСТ 12.1.011-78, для которой электрооборудование является взрывозащищенным
ПИБЭ	ПИБРЭ
1	ПА
2	ПА
3	ПА, ПВ
4	ПА, ПВ, ПС
0	

Таблица 5.11

Группа взрывоопасной смеси в маркировке взрывозащиты электрооборудования, изготовленного по:		Группа взрывоопасной смеси по ГОСТ 12.1.011-78, для которой электрооборудование является взрывозащищенным
ПИБЭ	ПИБРЭ	
А	Т1	Т1
Б	Т2	Т1, Т2
-	Т3	Т1 - Т3
Г	Т4	Т1 – Т4
Д	Т5	Т1 - Т5

Взрывозащищенность электрооборудования, выполненного по ПИБЭ и ПИБРЭ определяется по приведенному в таблице 5.10 и таблице 5.11 соответствию маркировки категории и группе взрывоопасной смеси, классифицированной по ГОСТ 12.1.011-78.

В дополнение к таблице 5.10 следует иметь в виду:

- а) электрооборудование, выполненное для 2-й категории взрывоопасной смеси по ПИБЭ и ПИБРЭ (цифра 2 в маркировке взрывозащиты), допускается применять во взрывоопасных смесях категории ПВ, за исключением взрывоопасных смесей с воздухом коксового газа (ПВТ1), окиси пропилена (ПВТ2), формальдегида (ПВТ2), этилтрихлорсилана (ПВТ2), этилена (ПВТ2), винилтрихлорсилана (ПВТ2), этилдихлорсилана (ПВТ3). Возможность применения указанного электрооборудования в средах со взрывоопасными смесями, не перечисленными в таблице 3.3 необходимо согласовать с испытательной организацией.
- б) взрывозащищенное электрооборудование, изготовленное по ПИБРЭ, имеющее в маркировке взрывозащиты обозначение 4а, не является взрывозащищенным для взрывоопасных смесей с воздухом ацетилена, метилхлорсилана и трихлорсилана;
- в) изготовленное по ПИБЭ для 4-й категории взрывоопасной смеси (цифра 4 в маркировке взрывозащиты) взрывонепроницаемое или имеющее взрывонепроницаемые элементы электрооборудование является взрывозащищенным только для тех взрывоопасных смесей категории ПС, которые указаны в эксплуатационной документации.

В дополнение к таблице 5.11 электрооборудование, изготовленное по ПИВЭ и имеющее в маркировке взрывозащиты обозначение группы взрывоопасной смеси:

“А” – является взрывозащищенным и для взрывоопасных смесей группы Т2, температура самовоспламенения которых выше 360°C;

“В” – является взрывозащищенным и для взрывоопасных смесей группы Т3, температура самовоспламенения которых выше 240°C.

Изготовленное по ПИВЭ искробезопасное или имеющее искробезопасные элементы электрооборудование является взрывозащищенным для той взрывоопасной смеси, которая указана в его маркировке, а также для тех смесей, которые указаны в эксплуатационной документации на данное оборудование.

Возможность применения его в средах с другими взрывоопасными смесями должна быть согласована с испытательной организацией.

Взрывозащищенность электрооборудования, изготовленного в США и Канаде определяется по приведенному в таблице 5.12 соответствию маркировки взрывозащищенности категории взрывоопасной смеси, классифицированной по ГОСТ 12.1.011-78.

Таблица 5.12

Категория ВЗОС ГОСТ 12.1.011-78	Использование по взрывозащите			
	взрывоне проницае мое	маслона полненн ое	продуваемое под избыточным давлением	специально заполненное инертным газом под избыточным давлением
Маркировка взрывозащищенности				
IIA	CLASS 1 GROPE D	CLASS 1 GROUPS A, B, C, D		
IIВ	CLASS 1 GROUPS C, D		CLASS 1 GROUPS A, B, C, D	CLASS 1 GROUPS A, B, C, D
IIС	CLASS 1 GROPE B			
	CLASS 1 GROPE A			

В других случаях необходимо пользоваться системой ОСТ16 0.800.699-79 ... ОСТ16 0.800.704-79.

### Контрольные вопросы

1. Привести классификацию взрывозащищенного электрооборудования (ВЗЭО) на группы и по уровням взрывозащиты по ГОСТ 12.2.020-76.
2. Привести классификацию ВЗЭО по виду взрывозащиты, на подгруппы и температурные классы по ГОСТ 12.2.020-76.
3. Привести соответствие групп и подгрупп ВЗЭО категориям ВЗОС для которых оно является взрывозащищенным (по ПУЭ).
4. Привести соответствие температурных классов ВЗЭО группам ВЗОС для которых оно является взрывозащищенным (по ПУЭ).
5. Как маркируется ВЗЭО по ГОСТ 12.2.020-76.
6. Чем обеспечивается взрывозащита вида “d”.
7. Чем обеспечивается взрывозащиты вида “p”.
8. Чем обеспечивается взрывозащита вида “o”.
9. Чем обеспечивается взрывозащита вида “e”.
10. Чем обеспечивается взрывозащита вида “i”.
11. Чем обеспечивается взрывозащита вида “q”.
12. Чем обеспечивается взрывозащита вида “s”.
13. Как классифицируется ВЗЭО по ПИВЭ.
14. Как маркируется ВЗЭО по ПИВЭ.
15. Как классифицируется ВЗЭО по ПИВРЭ.
16. Как маркируется ВЗЭО по ПИВРЭ.
17. Как классифицируется ВЗЭО по Публикации МЭК 79-0.
18. Как маркируется ВЗЭО по Публикации МЭК 79-0.
19. Как классифицируется ВЗЭО по EN 50014.

20. Как маркируется ВЗЭО по EN 50014.
21. Как маркируется взрывозащищенное электрооборудование производства США, Канады.
22. Как классифицируется ВЗЭО с видом взрывозащиты “n” по Публикации МЭК 79-15.
23. Как маркируется ВЗЭО с видом взрывозащиты “n” по Публикации МЭК 79-15.
24. Привести соответствие маркировки ВЗЭО, изготовленного по ПИВЭ и ПИВРЭ категории и группе ВЗОС по ГОСТ 12.1.01-78.
25. Привести соответствие маркировки ВЗЭО, изготовленного в США, Канаде категории ВЗОС по ГОСТ 12.1.01-78.
26. Привести соответствие между классом взрывоопасных зон (по ПУЭ, 6-е издание) и уровнем взрывозащиты и видом взрывозащиты (по ГОСТ 12.2.020-76).
27. Привести соответствие между классом взрывоопасной зоны (по ПУЭ, 6-е издание) и уровнем и видом взрывозащиты (по ПИВРЭ).
26. Привести соответствие между классом взрывоопасной зоны (по ПУЭ, 6-е издание) и уровнем и видом взрывозащиты (по ПИВЭ).

## **6 ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ**

### **6.1 Общие требования**

Электрооборудование, особенно с частями, искрящими при нормальной работе, рекомендуется выносить за пределы взрывоопасных зон, если это не вызывает особых затруднений при эксплуатации и не сопряжено с неоправданными затратами.

Выбор такого электрооборудования производится на основании общих требований ПУЭ. При этом следует учитывать ряд дополнительных требований.

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

- а) электродвигатели должны устанавливаться вне взрывоопасных зон. Помещение, в котором устанавливаются электродвигатели, должно отделяться от взрывоопасной зоны несгораемой стеной без проемов и несгораемым перекрытием с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч., иметь эвакуационный выход и быть обеспеченным вентиляцией с пятикратным обменом воздуха в час;
- б) привод механизма должен осуществляться при помощи вала, пропущенного через стену, с устройством в ней сальникового уплотнения.

В помещениях с взрывоопасными зонами любого класса допускается выполнять освещение светильниками общего назначения (без средств взрывозащиты) одним из следующих способов:

- а) через специально устроенные в стене ниши с двойным остеклением и вентиляцией ниш с естественным побуждением наружным воздухом;
- б) через фонари специального типа со светильниками, установленными в потолке с двойным остеклением и вентиляцией фонарей с естественным побуждением наружным воздухом;
- в) в застекленных коробах, продуваемых под избыточным давлением чистым воздухом;
- г) с помощью осветительных устройств с щелевыми световодами (например типа КОУ).

Исходными данными для выбора электрооборудования является:

- 1) класс и размер взрывоопасной зоны;
- 2) категория взрывоопасной смеси;
- 3) температура самовоспламенения взрывоопасной смеси, для тлеющих пылей – температура тления (для нетлеющих пылей – температура самовоспламенения);
- 4) данные о факторах внешних воздействий: климатические, механические, химические и т.п.;
- 5) особые условия монтажа и (или) эксплуатации.

В конечном итоге выбор взрывозащищенного электрооборудования по условиям 1..3 включает в себя два этапа:

- выбор исполнения по взрывозащите;
- выбор маркировки электрооборудования на соответствие взрывоопасной смеси.

Рассмотрим подробнее выбор электрооборудования по указанным выше факторам.

**Климатическое исполнение и категория размещения**, указанные в маркировке (или в эксплуатационной документации), должна соответствовать климатическим факторам внешней среды согласно ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543-70 (таблица 6.0).

В наружных установках должно применяться оборудование категории размещения 1 или 2; в последнем случае оно должно устанавливаться под навесом, защищающем его от прямого воздействия солнечной радиации и атмосферных осадков.

Для эксплуатации в закрытых помещениях – категории 3 и 4; в последнем случае с искусственно регулируемые климатическими условиями.

По климатическому исполнению электрооборудование выбирается для макроклиматических районов (см. таблицу 6.0).

Таблица 6.0 – Исполнение изделий для различных климатических и размещение (категория изделий) (для изделий, предназначенных для эксплуатации в районах, кроме морского климата)

А. Климатическое исполнение по ГОСТ 15543-70		
Буквенное обозначение		Исполнение для макроклиматических районов
Русское	Латинское	
У	N	С умеренным климатом
УХЛ	NF	С умеренным и холодным климатом
ТВ	TH	С влажным тропическим климатом
ТС	TA	С сухим тропическим климатом
Т	T	Тропическое как с сухим, так и влажным климатом
О	U	Общеклиматическое исполнение на суше, кроме с очень холодным климатом.
В. Места размещения при эксплуатации (категория изделия)		
Обозначение	Место размещения в эксплуатации	
1.	На открытом воздухе (прямое солнечное излучение, атмосферные осадки).	
2.	Под навесом; в помещениях, где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе; в оболочке комплектного изделия категории 1 (отсутствие прямого солнечного излучения и атмосферных осадков).	
3.	В закрытых помещениях (объемах) без искусственно регулируемых климатических условий (существенное уменьшение воздействия солнечной радиации, ветра, атмосферных осадков, песка, пыли; отсутствие росы).	
4.	В помещениях (объемах) с искусственно регулируемые климатическими условиями (отсутствие воздействий прямого солнечного излучения, ветра, атмосферных осадков, песка, пыли, наружного воздуха; отсутствие или уменьшение воздействия рассеянного солнечного излучения, конденсации влаги).	
5.	В помещениях (объемах) с повышенной влажностью (длительное наличие воды или частая конденсация влаги на стенах и потолке).	

**Примечания к таблице 6.0.:**

- 1) Если основным назначением изделия является эксплуатация в районе с холодным климатом и экономически нецелесообразно его использование вне пределов этого района, вместо УХЛ рекомендуется обозначение ХЛ (F).
- 2) ГОСТ 15543-70 конкретизирует ГОСТ 15150-69 применительно к электротехническим изделиям.
- 3) Сочетание климатического исполнения и категории размещения называют видом климатического исполнения: УХЛ1, У3 и т.д.



Импортное взрывозащищенное электрооборудование следует применять в пределах температур окружающей среды, которые указаны в его маркировке или эксплуатационной документации. Если такие указания отсутствуют, то это электрооборудование должно применяться только для окружающей среды с температурным диапазоном от  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ .

**Степень защиты оболочки** электрооборудования от воздействия окружающей среды должно соответствовать требованиям ПУЭ для конкретной установки. Допускается применение электрооборудования с более высокой степенью защиты оболочки. Краткое описание степеней защиты оболочек по ГОСТ 14254-80\* приведено в таблице 6.1.

Таблица 6.1 - Степени защиты оболочек электрооборудования по ГОСТ14254-80\*.

Степень защиты персонала от соприкосновения с токоведущими и вращающимися частями и попадания твёрдых тел внутрь оболочки (первая цифра)		Степень защиты от проникновения воды внутрь оболочки (вторая цифра)	
1	2	3	4
0	Защита отсутствует	0	Защита отсутствует
1	Защита от твёрдых тел размером более 50 мм	1	Защита от капель воды, вертикально падающих
2	Защита от проникновения твёрдых тел размером более 12 мм	2	Защита от капель воды, при наклоне оболочки до $15^{\circ}$
3	Защита от твёрдых тел размером более 2,5 мм	3	Защита от дождя
4	Защита от проникновения твёрдых тел размером более 1 мм	4	Защита от брызг
5	Защита от пыли (проникающая пыль не нарушает работу изделия)	5	Защита от водяных струй
6	Пыленепроницаемое (проникновение пыли предотвращено полностью)	6	Защита от волн воды
		7	Защита при погружении в воду (на определённое время)
		8	Защита при длительном погружении в воду

Примечание. Если для изделия указывается степень защиты одной цифрой, то пропущенная цифра заменяется буквой X, например, IP3X.

Факторы внешнего механического воздействия на электротехнические изделия определены ГОСТ 17516-72.

По устойчивости к **механическим воздействиям** взрывозащищенное электрооборудование может иметь высокую или нормальную степень механической прочности. Электрооборудование, имеющее нормальную степень механической прочности, маркируется знаком “X” и при его монтаже должны быть выполнены требования по защите от механических воздействий согласно эксплуатационной документации.

При эксплуатации переносного электрооборудования, в большей степени подверженного механическим воздействиям, должны быть предусмотрены систематические осмотры. Светопропускающие элементы переносных светильников должны быть защищены от механических воздействий защитной сеткой (решеткой).

Взрывозащищенные светильники, конструкция которых предусматривает исполнение как с защитной сеткой, так и без сетки, могут применяться без защитной сетки в местах, где механические повреждения при эксплуатации исключаются.

Электрооборудование, применяемое в **химически активных средах**, должно иметь соответствующее исполнение или быть выбрано с учетом воздействия конкретной среды. Электрооборудование должно быть защищено от непосредственного попадания на его оболочку обращающихся в технологическом процессе ГЖ и ЛВЖ.

**Требования в части стойкости** электротехнических изделий к воздействию специальных сред определены ГОСТ 24682-81.

Под специальными средами понимают среды (неорганические и органические соединения, масла, смазки, растворители, топлива, рабочие растворы и т.д.), внешние по отношению к изделию, которые вызывают или могут вызвать ограничение или потерю работоспособности в процессе эксплуатации или хранения. Вид специальных сред, входящих в конкретную группу, приведен в обязательном приложении к данному стандарту.

Специальные среды классифицируются на семь групп:

1. – масла, смазки на основе нефтепродуктов и синтетические;
2. – топлива на основе нефтепродуктов;
3. – органические растворители;
4. – среды заполнения и контрольные среды;
5. – агрессивные среды;
6. – рабочие растворы;
7. – специальные охлаждающие жидкости.

Если в маркировке взрывозащищенного электрооборудования имеется знак “Х” и (или) в документации указаны **особые условия монтажа и (или) эксплуатации**, они должны выполняться в обязательном порядке. Особое внимание на возможное наличие этих условий необходимо обратить при применении электрооборудования в оболочках из пластмасс, т.к. оболочки, изготовленные из материалов с поверхностным сопротивлением более  $10^{-9}$  Ом и имеющие размеры большие, чем приведенные в таблице 6.2 способны в значительной степени накапливать электростатические заряды, разряды которых могут воспламенить взрывоопасную окружающую среду.

Таблица 6.2

Категория взрывоопасной смеси	Максимальная поверхность оболочки; см <sup>2</sup>	
	при нормальных условиях окружающей внешней среды с кратковременным появлением взрывоопасной смеси	при нормальных условиях окружающей внешней среды с длительным наличием взрывоопасной смеси
Все категории	64	16

## 6.2 Выбор электрооборудования в зависимости от класса взрывоопасной зоны

**Выбор уровня взрывозащиты** электрооборудования и степени защиты его оболочки производится в зависимости от класса взрывоопасной зоны, в которой оно устанавливается (таблица 6.3).

Необходимый **вид взрывозащиты** выбирается по таблице 6.4.

В случае обоснованной необходимости разрешается заменять электрооборудование, указанное в таблицах 6.3 и 6.4, взрывозащищенным электрооборудованием с более высоким уровнем взрывозащиты.

Учитывая возможность применения взрывозащищенного электрооборудования, изготовленного по различным нормативным документам, следует дополнительно пользоваться таблицами 5.9, 5.10, 5.11, 5.12.

Например, вместо электрооборудования с уровнем взрывозащиты “повышенная надежность против взрыва” и взрывозащитой вида “е” можно применять электрооборудование с уровнем “взрывобезопасное” с видом взрывозащиты “Взрывонепроницаемая оболочка”.

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

Взрывоопасные зоны могут быть смешанными, т.е. одновременно создаваться и газовой и пылевоздушной взрывоопасными средами.

Например, участок загрузки сыпучих добавок в технологические аппараты с ЛВЖ может одновременно относиться к зонам класса В-Ia и В-IIa. В подобных случаях электрооборудование должно отвечать всем требованиям как для одной, так и для другой зоны.

Дополнительные рекомендации по выбору электрооборудования в зависимости от свойств взрывоопасной среды:

- 1) осветительные щитки, предохранители и выключатели осветительных цепей следует устанавливать вне взрывоопасной зоны;
- 2) применение во взрывоопасных зонах переносных электроприемников (машин, аппаратов, светильников и т.п.) следует ограничивать случаями, когда их применение необходимо при нормальной эксплуатации;
- 3) для переносного и передвижного электрооборудования не следует применять электрооборудование с видом защиты “масляное заполнение”;
- 4) штепсельные соединения применять во взрывоопасных зонах классов В-I и В-II запрещается. Например, светильники НСП11 имеют вводное устройство в виде штепсельного разъема ШСВ, поэтому применять их в этих взрывоопасных зонах нельзя. В зонах остальных классов допускается применение штепсельных разъемов при условии соблюдения требований, приведенных в таблице 6.3, (как аппаратов, искрящих при нормальной работе). В зонах классов В-Iб, В-IIа допускается применять штепсельные соединения в оболочке со степенью защиты IP54 при условии, что разрыв у них происходит внутри закрытых розеток;
- 5) сборки зажимов рекомендуется устанавливать вне взрывоопасных зон. В случае необходимости, допускается установка сборок во взрывоопасных зонах при условии соблюдения требований, приведенных в таблице 6.3 (как аппаратов, не искрящих при нормальной работе);
- 6) электрооборудование кранов, тельферов, талей и лифтов, находящихся во взрывоопасных зонах всех классов и участвующих в технологическом процессе, должны удовлетворять требованиям таблицы 6.3. Электрооборудование указанных подъемных механизмов, находящихся во взрывоопасных зонах и не связанных непосредственно с технологическим процессом (например, монтажные краны) должно иметь:
  - в зонах классов В-I и В-II – любой уровень и вид взрывозащиты;
  - в зонах классов В-Iа, В-Iб – оболочку со степенью защиты не менее IP33;
  - в зонах классов В-Iг и В-IIа – оболочку со степенью защиты не менее IP44.

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

### 6.3 Электрооборудование для газовой взрывоопасной среды

Электрооборудование для газовой взрывоопасной среды должно отвечать требованиям, изложенным в параграфах 6.1, 6.2 и таблицах 6.3, 6.4.

В тех случаях, когда согласно таблицам 6.3, 6.4 требуется применять взрывозащищенное электрооборудование, оно, помимо прочего, должно отвечать следующим требованиям.

1. Электрооборудование, выбранное по исполнению взрывозащиты, должно соответствовать категории и группе взрывоопасной среды.

**Категория взрывоопасной смеси** (таблица 3.1, 3.3) учитывается при выборе электрооборудования с видами защиты: “взрывонепроницаемая оболочка” (вид “d”); “искробезопасная электрическая цепь” (вид “i”); а также **вид защиты “n”**, или с другими видами взрывозащиты, но имеющие элементы (узлы) с видами защиты “d” или “i” или “n” (таблица 5.3).

Остальные исполнения взрывозащиты, не имеющие узлов с видами защиты “d” или “i” или “n” не зависят от категории взрывоопасной смеси и последняя в расчет не принимается.

**Для любого вида взрывозащиты** необходимо указывать температурный класс выбранного электрооборудования (T1 ... T6), который должен соответствовать группе взрывоопасной смеси в соответствии с таблицами 5.4, 5.11.

2. Электрооборудование с видом взрывозащиты “взрывонепроницаемая оболочка” в средах с взрывоопасными смесями категории ПС должно устанавливаться таким образом, чтобы взрывонепроницаемые фланцевые зазоры находились на расстоянии не менее 50мм от любой ближайшей поверхности.

3. При применении электрооборудования с видом взрывозащиты “заполнение или продувка оболочки избыточным давлением” должны быть выполнены следующие требования:

- а) конструкция газопроводов защитного газа и фундаментных ям должна исключать образование в них непродуваемых зон (мешков), в которых могут скапливаться горючие газы и пары ЛВЖ;
- б) приточные газопроводы к вентиляторам, обеспечивающим электрооборудование защитным газом должны прокладываться вне взрывоопасных зон;
- в) газопроводы для защитного газа могут прокладываться под полом помещений, в том числе и со взрывоопасными зонами, если приняты меры, исключающие попадание в газопроводы тяжелых газов и горючих жидкостей;
- г) аппараты и приборы контроля, защиты, управления и блокировок, устанавливаемые внутри оболочек и газопроводов и включаемые в электрическую цепь, когда в оболочке и газопроводах может иметь место взрывоопасная среда (например, в период предпусковой продувки), должны иметь средства взрывозащиты согласно классу взрывоопасной зоны и соответствовать эксплуатационной документации. Замена их другими изделиями, изменение мест их установки и подключение без согласования с заводом изготовителем машины, аппарата, светового прибора не допускается;
- д) кабельные вводы должны исключать чрезмерную утечку защитного газа и предотвращать вылет искр и раскаленных частиц из оболочки. При применении трубных вводов они должны быть уплотнены во избежание чрезмерной утечки защитного газа;
- е) защитный газ из оболочки должен выбрасываться таким образом, чтобы не создавался вторичный источник опасности в безопасном пространстве.

**При падении избыточного давления ниже допустимой величины блокировка электрооборудования, предназначенного для установки в зоне класса:**

- а) В-Ia и В-Iг – должна обеспечить включение сигнала;
- б) В-I, В-II – должна обеспечить отключение электрооборудования от всех электрических цепей.

**4. При применении электродвигателей с защитой вида “е” должны быть выполнены следующие требования:**

- а) электродвигатели со степенью защиты оболочки ниже IP44 должны устанавливаться в специальных помещениях, не содержащих пыли, и находиться под постоянным контролем обслуживающего персонала;
- б) в тех случаях, когда применяются защитные отключающие устройства, не входящие в комплект поставки электродвигателя, необходимо иметь их токовременные характеристики. Характеристики должны представлять зависимость величины выдержки времени от кратности тока, по крайней мере в пределах (3-8)  $I_N$  (от холодного состояния защитного устройства), отнесенные к температуре окружающей среды 20°C. Отклонение выдержки времени от установленного значения должно находиться в пределах  $\pm 20\%$ . Для электродвигателей с короткозамкнутым ротором защитное устройство следует выбирать таким образом, чтобы время отключения электродвигателя, взятое по характеристикам защитного устройства от холодного состояния, для отношения тока  $I_A/I_N$  защищаемого электродвигателя не превышало времени  $t_e$ , указанного в маркировочной табличке электродвигателя (смотри также приложение 2 и 3 к ГОСТ 22782.7-81);

Примечание:  $I_N$  – номинальный ток электродвигателя;

$I_A$  – пусковой ток электродвигателя;

$t_e$  – время, в течении которого электрооборудование нагревается пусковым током от температуры, обусловленной продолжительной работой при номинальном режиме до максимальной температуры, определяющей его температурный класс.

- в) если электродвигатель защищен встроенными температурными датчиками, то в качестве отключающих устройств должны применяться только те, которые указаны в эксплуатационной документации на данный электродвигатель;
- г) как правило, токовые защитные устройства подходят только для электродвигателей с легким и нечастым пуском. Для электродвигателей с тяжелым и частым пуском должны применяться специальные защитные устройства, которые обеспечивают непревышение максимально допустимых температур, в том числе и во время пуска. Тяжелым считается пуск, если токовое защитное устройство отключит электродвигатель до того, как он достигнет номинальной

скорости. Обычно это происходит если время, необходимое для достижения номинальной скорости, превышает  $1,7 t_e$ ;

д) для электродвигателей с контактными кольцами и с обмоткой с защитой вида “е” необходимо устанавливать дополнительные к выполненным согласно п. б) защитные устройства без выдержки времени. Их следует отрегулировать на ток, несколько превышающий ожидаемый максимальный  $I_A$ , но не выше  $4I_N$ .

**5.** При применении электрооборудования с видом взрывозащиты “искробезопасная электрическая цепь” следует руководствоваться следующим:

а) индуктивность и емкость искробезопасных цепей, в том числе и присоединенных кабелей (емкость и индуктивность которых определяется по характеристикам, расчетом или измерением), не должны превосходить максимальных значений, указанных в эксплуатационной документации. Если в ней предписывается конкретный тип кабеля (провода) и его максимальная длина, то их изменения возможны только при согласовании с испытательной организацией;

б) искробезопасная электрическая цепь должна быть защищена от вредных влияний электрических и электромагнитных полей, разрядов молний и электростатических разрядов, которые могут привести к нарушению ее искробезопасности;

в) в искробезопасные цепи должно включаться электрооборудование, которое указано в эксплуатационной документации и имеет маркировку “В комплекте ...”. Допускается включать в эти цепи серийно выпускаемые датчики без средств взрывозащиты, не имеющие собственного источника тока, индуктивности и емкости и удовлетворяющие п. г). К таким датчикам относятся термометры сопротивления, термопары, терморезисторы, светодиоды и подобные им изделия, встроенные в защитные оболочки;

г) в искробезопасные цепи могут включаться серийно выпускаемые без средств взрывозащиты переключатели, ключи, сборки зажимов и т.п. при условии выполнения следующих требований:

- к ним не подключены другие искробезопасные цепи;
- они закрыты крышкой и опломбированы;
- их изоляция рассчитана на трехкратное номинальное напряжение искробезопасной цепи, но не менее, чем на 500В;

д) электрооборудование, электрические параметры которого по данным изготовителя не превышают значений: 1,2В; 0,1А; 20 мкДж или 25 мВт, и оно не присоединено к источнику электрической энергии (сети, батарее или аккумулятору), способному вызвать превышение этих значений, является искробезопасным. Для такого электрооборудования не требуется специальная маркировка и разрешение на применение;

е) цепь, состоящая из серийно выпускаемых без средств взрывозащиты термопары и гальванометра, является искробезопасной для любой взрывоопасной среды при условии, что гальванометр не содержит других электрических цепей, в том числе подсвета шкалы;

ж) в шкафах управления, измерения и контроля клеммы искробезопасных цепей должны быть надежно отделены от клемм искробезопасных цепей специальной перегородкой или (и) воздушным промежутком величиной не менее 50мм. При отделении клемм только воздушным промежутком необходимо принять меры для предотвращения контакта между цепями на случай отсоединения проводника от клеммы.

**6.** В ряде случаев требуется разместить электрооборудование в пространствах внутри технологических аппаратов, емкостей, трубопроводов. На это электрооборудование требования главы 7.3 действующих ПУЭ не распространяется и такие пространства ими не классифицированы. Эти пространства, попадающие под определение зоны класса 0 (смотри параграф 4.3), где взрывоопасная среда может существовать постоянно или в течение длительного времени, представляют исключительную опасность и в них следует устанавливать ограниченное количество датчиков управления, измерения и контроля, без которых невозможно ведение технологического процесса или обеспечение взрывопожаробезопасности производства. В таких пространствах должно применяться электрооборудование:

а) с видом взрывозащиты “искробезопасная электрическая цепь” – особовзрывобезопасное или высшего уровня искробезопасности (для импортного) –  $i_a$ ;

б) специальное особовзрывобезопасное или предназначенное для применения в зоне 0 (для импортного).

#### **6.4 Электрооборудование для пылевоздушной взрывоопасной среды**

Во взрывоопасных зонах с пылевоздушными взрывоопасными смесями рекомендуется применять электрооборудование специально предназначенное для работы во взрывоопасных смесях пыли и волокон с воздухом.

Однако специальная маркировка взрывозащищенного электрооборудования, определяющая область его применения в зонах с пылевоздушной взрывоопасной средой, предусмотрена только в США и Канаде (смотри параграф 5.9). Это электрооборудование должно применяться в строгом соответствии его маркировочных данных классу и категории взрывоопасной зоны (CLASS II Div.1,2; CLASS III, Div. 1,2), и группе взрывоопасной смеси, образующей пылевоздушную взрывоопасную среду (E, F, G). При этом также следует руководствоваться таблицами 3.7, 4.1 и 4.7.

При отсутствии такого электрооборудования разрешается применять в зонах класса В-II взрывозащищенное электрооборудование, предназначенное для работы в средах с парогазовоздушными взрывоопасными смесями; в зонах класса В-Па – электрооборудование общего назначения (невзрывозащищенное) в оболочке со степенью защиты не менее IP54 в полном соответствии с требованиями таблиц 6.3 и 6.4.

Кроме этого эксплуатационные документы на выбранное электрооборудование должны допускать его эксплуатацию в данной среде с конкретной пылью (например, с пылью магния и алюминия), с определенной группой пыли, к которой данная пыль относится (например, с любой токопроводящей пылью), или в пылевоздушных смесях. Если в эксплуатационных документах имеются ограничения по концентрации пыли в воздухе, то применение электрооборудования в средах с большей концентрацией не допускается.

#### **6.5 Примеры выбора взрывозащищенного электрооборудования.**

В таблицах 6.5; 6.6; 6.7 приведены технические характеристики отечественного взрывозащищенного электрооборудования, рекомендуемого для применения во взрывоопасных средах.

Выбор маркировки вида взрывозащиты, а также выбор конкретного взрывозащищенного электрооборудования рассмотрим на следующих примерах.

##### ***Пример 1.***

Класс взрывоопасной зоны (помещения) В-Ia. Категория взрывоопасности и группа взрывоопасной смеси IIВ – T1. Выбрать маркировку взрывозащищенного электродвигателя.

а) по таблицам 6.3 и 6.4 определяем:

- уровень взрывозащиты: “повышенной надежности против взрыва” (допустимо “взрывобезопасный”);

- вид взрывозащиты: вид “р”, вид “е”, вид “d”.

б) по таблице 5.4 определяем температурный класс T1;

в) по таблице 5.3 определяем подгруппу (только для вида “d”) IIВ.

Маркировка взрывозащиты взрывозащищенных электродвигателей, годных для безопасной эксплуатации в данных условиях:

а) вид “е”: 2ExeIIТ1;

б) вид “р”: 2ExpIIТ1;

в) вид “d”: 2ExdIIВТ1 или 1ExdIIВТ1 или 1ExdIIСТ1.

Согласно таблице 6.5 могут быть выбраны электродвигатели (в зависимости от мощности, скорости, напряжения питания и т.д.):

- для варианта б): серия АД4 (1ExpIIТ5);

- для варианта в): серия АИМ (1ExdIIВТ4 / 2ExdIIСТ4).

##### ***Пример 2.***

Выбрать маркировку взрывозащиты электрооборудования для применения в зоне В-Ia. В технологическом процессе участвует водород и ацетальдегид.

Каждое из указанных веществ обособленно может создать взрывоопасную смесь с воздухом.

Согласно таблицы 3.3 определяем классификацию ВЗОС: для водорода IIС – Т1, для ацетальдегида IIА – Т4.

Для выбора электрооборудования принимаем вещество по взрывонепроницаемости (водород, категория IIС), и по воспламеняемости (ацетальдегид, группа Т4).

По таблицам 6.3; 6.4; 5.3; 5.4 выбираем маркировку взрывозащиты для этих условий, т.е. по водороду и ацетальдегиду и зоны

В-Ia:

а) повышенной надежности против взрыва

2ExeIIТ4 ;

б) взрывонепроницаемое исполнение

2ExdIIСТ4.

### **Пример 3.**

Выбрать тип светильников для установки в помещении с классом взрывоопасной зоны В-I, в технологическом процессе участвуют бензин А-76, спирт метиловый, растворитель № 646.

По таблице 3.3 определяем категорию смеси IIА и группу смеси Т3 (по бензину).

По таблицам 6.3; 6.4 определяем допустимый уровень взрывозащиты – взрывобезопасный с возможными видами взрывозащиты: “d”, “s”, “i”.

Маркировка взрывозащиты (допустимой):

1ExdIIАТ3 или 1ExsIIТ3 или 1Exi<sub>п</sub>IIАТ3.

По таблице 6.7 выбираем, например, светильник подвесной с ртутной лампой ДРЛ типа РСР25-125, имеющего маркировку взрывозащиты 1ExdIIВТ4 или подвесной с лампой накаливания ВЗГ-200 АМС с маркировкой взрывозащиты ВЗГ (что в соответствии с таблицами 5.10; 5.11 соответствует маркировке по взрывозащите 1ExdIIВТ4).

### **Пример 4.**

Выбрать тип магнитного пускателя для стационарной установки во взрывоопасной зоне класса В-Ia, во взрывоопасной среде IIВ-Т2.

По таблицам 6.3; 5.3; 5.4 выбираем маркировку взрывозащиты

2ExdIIВТ2 или 2ExeIIТ2.

По таблице 6.6 выбираем электромагнитный пускатель серии ПМ32 с маркировкой взрывозащиты 2ExdeIIСТ5.

### **Пример 5.**

В помещении (зоне) класса В-Ia с газовой взрывоопасной средой IIВ-Т1 эксплуатировался электродвигатель асинхронный производства ФРГ, имеющий маркировку по взрывозащите Exd2G4. Требуется подобрать аналогичный по взрывозащите электродвигатель, производства СНГ.

По таблицам 3.8 и 3.9 определяем категорию и группу ВЗОС:

IIВ-Т4.

По таблице 6.5 выбираем электродвигатель серии АИМ с маркировкой по взрывозащите 1ExdIIВТ4.

### **Пример 6.**

Электродвигатель производства ФРГ имеет маркировку взрывозащищенности Exd2G1. Какую маркировку вида взрывозащиты нужно присвоить в ремонтной документации и в каких взрывоопасных зонах допускается эксплуатация машины после ремонта (ремонтная документация предусматривает идентичность свойств взрывозащиты импортного электродвигателя)

а) по маркировке (согласно правилам VDE – 0171/265) определяем (по ОСТ16 0.689.003-71):

-исполнение по взрывозащите: “взрывонепроницаемое”; (вид “d”);

- категория взрывоопасной смеси 2;

- группа взрывоопасной смеси G1;

б) по таблицам 3.8 и 3.9 определяем категорию и группу взрывоопасной смеси IIВ-Т1;

в) присваиваем маркировку вида взрывозащиты по ГОСТ 12.2.020-76:

1ExdII BT1.

г) двигатель может эксплуатироваться во взрывоопасных зонах В-I, В-Ia, В-Iг – с учетом выполнения требований климатического исполнения и категории размещения (1,2) или В-II с учетом требований таблиц 6.3 и 6.4; с содержанием взрывоопасной смеси категорий IIА и IIВ группы Т1 (для смеси взрывоопасных веществ следует принимать решение, рассмотренное в примере 2).

**Пример 7.**

Асинхронный электродвигатель 1MJ5166-4CA21-Z (15кВт, 1450 об/мин) изготовленный в Германии имеет маркировку взрывозащиты EExdeII B+H2T4. Определить соответствие этой маркировки маркировке по ГОСТ 12.2.020-76.

По маркировке двигателя, выполненной по EN50014, определяем: вид взрывозащиты оболочки двигателя “d”, коробки выводов “e”; знак подгруппы IIВ, знак температурного класса Т4. Тогда соответствующая маркировка по ГОСТ 12.2.020-76 будет:

2ExdeII BT4/H2 или 2ExdeII BT4/IICT1.

**Пример 8.**

Выбрать маркировку электродвигателя для применения в зонах класса В-II, вещество, образующее пылевоздушную ВЗОС – аминопласт.

Согласно примечанию 5) к таблице 6.3 применяем ВЗЭО для газовоздушной ВЗОС.

Определяем:

1) уровень взрывозащиты по таблице 6.3 – взрывобезопасное.

Виды взрывозащиты по таблице 6.4 – «d», «р».

2) Температурный класс.

Пыль тлеющая, температура тления (по таблице 2.2) для аминопласта:  $t_{\text{тл}} = 264^{\circ}\text{C}$ .

Максимально допустимая температура поверхности:

$264 - 50 = 214^{\circ}\text{C}$  (примечание 5 к таблице 6.3).

По таблице 5.4 выбираем температурный класс Т3.

Выбираем маркировку:

а) 1ExdII BT3 (например, АИМ: 1ExdII BT4);

б) 1ExpII T3 (например, АТД4: 1ExpT5).

**Пример 9.**

Выбрать маркировку электродвигателя для применения в зонах класса В-II, вещество, образующее пылевоздушную ВЗОС – смола эпоксидная Э-49.

По таблице 2.2 определяем: пыль не тлеет; температура самовоспламенения  $t = 486^{\circ}\text{C}$ .

Максимальная температура поверхности (примечание 5) к таблице 6.3)  $486 \cdot 2 / 3 = 324^{\circ}\text{C}$ , что по таблице 5.4 соответствует температурному классу Т2 ( $t_{\text{max}} = 300^{\circ}\text{C}$ ).

Выбираем маркировку:

1ExdII AT2 (например, АИМ: 1ExdII BT4).

**Пример 10.**

Выбрать маркировку светильника с лампой накаливания для применения в зонах класса В-II, вещество, образующее пылевоздушную ВЗОС – аминопласт.

Допустимая максимальная температура светильника:

$264 - 50 = 214^{\circ}\text{C}$ .

Выбираем светильник, изготовленный по ПИВЭ (таблица 6.3):

ВЗГ-200АМС с маркировкой ВЗГ.

**Пример 11.**

Выбрать маркировку американского взрывозащищенного электрооборудования для взрывоопасной зоны класса В-II, в которой присутствует пыль мучная (ржи, пшеницы).

По таблице 3.7 определяем взрывоопасную смесь по NEC500 – G.

По классификации зон по NEC500:

взрывоопасная зона класса II, категории 1.

Маркировка взрывозащищенного электрооборудования:

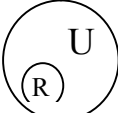
CLASS II, GROUP  $\mu$  G, Div. 1. 



Таблица 6.3 – Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки электрооборудования в зависимости от класса взрывоопасной зоны (гл. 7.3 ПУЭ)<sup>2)</sup>.

		0	B-I 1	B-Ia 2	B-Ir 2	B-Іб 3	B-II 10	B-IIa 11
Электрические машины (стационарные и передвижные)		-	Взрывобезопасное	Повышенной надежности против взрыва		без средств взрывозащиты <sup>6)</sup> , IP44 <sup>1)</sup>	Взрывобезопасное <sup>5)</sup>	Без средств взрывозащиты <sup>5)</sup> , IP54 <sup>1)</sup> (доп. IP44)
Электрические аппараты приборы	Стационарные установки	Особовзрывобезопасное	Взрывобезопасное, особовзрывобезопасное	То же <sup>3)</sup>		То же, IP44 <sup>1)</sup>	Взрывобезопасное <sup>5)</sup> , особовзрывобезопасное	То же <sup>5)</sup> , IP54 <sup>1)</sup>
	Установки передвижные или являющиеся частью передвижных и ручные переносимые							
Электрические светильники	Стационарные	-	Взрывобезопасное	Повышенной надежности		Без средств взрывозащиты, IP53 <sup>1)</sup>	Повышенной надежности <sup>5)</sup>	Без средств взрывозащиты <sup>5)</sup> , IP53 <sup>1)</sup>
	Переносные <sup>4)</sup>	-	Взрывобезопасное		Повышенной надежности против взрыва		Взрывобезопасное <sup>5)</sup>	Повышенной надежности <sup>5)</sup>

Примечания:

- 1) – степень защиты оболочки от проникновения воды (вторая цифра) допускается изменять в зависимости от условий среды, в которой электрооборудование установлено.
- 2) – в числителе указаны значения класса взрывоопасных зон по ПУЭ, 6-е издание, в знаменателе – по ПУЭ, 7-е издание.
- 3) – электрические аппараты и приборы, нормально неискрящие и не подверженные нагреву выше 80°C, допускается применять без средств взрывозащиты в оболочке со степенью защиты не ниже IP54<sup>1)</sup>.
- 4) – в ПУЭ, 7-е издание, приравнены к стационарным.
- 5) – рекомендуется применять электрооборудование, предназначенное для взрывоопасных зон со смесями горючих пылей или волокон с воздухом. При отсутствии такого оборудования допускается в зонах B-II применять взрывозащищенное электрооборудование, предназначенное для работы в средах с ВЗОС газов и паров с воздухом; а в зонах B-IIa – электрооборудование общего назначения (без средств взрывозащиты), но имеющее соответствующую защиту оболочки от проникновения пыли. Такая замена допустима, если температура поверхности электрооборудования будет не менее чем на 50°C ниже температуры тления пыли для тлеющей пыли или не более 2/3 температуры самовоспламенения для нетлеющих пылей.
- 6) – искрящие машины (например контактные кольца), также должны быть заключены в оболочку со степенью защиты не менее IP44.

Таблица 6.4 – Рекомендуемый выбор вида взрывозащиты или степени защиты оболочки электрических машин, стационарных аппаратов и светильников в зависимости от класса взрывоопасной зоны.

Класс зоны	Вид взрывозащиты или степень защиты оболочки электрооборудования
B-I; B-II	<b>Электрические машины напряжением до 10кВ.</b>
	Защита вида “d”; Защита вида “p” с автоматическим отключением при недопустимом снижении давления
B-Ia; B-Ir	Защита вида “p” с устройством сигнализации о недопустимом снижении давления; Защита вида “e”, искрящие части (например, кольца) должны быть заключены в оболочку взрывонепроницаемую или продуваемую под избыточным давлением; другие виды защит, соответствующие категориям и группе ВЗОС.

В-Іб; В-Іа	Без средств взрывозащиты (общего назначения). Машина и ее искрящие части должны быть заключены в оболочку со степенью защиты IP44 для зоны В-Іб и IP54 для В-Іа.
В-І; В-ІІ	<b>Стационарные электрические аппараты и приборы напряжением до 660В.</b> Защита вида “d”; Защита вида “р” с автоматическим отключением при недопустимом снижении давления; Защита вида “о” (заполнение оболочки с токоведущими частями маслом); Защита вида “q” (то же, кварцевым песком). Защита вида “s” (исключающая возможность воспламенения взрывоопасной смеси). Защита вида “i” (искробезопасная электрическая цепь при любом повреждении любых элементов системы, за исключением искробезопасных защитных элементов).
В-Іа; В-Іг	1. Для аппаратов и приборов – искрящих и подверженных нагреву по условиям работы выше 80°С: защита вида “р” с сигнализацией о недопустимом снижении давления; защита вида “е”; защита вида “о” или “q” (заполнение оболочки с токоведущими частями маслом или кварцевым песком). защита вида “i” (искробезопасная электрическая цепь в нормальном и аварийном режимах работы). 2. Для аппаратов и приборов – неискрящих и неподверженных нагреву выше 80°С – без средств взрывозащиты (общего назначения) в оболочке со степенью защиты IP54.
В-Іб; В-Іа	Без средств взрывозащиты (общего назначения) в оболочке со степенью защиты IP44 для зоны В-Іб и IP54 для зоны В-Іа.

Продолжение таблицы 6.4

Класс зоны	Вид взрывозащиты или степень защиты оболочки электрооборудования
В-І	<b>Стационарные электрические светильники</b> Защита вида “d”; Защита вида “s” (исключающая возможность воспламенения ВЗОС); Защита вида “i” (искробезопасная электрическая цепь при любом повреждении любых элементов системы, за исключением искробезопасных защитных элементов).
В-Іа; В-Іг; В-ІІ	Защита вида “е”; Защита вида “s” (исключающая возможность воспламенения ВЗОС); другие виды защит, соответствующие категории и группе ВЗОС.
В-Іб; В-Іа	Защита вида “i” (искробезопасная электрическая цепь при нормальном режиме работы); Без средств взрывозащиты (общего назначения), в оболочке со степенью защиты IP5X (степень защиты от проникновения воды определяется в зависимости от конкретных условий места установки светильника).

Таблица 6.5 - Электродвигатели, применяемые во взрывоопасных зонах (основное исполнение).

Тип электродвигателя, вид взрывозащиты	Серия	Мощность, кВт	Напряжение, В	Маркировка взрывозащиты по ГОСТ 12.2.020-76 и ПИВРЭ, ПИВЭ	Степень защиты оболочки	Климатическое исполнение и категория размещения	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8
Асинхронный с к.з. ротором, низковольтный, взрывонепроницаемая оболочка	ВА0 (1-9 габаритов)	0,75 ... 110	380, 660	ВЗГ (В4Г, В4Д)	IP54	У, Т (2,5)	Выпускаются только для ремонтных целей
	ВА0	132 ... 315	380, 660	ВЗГ (В4Г, В4Д)		У, Т (2,5)	
	ВА02	132 ... 315	380, 660	ТExdПВТ4		У, УХЛ, Т (2,5)	Замена предыдущих ВА0





	BA03	132 ... 315	380, 660, 380/660	1ExdIIBT4			Замена предыдущих BA02
	B	0,37 ... 110		B3T4 ( B4T4 – B B4T5 - B )			Взамен BA0
	2B	4,0 ... 110					Взамен B
	BACO	37 ... 90	380 и 660	1ExdIIBT4		У1, УХЛ1	Вертикальный
	BACO2	22 ... 75	380 и 660			У, УХЛ, Т (1)	Развитие BACO
	АИМ (АИМР, АИМС)	0,4 ... 110	220, 380, 660	1ExdIIBT4 (1ExdeIIBT4, 1ExdIIBT4/ 2ExdIICT4)		У, УХЛ, Т (2,5)	Взамен серии B, 2B
Асинхронный с к.з. ротором, высоковольтный, взрывонепроницаема я оболочка	BA0	200...1000	6000		IP54	У, Т (2,3,4)	
	BA02	200...2000	6000, 10000	1ExdIIBT4 (1ExdIICT5)	IP54		Заменил BA0
	2A3MB1	500...2000	6000	1ExdIIBT4	IP44	У5	Заменяется 4A3MB
	BA0B2	1250, 2000	6000, 10000		IP54	УХЛ4	Вертикальный
Асинхронный турбодвигатель с к.з. ротором, высоковольтный, продувка оболочки под избыточным давлением	АТД4	500...5000	6000	1ExpIIT5	IP44	УХЛ4	Для привода стационарных насосов, компрессоров и др.
Синхронный, продувка оболочки под избыточным давлением	СТДП	1250...12500	6000, 10000	 1ExpIIT5 B4T5 П	IP44	УХЛ4	
	СДКП2	800...5000					

Таблица 6.6 - Взрывозащищенные электрические аппараты.

Наименование аппарата	Серия	Маркировка взрывозащиты	Степень защиты оболочки	Климатическое исполнение и категория размещения	Номинальное напряжение, В		Номинальный или предельный ток, А		Примечание
					переменное	постоянное	переменный	постоянный	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Электромагнитный пускатель	ПМ 712А, 711А				220, 380		25,100, 250		максимальная защита и нулевая защита
	ПМ 722А, 721А							нулевая защита	
	ПМ 32	2ExdeIICT5			380		25		защита от токовых перегрузок
Тиристорный пускатель	ПТ	1ExdIIIBT5			380		16;40		защита от токов к.З. и перегрузок
Кнопочные посты управления	КУ-90	1ExdIIIBT5	IP54	У, Т, ХЛ (2,5)	380	110, 220	10	10,5	
	ПВ-К	1ExdIIAT6 1ExdIICT6 2ExdIIIBT6		У, Т (1...5)	660	440	10	10	
	КУ-700			У, ХЛ (2,5)	380		5		
Конечные (путевые выключатели)	ВКМ	1ExdIIIBT6		У, Т (1...5)	660		2,5		выпуск до 1988г. малогабаритный
	ВПВ	1ExdIIAT6 1ExdIICT6		У, Т, ХЛ (2,5)			10		Заменили ВКМ, малогабаритные
	ВП-700			У, ХЛ (2,5)	380	220	5	5	путевые
	ВК-700								конечные

Продолжение таблицы 6.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Переключатели	УП15800		IP54		380, 200	220, 110	20	20	коммутация силовых цепей и цепей КИПиА
Командоаппараты кулачковые	КА4800				380	220	10	10	для стационарных установок
Колонки управления	К-3Г				380		5		дистанционное управление электродвигателями до 1кВ и выше.

Таблица 6.7 - Технические характеристики взрывозащищенных светильников.

Тип светильника	Маркировка взрывозащиты	Степень защиты оболочки	климатическое исполнение, категория размещения	Класс взрывоопасной зоны	Наивысшая категория и группа ВЗОС	Номинальная мощность лампы, Вт	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8
ВЗГ-200 АМС	ВЗГ	IP54	У2, Т2	В-I, В-Ia, В-II, В-Iг (под навесом)	ПВТ4	200	Подвесной с лампой накаливания
ВЗГ/В4А-200 МС	ВЗГ/В4А				ПВТ4+Н <sub>2</sub>		
Н4БН-150	Н4Б		У1, Т1	В-Ia, В-II, В-Iг	ПСТ2	150	
Н4БН-300мА	Н4Б		У2, Т2	В-Ia, В-II, В-Iг (под навесом)	ПСТ2	300	
Н4Т4-Л			У3, Т3, УХЛ3	В-Ia, В-О	ПСТ4	1x80; 2x80	с люминесцентной лампой ЛБ80
Н4Т5-Л					ПСТ5	1x65; 2x65	с люминесцентной лампой ЛБ65
РСП25-125	1ExdIIIBT4		У1, Т1	В-I, В-Ia, В-II, В-Iг	ПВТ4	125	Подвесной с ртутной лампой ДРЛ

**Контрольные вопросы**

1. Как выбирается электрооборудование по климатическому исполнению и категории размещения.
2. Привести описание и маркировку степеней защиты оболочек (по ГОСТ 14254-80).

3. Привести допустимый уровень взрывозащиты или степень взрывозащиты оболочки электрических машин в зависимости от класса взрывоопасной зоны по ПУЭ.
4. Привести допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки электрических аппаратов в зависимости от класса зоны по ПУЭ, (для стационарных установок).
5. Привести допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки аппаратов и приборов (передвижные, переносные установки) в зависимости от класса зоны по ПУЭ.
6. Привести уровень взрывозащиты или степень защиты оболочек для светильников (стационарных) в зависимости от класса взрывоопасной зоны по ПУЭ.
7. Привести уровень взрывозащиты или степень защиты оболочек для светильников (переносных) в зависимости от класса взрывоопасной зоны по ПУЭ.
8. По каким критериям выбирается взрывозащищенное электрооборудование для газовой взрывоопасной среды.
9. По каким критериям выбирается взрывозащищенное электрооборудование для пылевоздушной взрывоопасной среды.
10. Определить маркировку взрывозащиты (по ПУЭ) электродвигателя для безопасной эксплуатации в зоне класса В-I, категория и группа взрывоопасной смеси ПА – ТЗ.
11. Определить маркировку взрывозащиты (по ПУЭ) электрического стационарного светильника для безопасной эксплуатации в зоне класса В-Ia, категория и группа взрывоопасной смеси ПС – ТЗ.
12. Определить маркировку взрывозащиты (по ПУЭ) магнитного пускателя для управления электродвигателем, зона класса В-Iг, вещество, образующее ВЗОС – спирт этиловый, установка передвижная.
13. Во взрывоопасной зоне используются в технологическом процессе вещества, каждое из которых в отдельности создает ВЗОС следующих категорий и групп: ПА-Т2; ПВ-Т3; ПС-Т1. Определить знак подгруппы и знак температурного класса в маркировке взрывозащиты ВЗЭО с видом взрывозащиты “d” для его безопасной эксплуатации.
14. Определить класс зоны, категорию и группу ВЗОС, в которой допустима эксплуатация электродвигателя, имеющего маркировку 2ExdIICT3.
15. Определить класс зоны и взрывоопасную среду, в которой допустима эксплуатация электродвигателя, имеющего маркировку EExer250°C(T2).
16. Определить класс зоны и взрывоопасную среду, в которой допустима эксплуатация стационарного светильника, имеющего маркировку взрывозащиты ВЗГ.
17. В какой взрывоопасной среде и зоне какого класса допускается эксплуатация магнитного пускателя (стационарная установка), имеющего маркировку взрывозащиты В4Т5 М.

## **7 МОНТАЖ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ**

### **7.1 Общие требования**

К монтажу взрывозащищенного электрооборудования допускается квалифицированный персонал (рабочие и ИТР), прошедшие соответствующую подготовку и аттестацию (см. гл. 9.1.)

Монтаж взрывозащищенного электрооборудования должен производиться в соответствии с рабочей документацией на электроустановку.

В рабочую документацию должны входить:

1. План взрывоопасных установок (помещений, зон, наружных установок) с расположением электрооборудования. При этом должны быть отражены следующие вопросы:
  - а) классы взрывоопасных зон и их границы (размеры) с указанием категории и группы взрывоопасных смесей, образующих взрывоопасную среду; а также, по возможности, наименование газов, паров ЛВЖ, пылей и волокон, участвующих в технологическом процессе;
  - б) привязки кабелей и электротехнических трубопроводов к осям или элементам конструкций зданий, привязки места выводов труб к фундаментам электрических машин, пусковым аппаратам и т.п.;

в) места установки водосборников на трубопроводах в сырых и особо сырых помещениях и (или) наружных зонах.

2. Чертежи ввода внешних проводников (кабелей и проводов) в электрооборудование и их прокладки во взрывоопасных установках в которых должны быть отражены:

а) решения по устройству проходов кабелей или электротехнических трубопроводов сквозь стены, перекрытия с указанием мест установки разделительных уплотнений, их типов и методов их испытаний;

б) решения по выполнению вводов кабелей и проводов в трубах в вводные устройства электродвигателей, аппаратов, светильников;

в) наименование антикоррозионных покрытий лотков, кабельных конструкций, труб, брони кабелей и т.д., стойких к окружающей среде во взрывоопасных зонах, имеющих химически активные среды.

3. Инструкции по монтажу и эксплуатации электрооборудования (изделия), в том числе особенности монтажа узлов, обеспечивающих взрывозащищенность.

4. Паспорта каждого изделия с указанием технических данных и маркировки взрывозащиты.

5. Монтажные и установочные чертежи изделий.

6. Указания по технике безопасности.

Кроме того, при монтаже электроустановок во взрывоопасных зонах следует руководствоваться требованиями ПУЭ, гл. 7.3, ПТЭ и ПТБ, гл. Э3.2, инструкцией по монтажу электрооборудования силовых и осветительных сетей взрывоопасных зон ВСН 332-74/ММСС СССР и другими нормативными документами, действующими в данной области.

Монтировать во взрывоопасных установках допускается электрооборудование, изготовленное в соответствии с национальными правилами изготовления взрывозащищенного электрооборудования и **имеющее** маркировку (знак) взрывозащищенности, соответствующую взрывоопасным условиям. Электрооборудование, которое не может быть выполнено по правилам изготовления взрывозащищенного электрооборудования (например, аппараты, встраиваемые в технологические установки), допускается применять во взрывоопасных установках при наличии мер и средств обеспечивающих безопасный уровень эксплуатации, и положительного заключения испытательной организации.

## 7.2 Предмонтажная подготовка

Перед отправкой в монтаж взрывозащищенное изделие должно пройти необходимую ревизию и регулировки.

**При внешнем осмотре** изделия необходимо проверить:

а) наличие маркировки (знака) взрывозащиты или данных о взрывозащищенности на оболочке электрооборудования и соответствие ее взрывоопасным условиям (класс зоны, категория и группа ВЗОС) согласно рабочему проекту на электроустановку.

б) целостность оболочки и ее покрытие.

На оболочке не допускаются вмятины, трещины, видимые механические и другие повреждения, которые могут появиться вследствие коррозии, неправильного хранения или заводского брака.

в) наличие и состояние внешних крепежных элементов (болтов, шайб, гаек и др. элементов).

Болты должны быть ввинчены до отказа и надежно крепить все съемные детали изделия. Их головки, как правило, должны быть защищены охранными кольцами или утоплены в потай. Резьба болтов (**и других резьбовых соединений**) не должна иметь вмятин и срезов.

г) наличие и состояние вводных устройств для внешних проводников (проводов или кабелей).

В вводных устройствах, как правило, для уплотнения кабелей и проводников применяются свинцовые и асбестовые набивки, резиновые кольца. Необходимо проверить их состояние. В ряде случаев в вводные устройства электрооборудования (импортного, например, английского) вводят гибкие кабели. Ряд фирм поставляет взрывозащищенное электрооборудование, которое не имеет уплотнений в месте ввода внешних проводников. В этом случае в месте ввода, как правило, предусматривается резьбовое отверстие (не менее 5 ниток резьбы) для подсоединения труб.

При таком вводе внешних проводников, независимо от исполнения по взрывозащите электрооборудования, при монтаже должен быть установлен разделительный фитинг.

- д) наличие и крепление заглушек в вводных устройствах, которые при работе не используются.
- е) наличие, состояние и работу блокировочных устройств.
- ж) целостность и надежность крепления смотровых стекол (если такие имеются). На поверхности стекол не допускается царапин, трещин, сколов, затемнения и других дефектов.
- з) состояние и работу органов управления.
- и) наличие и контрастность предупредительных знаков и надписей (например, “Открывать, отключив от сети”).
- к) наличие и состояние заземляющих зажимов. Каждое электрическое изделие, как правило, должно иметь не менее одного наружного и внутреннего заземляющего зажима. Зажимы, как правило, размещают на выступающих площадках или поверхностях, зачищенных до блеска и покрытых слоем антикоррозийной смазки.
- л) наличие и состояние средств защиты от воздействия окружающей среды.
- м) наличие фирменной (паспортной) таблички с электротехническими данными.

Кроме выполнения указанных выше требований, должны быть проверены основные параметры и средства, обеспечивающие взрывозащиту электрооборудования.

Отметим необходимые проверки, выполняемые для каждого вида взрывозащиты *без разборки* изделия.

**В изделии с видом взрывозащиты “d”** необходимо проверить допустимые по чертежу узлов взрывозащиты параметры взрывозащиты соединений, не требующих разборки (ширину щели S).

**В изделии с видом взрывозащиты “маслонаполненное”** необходимо проверить:

- а) нет ли течи масла;
- б) средства защиты от проникновения пыли и воды. Оболочка должна быть закрыта так, чтобы исключалась возможность проникновения пыли и воды. К находящимся под напряжением внутри оболочки частям возможен доступ только после снятия специальных запорных устройств;
- в) наличие отверстия для выхода газов и паров, образующихся внутри оболочки (это отверстие для слаботоочного электрооборудования может не предусматриваться);**
- г) наличие устройства для спуска масла. Это устройство должно быть плотным, защищенным от самопроизвольного ослабления специальными приспособлениями (кожух с малым объемом масла может не иметь этого устройства);
- д) наличие и состояние устройства для измерения температуры верхнего слоя масла. Эти устройства (например, металлическая гильза, закрываемая пробкой) предусматриваются, как правило, в оболочках силовых аппаратов. В аппаратах контрольных и вспомогательных цепей устройства для измерения температуры масла чаще всего отсутствуют;
- е) наличие и состояние указателя уровня масла. Минимально допустимый в эксплуатации уровень масла должен отмечаться указателем, который должен быть предохранен от механических повреждений и устроен так, чтобы уровень масла можно было определить, не открывая крышки масляного кожуха, т.е. снаружи. Минимально допустимый уровень масла должен быть обеспечен даже при повреждении указателя;
- ж) наличие защиты от расплескивания масла электрооборудования для передвижных установок;
- з) нанесение на оболочке аппаратов (на фирменной или специальной табличке), предназначенных для отключения цепей при возникновении токов короткого замыкания, допустимой величины этого тока;
- и) минимально допустимый уровень масла (в холодном состоянии) – по указателю уровня масла.

**В изделии с видом взрывозащиты “продуваемое под избыточным давлением”** необходимо проверить:

- а) продуваемость всех электрических частей под избыточным давлением чистого воздуха (или инертного газа).

Для частей, которые не продуваются воздухом, необходимо выполнить соответствующие проверки в зависимости от вида их взрывозащиты.

Нормально искрящие части электрооборудования, продуваемого под избыточным давлением, как правило, выполняются в том же исполнении, что и основная часть, т.е. продуваемом, и реже во взрывонепроницаемом или маслonaполненном исполнении.

Вводные коробки, которые не продуваются, как правило изготавливаются в исполнении повышенной надежности против взрыва;

б) состояние оболочки изделия. Продуваемые оболочки должны обладать механической прочностью и плотно закрывать части, находящиеся под напряжением, чтобы исключить подсос взрывоопасной среды внутрь продуваемой системы. В соединениях должны быть предусмотрены уплотняющие средства;

в) наличие и состояние средств контроля избыточного давления внутри продуваемой системы.

Эти средства должны обеспечивать автоматическое отключение электрооборудования при падении давления ниже допустимой (по паспорту изделия) величины в оболочке (или воздуховоде) при использовании изделия в зонах класса В-I и В-II; или автоматическое включение сигнализации при использовании изделия в зонах классов В-Ia, В-IIa.

г) наличие и согласование блокировочных устройств. Электрооборудование должно иметь блокировку, при которой включение его возможно только после продувки воздухом (или инертным газом) объемом не менее пятикратной емкости оболочки и воздухопроводов. Дверцы (или крышки) кожухов должны иметь блокировку, препятствующую их открыванию при включенном электрооборудовании, либо открывание их должно производиться с помощью специальных ключей (при снятом напряжении).

д) наличие и состояние охладителей для электрооборудования с нагреваемыми элементами, продуваемого по замкнутому циклу вентиляции. Температура нагреваемых элементов и воды охладителей должна контролироваться приборами.

***В изделии с видом взрывозащиты “повышенная надежность против взрыва” необходимо проверить:***

а) наличие и состояние прокладок, предусмотренных конструкцией. Защитные средства должны исключать проникновение внутрь оболочки воды и пыли. Наиболее распространенным средством пыленепроницаемости соединений является, как правило, приклеенная резиновая прокладка;

б) качество соединений токоведущих частей. Неизолированные неискрящие токоведущие части (например, контактные зажимы), размещенные на клеммных колодках или изоляторах, выполненных из изоляционного материала, не должны иметь смещений, могущих привести к короткому замыканию. Поэтому при осмотре следует с особенной тщательностью проверить состояние неизолированных частей. Расстояние утечки и электрические зазоры должны соответствовать указанным на чертеже узлов взрывозащиты;

в) состояние электроизоляционных материалов. Изоляция токоведущих частей не должна иметь трещин, вмятин и других повреждений. Следует подчеркнуть, что важнейшим фактором, обеспечивающим надежность эксплуатации электрооборудования повышенной надежности против взрыва, является контроль теплового режима. Поэтому следует особое внимание обратить на значение  $t_{\text{доп}}$ , являющегося исходным (обязательным) для отстройки защитных устройств от перегрузки (пускателей, автоматических выключателей).

***В изделии с видом взрывозащиты “искробезопасная электрическая цепь” необходимо проверить:***

а) комплектность изделия;

б) наличие надписей, свидетельствующих о принадлежности отдельных блоков (узлов) к единому комплекту;

в) наличие защитной крышки (экрана) и маркировки на искробезопасных зажимах, а также кожухов на элементах искробезопасных схем (если это предусмотрено конструкцией);

г) наличие и состояние пломбировочных устройств или других подобных средств;

д) внешнее соединения приборов, входящих в комплект изделия; марку и допустимую длину кабелей или проводов, указанных в инструкции по монтажу и эксплуатации;

е) наличие и состояние ограничительных и шунтирующих элементов и узлов, в которые входят эти элементы (если это возможно).



**В изделии с видом взрывозащиты “специальное” и “кварцезаполненное” необходимо проверить:**

- а) наличие и качество наполнителя; высоту защитного слоя наполнителя (например, кварцевого песка) от электрических частей. Толщина взрывозащитного слоя указывается в инструкции по монтажу и эксплуатации. Для визуального контроля толщины слоя могут применяться специальные смотровые окна.
- б) качество заливки твердыми наполнителями (смолами). Токоведущие части не должны выступать над поверхностью наполнителя. Не допускаются трещины, усадка, выпучивание и другие дефекты.
- в) состояние защитных элементов (уплотнений), препятствующих проникновению внутрь оболочки пыли и воды.

Кроме рассмотренных предмонтажных проверок взрывозащищенного электрооборудования практически без его разборки, в ряде случаев выполняют ревизию изделий с их частичной разборкой. Рассмотрим требования ревизии на примере электрических аппаратов.

**Электрические аппараты** перед монтажом проверяют на соответствие проекту, типу, маркировки взрывозащиты, очищают от пыли и консервации. **Без вскрытия** визуально проверяют целостность оболочки, наличие крепежных элементов, маркировки взрывозащиты и предупредительных надписей “Открывать, отключив от сети”.

**При вскрытии** проверяют:

- а) наличие уплотнительных прокладок крышек и бачков, резиновых уплотнительных колец для кабелей и проводов, заглушек в резиновых кольцах у неиспользованных вводов;
- б) отсутствие царапин, трещин, вмятин и других дефектов на взрывозащитных поверхностях деталей, подвергаемых разборке;
- в) целостность внутренних и наружных зажимов и знаков заземления;
- г) соответствие диаметров проходных отверстий вводных устройств диаметрам вводимых кабелей, предусмотренных в рабочем проекте: по наружному ПВХ покрытию поверх брони или оболочке бронированных и небронированных кабелей без наружного ПВХ покрытия;
- д) для пускателей – свободное передвижение подвижной системы силовых и блокировочных контактов, а также контактов ключей местного управления, установленных на корпусе пускателя. В замкнутом положении силовые контакты должны иметь одновременное линейное касание без просвета по ширине (добиваться плоского касания по всей площади контактной поверхности не следует). В случае неисправности – контактные поверхности зачищают.
- е) усилие нажатия главных силовых контактов пускателей, провалы при их включенном положении, зазоры при отключенном положении, а также зазоры магнитной системы пускателей.

У маслонаполненных аппаратов в случае загрязнения внутренней части бачков для масла промывают их бензином, вытирают и просушивают.

Аппараты, прошедшие ревизию и регулировку, закрепляют на конструкциях (блоках) и укомплектовывают деталями для крепления труб или кабелей, а также кожухами для защиты кабелей на высоте до двух метров.

Производить разборку электродвигателей перед монтажом не требуется если не обнаружен обрыв обмоток и сопротивление их изоляции по отношению к корпусу, замеренное мегаомметром на 1кВ, будет не ниже: для электродвигателей на напряжение до 380В – 0,5МОм; на напряжение 660В – 0,7МОм. У электродвигателей на напряжение 6кВ сопротивление изоляции обмоток измеряют мегаомметром на 2,5кВ; при этом сопротивление должно быть не ниже 6МОм. Если сопротивление изоляции обмоток ниже указанных значений, необходимо произвести сушку обмоток (Данные соответствуют СНиП 3.05.06-85 «Электрические устройства» Госстроя России).

### **7.3 Электропроводки, токопроводы и кабельные линии во взрывоопасных зонах.**

Электрические сети во взрывоопасных зонах всех классов должны выполняться изолированными проводниками.

Применение голых (неизолированных) проводов, в том числе для токопроводов (троллеев) к кранам, тельферам и т.п., запрещено.

В зонах классов В-I и В-Iа жилы проводов и кабелей должны быть медными; в зонах классов В-Iб, В-Iг, В-II, В-IIа допускается использование алюминиевых жил.

Провода и кабели с полиэтиленовой изоляцией и оболочкой во взрывоопасных зонах всех классов применять запрещается.

Во взрывоопасных зонах всех классов могут применяться:

- а) провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией;
- б) кабели с резиновой, бумажной (кроме групповых осветительных сетей), поливинилхлоридной изоляцией в резиновой, поливинилхлоридной и металлической оболочках в сетях до 1000В; только с бумажной изоляцией – в сетях выше 1000 В.

В зонах классов В-I и В-Iа применение кабелей в алюминиевой оболочке запрещено, в остальных – допускается.

Таблица 7.1 - Марки кабелей для открытой прокладки во взрывоопасных зонах

Марка кабеля	Классы взрывоопасных зон					
	В-I	В-Ia	В-Iб	В-Iг	В-II	В-IIa
<u>Кабели в силовых сетях для стационарных установок выше 1000 В.</u>						
СБГУ	Р	Р	Д	Д	Д	Д
ААБнлГ, АСБГУ, ААБлГУ	-	-	Р	Р	Р	Р
ААШвУнг	-	-	Д	Р	Д	Д
<u>Кабели в силовых сетях для стационарных установок до 1000 В.</u>						
ВБбШв, ВРБГз, СБГУ	Р	Р	Д	Д	Д	Д
АВВГз, АВРГз	-	-	Р	Р	-	Р
АСШвУ, АСГУ, ААГУ	-	-	Р	-	-	Р
АВБбШв	-	-	Д	Р	Р	Д
АВРБГз, АСБГУ	-	-	Д	Д	Р	Д
ААШвУнг	-	-	Д	Р	Д	Д
<u>Осветительные сети</u>						
ВВГз, ВРГз, НРГз	-	Р	Д	Д	-	Д
АВВГз, АВРГз, ААРГз	-	-	Р	Р	-	Р
ВБВ	Р	Р	Д	Д	Д	Д
АВБВ	-	-	Р	Р	Р	Р
<u>Вторичные цепи до 1000В</u>						
КВБбШв, КВВБГ, КРНБГ	Р	Р	Д	Д	Д	Д
АКВВГз, АКВВГ, АКРНГ	-	-	Р	Р	Д	Р
АКВБбШв, АКВВБГ, АКРНБГ	-	-	Д	Д	Р	Д
<u>Сети передвижных установок до 1000 В</u>						
КПГСН, КПГС	Р	Р	Р	Р	Р	Р
КПГН	Д	Р	Р	Р	Р	Р
КГН, КГ	-	Д	Р	Д	Д	Р

Примечание к таблице 7.1:

- 1) Условные обозначения: Р – рекомендуется; Д – допускается; «-» запрещено применение;
- 2) Марки кабелей расположены в порядке их предпочтительного применения;
- 3) Кабели, предназначенные для применения в зонах высших классов, с учётом технико-экономической целесообразности допускается применять в зонах низших классов.
- 4) Трёх- и четырехжильные кабели должны иметь в сечении круглую форму.
- 5) Для искробезопасных цепей управления применяют те же марки кабелей, что и для силовых цепей. При количестве жил в кабеле более четырех рекомендуется применять кабели марок НРШМ, НГРШМ.
- 6) Кабели ВБВ и АВБВ в настоящее время не выпускаются.

Таблица 7.2 - Допустимые способы прокладки кабелей и проводов во взрывоопасных зонах <sup>1)</sup>

Кабели, провода	Способ прокладки	Сети выше 1кВ	Силовые сети и вторичные цепи до 1кВ	Осветительные сети до 380 В	
Бронированные кабели	<u>Открыто</u> <sup>3)</sup> : по стенам и строительным конструкциям на скобах и кабельных конструкциях; в коробах, на лотках, на тросах, кабельных и технологических эстакадах; в каналах. <u>Скрыто</u> <sup>4)</sup> : в земле (траншеях), в блоках.	В зонах любого класса <sup>2)</sup>			
Небронированные кабели в резиновой, поливинилхлоридной и металлической оболочках.	<u>Открыто</u> : - при отсутствии механических и химических воздействий; по стенам и строительным конструкциям на скобах и кабельных конструкциях; в лотках; на тросах.	B-Iб B-Iг B-IIа	B-Iб B-Iг B-IIа	B-Iа B-Iб B-Iг B-IIа	
	<u>Открыто</u> : - в коробах	B-Iб B-Iг	B-Iа B-Iб B-Iг	B-Iа B-Iб B-Iг	
	<u>В каналах пылеуплотнённых</u> (например покрытых асфальтом), или засыпанных песком	B-II B-IIа	B-II B-IIа	B-II B-IIа	
	<u>В трубах</u> стальных водопроводных - открыто и скрыто	В зонах любого класса			
Изолированные провода	<u>В трубах</u> стальных водопроводных - открыто и скрыто	В зонах любого класса			

Примечания к таблице 7.2.:

1) Для искробезопасных цепей во взрывоопасных зонах любого класса разрешаются все перечисленные способы прокладки проводов и кабелей.

2) В зонах классов В-II и В-IIа целесообразно избегать применения лотков и коробов, а бронированные кабели прокладывать на кабельных конструкциях, имеющих узкие горизонтальные поверхности и установленным на ребро на расстоянии от стены не менее 20 мм. Вызвано это тем, что в процессе эксплуатации технологических установок в указанных зонах на лотках и коробах скапливается взрывоопасная пыль, которую трудно удалять. Кроме того, бронированные кабели не требуют, как правило, дополнительной механической защиты, которую выполняют короба.

3) **Открытая электропроводка** – проложенная на поверхности стен, потолков, по фермам и другим строительным элементам зданий, сооружений, по опорам и т.д. При открытой проводке используются следующие способы прокладки проводов и кабелей: по поверхности стен, потолков и т.п., на струнах, тросах, роликах, в трубах, коробах, рукавах, на лотках, свободной подвеской и т.п.

4) **Скрытая электропроводка** – проложенная внутри конструктивных элементов зданий, сооружений (в стенах, полах, фундаментах, перекрытиях), а также по перекрытиям в подготовке пола, под съемным полом и т.п. При скрытой проводке применяются следующие способы прокладки проводов, кабелей: в трубах, металлорукавах, коробах, замкнутых каналах и пустотах строительных конструкций, под штукатуркой и т.п.

Нулевые проводники, как рабочие так и защитные (заземляющие) должны иметь изоляцию, равноценную изоляции фазных проводников.

Марки кабелей, рекомендуемые для применения в электрических сетях во взрывоопасных зонах, приведены в таблице 7.1.

Способы прокладки кабелей и проводов во взрывоопасных зонах приведены в таблице 7.2.

Кабели, прокладываемые во взрывоопасных зонах любого класса открыто, не должны иметь наружных покровов и покрытий из горючих материалов (джута, битума, хлопчатобумажной оплетки и т.д.).

Через взрывоопасные зоны любого класса запрещается прокладывать не относящиеся к ним (транзитные) электропроводки и кабельные линии всех напряжений.

Токопроводы к электрическим кранам, тельферам и другим передвижным механизмам, расположенным во взрывоопасных зонах любого класса, должны выполняться переносным гибким кабелем, с медными жилами, с резиновой изоляцией, в резиновой маслобензостойкой оболочке, не распространяющей горение.

1. Кабели для стационарной прокладки – по ГОСТ 24180-80.

2. Подвод к электродвигателям, установленным на виброизолирующих основаниях (приводы кондиционеров, газодувки), а также различным передвижным механизмам:

- кабели с медными гибкими жилами;

- применение любых проводов с медными жилами, проложенными в стальных трубах с переходом на любые отечественные металлорукава, либо рукава резиновые напорные с текстильным каркасом не допускается;

- для импортного электрооборудования со специальными взрывонепроницаемыми гибкими трубами (вводами) – в стальных трубах с переходом на эти вводы с установкой разделительного фитинга (только для двигателей, установленных на виброизолирующих основаниях);

- в зонах классов, где допускается использование кабелей с алюминиевыми жилами (кроме В-I и В-IIа) переход их на кабели с медными жилами, должен осуществляться в клеммных коробках. Учитывая ограниченную номенклатуру взрывозащищенных коробок, рекомендуется пользоваться следующими:

а) при номинальных токах электродвигателей до 16А в зонах В-Iг, В-Iб, В-IIа могут применяться коробки У614А, У615А, КЗН; а притоках до 25А – коробки типа КП;

б) во всех остальных случаях, в т.ч. и для подключения двигателей в зонах класса В-II, если это экономически оправдано, переходные клеммные коробки (или ящики) должны устанавливаться вне взрывоопасных зон;

в) при отсутствии такой возможности весь подвод к электродвигателям, установленным на виброизолирующих основаниях, в указанных зонах должен выполняться кабелями с медными жилами.

**Шинопроводы** во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Iг, В-II и В-IIа применять запрещается. В зонах классов В-Iа, В-Iб допускается применять шинопроводы с изолированными шинами в металлическом кожухе со степенью защиты не менее IP31. В зонах класса В-Iа шины должны быть медными; в зонах класса В-Iб шины могут быть алюминиевыми. Неразъемные соединения шин должны быть выполнены сваркой или опрессовкой, а разъемные (например, в месте присоединения шин к аппаратам и между секциями) должны быть снабжены приспособлениями, исключающими самоотвинчивание болтов.

Открытие защитных кожухов шинопроводов – только специальными (торцевыми) ключами.

**Сечение проводников** во взрывоопасных зонах всех классов в сетях напряжением до 1кВ выбирают по длительно допустимым токам нагрузки, значения которых определяют в зависимости от вида защитного аппарата (таблица 7.3). Выбранное сечение не должно быть меньше, чем это требуется по расчетному току. Сечения ответвлений к электродвигателям с короткозамкнутым ротором должны выбираться с таким расчетом, чтобы они допускали нагрузку не менее 125% номинального тока электродвигателя.

Таблица 7.3 - Допустимая продолжительная нагрузка проводов и кабелей.

Защищаемый аппарат	Допустимый продолжительный ток, % номинального тока плавкой вставки или тока трогания расцепителя	
	Провода и кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией	Кабели с бумажной изоляцией
Предохранители с плавкими вставками	125	100
Автоматические выключатели с расцепителями	125	100
а) максимальным мгновенным	100	100
б) с обратнозависимой от тока нерегулируемой характеристикой	100	80
в) то же, но регулируемой		

Сечение жил проводов и кабелей в силовых и осветительных сетях взрывоопасных зон должно быть не менее 1,5 мм<sup>2</sup> для медных жил и 2,5 мм<sup>2</sup> - для алюминиевых; во вторичных цепях – не менее 1,0 мм<sup>2</sup> для медных и 2,5 мм<sup>2</sup> для алюминиевых жил.

При выборе сечения кабелей необходимо учитывать снижающие коэффициенты, зависящие от количества кабелей в группе.

Питающие линии и присоединенные к ним электроприемники (в том числе и ответвления к электродвигателям с короткозамкнутым ротором) в сетях напряжением до 1кВ во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Iа, В-II и В-IIа должны быть защищены от перегрузок и коротких замыканий. В зонах классов В-Iб, В-Iг защита проводников выполняется так, как для невзрывоопасных зон, т.е. только от коротких замыканий.

В двухпроводных линиях с нулевым рабочим проводником (например, в осветительных сетях напряжением 380 / 220В), прокладываемых в зонах класса В-I, защищают от токов короткого замыкания как фазный, так и нулевой рабочий проводники. Для одновременного отключения фазного и нулевого рабочего проводников должны применяться двухполюсные выключатели.

Защита от перегрузки питающих линий и присоединенных к ним электроприемников в сетях напряжением выше 1кВ в зонах всех классов выполняется во всех случаях, независимо от мощности электроприемников. Защита от многофазных коротких замыканий и перегрузки должна быть двухрейлейной.

Кабели в сетях напряжением выше 1кВ во взрывоопасных зонах должны быть проверены по нагреву токами короткого замыкания.

**В осветительных сетях** помещений с взрывоопасными зонами классов В-I разрешается прокладывать только ответвления от групповых линий. Прокладка самих групповых линий в зонах класса В-I запрещена.

В помещениях с взрывоопасными зонами классов В-Iа, В-Iб, В-II, В-IIа рекомендуется групповые линии осветительной сети прокладывать вне взрывоопасных зон. В случае затруднений в выполнении этой рекомендации их прокладывают в зонах В-Iа, В-Iб, В-II, В-IIа, но при этом количество соединительных и ответвительных коробок, устанавливаемых внутри взрывоопасных зон, должно быть по возможности минимальным.

Соединительные, ответвительные и проходные коробки для электропроводок должны отвечать требованиям таблицы 7.4 (в таблице 7.5 приведены характеристики отечественных указанных коробок).

Таблица 7.4 - Исполнение соединительных и разветвительных коробок, применяемых во взрывоопасных зонах.

Класс зоны	Вид взрывозащиты или степень защиты коробок
В-I	Взрывобезопасное, соответствующее категории и группе ВЗОС
В-Iа, В-Iг	Повышенная надёжность против взрыва. Для осветительных сетей – нормальное, IP65
В-Iб, В-IIа	Нормальное исполнение (без средств взрывозащиты), IP54 (допускается IP44).
В-II	Взрывобезопасное, вид “d”.

Таблица 7.5 – Типы коробок, применяемые в электроустановках во взрывоопасных зонах.

Тип, серия	Маркировка по взрывозащите	Степень защиты оболочки	Классы взрывоопасных зон	Примечание
1	2	3	4	5
У409	-	IP65	В-Iа, В-Iб, В-Iг, В-IIа	Сети освещения
У614А, У615А	-	IP54	то же	Силовые и вторичные цепи до 16А
КЗН	-	IP65	то же	то же до 25А

Продолжение таблицы 7.5

1	2	3	4	5
В 	В4Т5 В		все классы	В силовых и вторичных цепях только для протяжки и ответвлений, соединение жил не допускается
КП	2ExeIIТ5	IP65	В-Iа, В-Iб, В-Iг, В-IIа	Силовые и вторичные цепи, ток 25А
КОР73, КОР74	-	IP55	В-Iб, В-IIа	Пластмассовые
У994-У996	-	IP54	В-Iб, В-IIа	Металлические
К654-К658	-	IP54	В-Iб, В-IIа	Металлические

КП, КТ	-	IP54	В-Іб, В-Іа	Металлические литые
--------	---	------	------------	---------------------

Примечание к таблице 7.5.

1) Коробки серии В выпускаются следующих типов: КПД – проходная через дно; КТД – Тройниковая с ответвлением в дно; КПП – проходная прямая; КТО - Тройниковая ответвительная; ККО – крестовая ответвительная.

2) Серия В содержит также разделительные коробки: КПЛ – проходная разделительная для локальных испытаний; КПр – для выполнения разделительных уплотнений (аналогично - ФПЗ).

3) Коробки серии В – ранее фитинги серии «Ф».

*При электропроводах в стальных трубах* ввод проводов в машину, аппарат или светильник должен выполняться совместно с трубой.

*Запрещается* ввод трубных проводок в машину, аппарат или светильник, если их вводные устройства предназначены для ввода кабеля.

**В трубе на вводе в вводное устройство электрооборудования устанавливают разделительное уплотнение** из уплотнительной пасты, ограничивающее распространение взрыва по трубопроводу при воспламенении проникших извне в оболочку машины (аппарата, светильника) взрывоопасной смеси. Если в конструкции вводного устройства такое уплотнение уже предусмотрено, дополнительного уплотнения устанавливать не требуется.

В целях ограничения распространения по трубопроводу взрыва попавших туда и воспламенившихся взрывоопасных смесей и недопущения передачи взрыва в соседние помещения во взрывоопасных зонах классов В-І и В-Іа при переходе труб из взрывоопасного помещения в невзрывоопасное, а также во взрывоопасное другого класса, с другой категорией или группой взрывоопасной смеси, или наружу, труба с проводами в местах прохода через стену должна иметь разделительное уплотнение.

Разделительные уплотнения не ставятся, если труба с кабелем выходит наружу и кабели далее прокладываются открыто; если труба служит для защиты кабеля в местах возможных механических повреждений (воздействий) и оба конца ее находятся в пределах одной взрывоопасной зоны.

Во взрывоопасных зонах классов В-Іб, В-ІІ, В-Іа установка разделительных уплотнений не требуется.

Разделительные уплотнения выполняют в специально для этой цели предназначенных коробках (например, типа КПЛ, КПр (ФПЗ) – смотри примечание к таблице 7.5), заполняя их специальным составом, например, УС-65. Использовать для этой цели коробки, не предназначенные для разделительных уплотнений (например, соединительные или ответвительные), запрещается.

Разделительные уплотнения устанавливаются:

- а) в непосредственной близости, но не более 200мм от места входа трубы во взрывоопасную зону – со стороны взрывоопасной зоны;
- б) при переходе трубы из взрывоопасной зоны одного класса во взрывоопасную зону другого класса – в помещении взрывоопасной зоны более высокого класса;
- в) при переходе трубы из одной взрывоопасной зоны в другую такого же класса – в помещении взрывоопасной зоны с более высокими категорией и группой взрывоопасной смеси.

Допускается установка разделительных уплотнений со стороны невзрывоопасной зоны или снаружи, если во взрывоопасной зоне их установка невозможна;

- г) при вводе трубопроводов во вводные устройства электрических машин, аппаратов, светильников, если они не имеют специальных сальниковых уплотнений (на расстоянии не более 120мм от места ввода трубы во взрывозащищенное электрооборудование).

Разделительные уплотнения в коробках КПЛ испытывают на плотность сжатым воздухом избыточным давлением 250кПа (около 2,5 атм.) в течении 3 минут. Если за это время давление в коробке упадет не ниже 200кПа, уплотнение считается выдержавшим испытание. При локальных испытаниях разделительных уплотнений трубопроводы давлением не испытывают. Взрывозащищенные светильники, аппараты, электродвигатели, включая вводные устройства, испытанию давлением не подлежат.



При установке разделительных уплотнений в коробках КПР (ФПЗ) испытывают на плотность весь трубопровод. Испытание в зоне класса В-I выполняют сжатым воздухом давлением 250 кПа, в зонах класса В-Ia – давлением 50 кПа. Если в течении 3 мин давление в трубопроводе упадет не более, чем на 50%, трубопровод может быть принят в эксплуатацию.

#### **Кабельные электропроводки.**

Во взрывоопасных зонах всех классов устанавливать соединительные и ответвительные кабельные муфты запрещается (за исключением искробезопасных цепей).

Длину кабелей, прокладываемых во взрывоопасных зонах в сетях напряжением выше 1кВ, по возможности ограничивают.

**Ввод кабелей** в электрические машины и аппараты должен выполняться через имеющиеся в них вводные устройства. Места вводов уплотняют: в зонах классов В-I - кабельной массой, в зонах остальных классов – сухими заделками, или резиновым кольцом, предусмотренном в конструкции вводного устройства.

Для машин большой мощности, в которых не предусмотрены вводные муфты, допускается в зонах классов В-Ia, В-IIa концевые заделки кабелей устанавливать в шкафах со степенью защиты IP54. Шкафы располагают в местах доступных лишь для обслуживающего персонала и изолированных от взрывоопасной зоны (например, в фундаментной яме машины).

Проходы одиночных кабелей сквозь внутренние стены и междуэтажные перекрытия в зонах классов В-I, В-Ia, В-II выполняются в отрезках газопроводных труб, заделанных цементным раствором.

Зазор между трубой и кабелем должен быть заделан на глубину 100-120 мм от конца трубы уплотнительным составом (например, УС-65), заполняемым между двумя кольцевыми набивками асбестового шнура толщиной 10-20 мм. При этом отношение диаметра кабеля к внутреннему диаметру трубы должно быть равно или меньше 0,5.

Для надежного уплотнения бронированного кабеля на участке прохода его через стену броня снимается; при этом заземляющие (зануляющие) проводники припаиваются к броне с двух сторон прохода и присоединяются к болтам на трубах для создания непрерывности цепи заземления (зануления) брони.

Во взрывоопасных зонах класса В-I набивку следует выполнять с обеих сторон стены, а в зонах классов В-Ia и В-II – со стороны взрывоопасной зоны. Вместо специального состава для уплотнения кабелей в трубе допускается применять стандартные трубные сальники.

При этом в зонах класса В-I сальники следует устанавливать с обеих сторон прохода.

Проходы кабелей до пяти штук сквозь внутренние стены взрывоопасных зон классов В-I, В-Ia, В-II рекомендуется выполнять аналогично проходам одиночных кабелей в отрезках водогазопроводных труб, предварительно приваренных к металлическим рамам.

Проходы группы кабелей более пяти штук сквозь внутренние стены взрывоопасных зон выполняются в специальных кабельных коробах, заполняемых песком.

Проходы кабелей в отрезках водогазопроводных труб сквозь стены и перекрытия во взрывоопасных зонах классов В-Iб, В-IIa могут выполняться с уплотнением кабелей набивкой в трубу (на глубину 120-150 мм) легкопробиваемых негорючих составов.

Проходы кабелей сквозь наружные стены взрывоопасных зон всех классов выполняются с применением съемных (разборных) плит, устанавливаемых с обеих сторон проема. Пространство между плитами заполняется теплоизолирующими материалами.

Если во взрывоопасной зоне кабель проложен в стальной трубе, то при переходе трубы из этой зоны в невзрывоопасную зону или в помещение с взрывоопасной зоной другого класса либо с другой категорией и группой ВЗОС труба с кабелем в месте перехода через стену должна иметь разделительное уплотнение, выполненное в соответствии с требованиями, приведенными выше для разделительных уплотнений защитных труб.

#### **7.4 Зануление, заземление и защитное отключение электроустановок во взрывоопасных зонах.**

Для защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции в электроустановках во взрывоопасных зонах применяются: заземление, зануление, защитное отключение, выравнивание потенциалов.

**Заземлитель** – проводник (электрод) или совокупность металлических соединенных между собой электродов, находящихся в соприкосновении с землей (совокупность заземлителей и заземляющих проводников называется **заземляющим устройством**).

**Заземление** – преднамеренное электрическое соединение любой установки или ее части с заземляющим устройством.

**Защитное заземление** – заземление частей электроустановки с целью обеспечения электробезопасности.

**Рабочее заземление** – заземление какой-либо точки токоведущих частей электроустановки, необходимое для обеспечения работы электроустановки.

**Зануление** в электроустановках до 1кВ – преднамеренное соединение частей электроустановки, нормально не находящихся под напряжением, с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной средней точкой источника в сетях постоянного тока.

**Глухозаземленная нейтраль** – нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная к заземляющему устройству непосредственно (или через трансформаторы тока).

**Изолированная нейтраль** – нейтраль трансформатора, генератора, не присоединенная к заземляющему устройству (допускается присоединять через приборы с большим сопротивлением).

**Заземляющий проводник** – проводник, соединяющий заземляющие части с заземлителем.

**Нулевой защитный проводник** – проводник, соединенный с глухозаземленной нейтралью.

**Магистраль заземления или зануления** – соответственно заземляющий или нулевой защитный проводник с двумя и более ответвлениями.

**Защитное отключение** – в электроустановках до 1кВ автоматическое отключение всех фаз (полюсов) участка сети при замыканиях на корпус или снижении уровня изоляции ниже определенного значения.

**Пробивной предохранитель** – устанавливается в нейтрали или фазе на стороне низшего напряжения каждого трансформатора для защиты от опасности повреждения изоляции между витками высшего и низшего напряжения. Должен быть предусмотрен контроль за его целостностью.

**Уравнивание потенциалов** – присоединение к сети заземления или зануления строительных и производственных конструкций, стационарно проложенных всех трубопроводов, металлических корпусов технологического оборудования, рельсовых путей и т.п. (естественные контакты в сочленениях являются достаточными).

Электроустановки напряжением до 1кВ во взрывоопасных зонах любого класса могут выполняться как с глухозаземленной, так и с изолированной нейтралью.

Во взрывоопасных зонах любого класса подлежат занулению (заземлению), все элементы электроустановки при **всех** напряжениях переменного и постоянного тока, включая установленные на зануленных (заземленных) металлических конструкциях, нормально не находящихся под напряжением и в которых применяется защитное отключение. Элементы, находящиеся внутри зануленных (заземленных) шкафов, ящиков и т.п., повторно занулять (заземлять) нет необходимости.

Во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Ia, В-II рекомендуется применять защитное отключение; во взрывоопасных зонах всех классов должно быть выполнено уравнивание потенциалов.

В качестве нулевых защитных и заземляющих проводников должны применяться проводники, специально для этого предназначенные. Использование строительных металлических конструкций, стальных труб электропроводки, металлических оболочек кабелей и т.п. допускается как дополнительное мероприятие.

**В электроустановках напряжением до 1кВ с глухозаземленной нейтралью зануление осуществляют:**

- а) в силовых сетях с использованием отдельной жилы кабеля или отдельного провода;
- б) в осветительных сетях – отдельным проводником, прокладываемым от светильника и присоединяемым к нулевому рабочему проводнику в ближайшей ответвительной коробке (во взрывоопасной зоне класса В-I присоединение к нулевому рабочему проводнику должно выполняться в ближайшем групповом щитке);
- в) нулевые защитные проводники во всех зонах должны быть проложены в общих оболочках, трубах, коробах, пучках с фазными проводами;
- г) вне взрывоопасной зоны на участке от щита, сборки распределительного пункта РУ, ТП в качестве нулевого защитного проводника допускается использовать алюминиевую оболочку питающих кабелей.

Для обеспечения автоматического отключения аварийного участка при замыкании на корпус или на нулевой защитный проводник проводимость фазных и защитных проводников должна быть такой, чтобы возникающий ток короткого замыкания превышал не менее чем:

- **в 4 раза** номинальный ток плавкой вставки ближайшего предохранителя;
- **в 6 раз** ток расцепителя автоматического выключателя, имеющего обратнозависимую от тока характеристику;
- **в 1,4 раза** ток уставки автоматического выключателя только с электромагнитным расцепителем (отсечкой) при номинальном токе автоматического выключателя до 100А;
- **в 1,2 раза** – при номинальном токе такого выключателя более 100А.

Во всех случаях полная проводимость нулевого защитного проводника должна быть не менее 50% проводимости фазного проводника.

Расчетная проверка полного сопротивления петли “фаза - нуль” в электроустановках напряжением до 1кВ с глухозаземленной нейтралью должна предусматриваться для всех электроприемников, расположенных во взрывоопасных зонах классов В-I и В-II, и выборочно (но не менее 10% общего количества) для электроприемников, расположенных в зонах классов В-Iа, В-Iб, В-Iг и В-IIа и имеющих наибольшее сопротивление петли “фаза-нуль”.

Применение в электроустановках до 1кВ с глухозаземленной нейтралью заземления корпусов электроприемников без их зануления не допускается.

**В электроустановках с изолированной нейтралью напряжением до 1кВ и выше выполняется заземление**, причем, для всех классов зон:

- а) заземляющий проводник допускается прокладывать как в общей оболочке с фазными проводниками, так и отдельно от них;
- б) сечения заземляющих проводников должно составлять не менее 1/3 сечения фазных, а при проводниках из разных металлов – не менее 1/3 проводимости фазных проводников, при этом не требуется применения проводников сечением более: 25мм<sup>2</sup> – медных; 35мм<sup>2</sup> – алюминиевых; 120мм<sup>2</sup> – стальных;
- в) должен обеспечиваться автоматический контроль изоляции сети с действием на сигнал и контроль исправности пробивного предохранителя, установленного в нейтрали трансформатора на стороне низкого напряжения;
- г) магистрали заземления выполняют проводниками из полосовой или круглой стали, которые прокладывают на расстоянии 400-600мм от пола и соединяют с заземлителями не менее чем двумя проводниками в противоположных местах помещения;
- д) проходы специально проложенных заземляющих проводников сквозь стены взрывоопасных помещений должны выполняться в трубах или в проемах с заполнением, препятствующим проникновению через них взрывоопасных смесей или газов. Соединение или ответвление заземляющих проводников в местах проходов не допускается.

**Дополнительные указания по монтажу заземления (зануления).**

1. Не подлежат заземлению (занулению) искробезопасные цепи и их аппараты (кроме случаев, оговоренных в инструкциях заводов-изготовителей), а также отрезки труб для прохода кабелей сквозь стены.
2. Для заземления (зануления) брони и металлической оболочки кабелей, а также брони кабелей с пластмассовой оболочкой с поливинилхлоридным покрытием поверх брони, уплотняемых при

вводе в вводное устройство электрооборудования по наружному защитному покрову, припаянный к брони проводник заземления (с надетой трубкой ПВХ) присоединяют к зажиму заземления внутри вводного устройства.

3. Зануление (заземление) брони кабелей в поливинилхлоридной или резиновой оболочке без наружного покрытия выполняют присоединением проводника заземления брони к наружному зажиму заземления на корпусе вводного устройства.

4. Броня и металлическая оболочка кабелей должны быть заземлены (занулены) с двух концов – в щитовом помещении и со стороны вводных устройств электрооборудования (кроме аппаратов, имеющих пластмассовый корпус).

5. Секции лотков, коробов и металлические полосы, по которым прокладываются кабели, а также стальные трубы электрических сетей, должны образовывать непрерывную электрическую цепь (болтовыми соединениями, сваркой, а трубы – с помощью муфт, не применяя сварки, чтобы исключить их прожиг).

6. Водогазопроводные трубы электрических сетей следует заземлять с обоих концов. Допускается заземлять с одного конца короткие трубы, не имеющие соединений (например, у электродвигателя или аппарата).

7. Заземление (зануление) оцинкованных тросов, катанки или стальной проволоки, используемой в качестве несущего троса, должно быть выполнено с двух противоположных концов присоединением к магистрали заземления (зануления) сваркой (для оцинкованных допускается механическое соединение). На всем их протяжении должно быть обеспечено непрерывность цепи заземления.

### **7.5 Монтаж взрывозащищенного электрооборудования.**

Монтаж электродвигателей и аппаратов должен производиться согласно инструкциям предприятий – изготовителей, а также технологическим инструкциям, утвержденным в установленном порядке.

Монтаж электродвигателей и аппаратов практически заключается в подводе кабелей или проводов питающей сети, заделке концов кабелей, вводе их в вводные устройства и присоединении к контактным зажимам.

Кабельные электропроводки.

Концевые заделки кабелей следует размещать только внутри вводных устройств электрооборудования или других защитных оболочек.

Концевые заделки кабелей с бумажной изоляцией на напряжение до 1кВ должны выполняться только с применением самосклевающихся изоляционных лент КВсл.

Типы вводных устройств и их характеристики для различных электродвигателей приведены в таблицах 7.6, 7.7.

До начала выполнения заделки конца кабеля на его оболочку следует надеть резиновое уплотнительное кольцо и другие элементы уплотнения (нажимную муфту, нажимную и упорную шайбу), входящие в комплект вводного устройства. На кабели с защитным шлангом поверх брони уплотнительное кольцо можно надевать на наружную оболочку.

На заземляющий проводник (для заземления брони и металлической оболочки кабеля) следует надевать ПВХ трубку.

Длина заземляющего проводника должна быть достаточной для присоединения к зажиму заземления внутри вводного устройства в случае уплотнения кабеля по внешней оболочке, а в случае уплотнения по внутренней оболочке – к наружному заземляющему зажиму вводного устройства (или корпуса аппарата). Количество зажимов заземления равно количеству кабельных вводов вводного устройства.

При подводе к электродвигателям и аппаратам передвижных установок кабелей марок КПГСН, КПГС, КПГН и др. независимо от высоты прокладки, устройство дополнительной защиты их от механических повреждений не требуется, за исключением случаев необходимости защиты от движущихся транспортных средств.

При подводе к электродвигателям и аппаратам открыто прокладываемых бронированных и небронированных кабелей других марок с поливинилхлоридной, резиновой и бумажной изоляцией (смотри таблицу 7.1) они должны быть защищены от механических воздействий по высоте на 2м от пола или от площадки обслуживания. Кабель на расстоянии 100мм от вводного устройства электрооборудования допускается не защищать.

Ввод кабелей в аппараты, соединительные зажимы которых заливаются маслом, уплотнение места ввода в аппараты не требуется. При этом резиновую изоляцию жил кабелей необходимо снять на участке погружения ее в масло и выше уровня масла на 40-50мм ввиду нестойкости резины к маслу. На оголенные участки жил с заходом на резиновую изоляцию надевают трубки из ПВХ пластика или другого маслостойкого материала и жилы присоединяют к соответствующим зажимам.

### Электропроводки в стальных трубах

Трубы к электродвигателям и аппаратам укладывают по отметкам, указанным в проекте, до подготовки чистых полов. Соединения труб в полу выполняют с помощью муфт на резьбе с соответствующим уплотнением (например, лентой ФУМ). Концы труб у фундаментов электродвигателей должны выходить на высоту не более 200мм от чистого пола и иметь резьбу для разъемного соединения. Участок трубы между вводным устройством и трубой, выходящей из пола должен быть укомплектован соединительными частями (муфтой, контргайкой и т.д.). Должна быть предусмотрена возможность (при необходимости) устройства разделительного уплотнения, рассмотренного в параграфе 7.3.

При подводе трубопроводов к аппаратам также необходимо предусматривать их разъемное соединение для замены аппаратов без демонтажа труб.

Вводы кабелей и труб с проводами в электродвигатели и аппараты должны быть выполнены при помощи вводных устройств, как это рассматривалось ранее.

Трубы соединяют с вводным устройством с помощью муфты (на резьбе). При прокладках в трубах бронированных кабелей с ПВХ и резиновой изоляцией без наружного покрова поверх брони (например, ВРБГз), трубу не доводят до вводного устройства на расстояние не более 100мм для присоединения проводника заземления брони кабеля к наружному зажиму заземления. На конце трубы в этом случае (со стороны вводного устройства) на резьбе закрепляют флажковый наконечник троса заземления трубы.

Другие требования к трубным проводкам изложены в параграфе 7.3.

Кроме рассмотренного, при монтаже электрических аппаратов необходимо принимать во внимание следующее.

Таблица 7.6 - Вводные устройства электродвигателей серии ВА0, В, 2В, ВА02.

Тип двигателя	Тип ВУ	Трубная резьба ввода, дюйм	Диаметр входного отверстия ввода, мм	Расстояние от резинового кольца до зажима, мм	Сечение проводов, мм <sup>2</sup>
ВА05, 2В132	К1	1½	40	140	4 – 16
В160, В180	К2	1½	40/55*	240	6 – 35
ВА07, ВА08	К3	2	45/60*	270	10 – 70
ВА200, ВА225					
2В250, 2В280	К4	2½	53/80*	310	16 – 95
ВА0315	К5	2x2	45/60*	310	2(25 – 95)
ВА02-280 ВА02-355	К6	2x2½	60/85*	310	2(35 – 120)

Примечание к таблице 7.7.:

\*)- в числителе – диаметр отверстия в опорной шайбе.

Таблица 7.7 - Основные технические данные вводных устройств взрывозащищённых электродвигателей серии АИМ, АИМР, 2В.

Тип двигателя	Количество вводов	Количество силовых зажимов	Диаметр шпильки, мм	Сечение жил кабеля по максимальной мощности, мм <sup>2</sup>	Максимально допустимый диаметр кабеля, мм	Диаметр входного отверстия кабельной муфты	Диаметр входного отверстия кабельного ввода, мм	
АИМ 63	1	3	М6	2,5	24	Труб. 3/4"	25	
АИМ 71								
АИМ 80								
АИМ, АИМР 90					28	Труб. 1"	30	
АИМ, АИМР 100			6					
АИМ, АИМР 112			М10	10	38	Труб. 1 1/2"	40	
АИМ, АИМР 132				16				
АИМ, АИМР 160				35	43		55	
АИМ, АИМР 180								
АИМ, АИМР 200 АИМ, АИМР 225			М10	50	48	Труб. 2"	65	
АИМ, АИМР 250			М12	95	55	Труб. 2 1/2"	85	
2В132			М8	16	38	Труб. 1 1/2"	40	
2В250			М12	95	55	Труб. 2 1/2"	85	
2В280								

## 8 ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

### 8.1 Общие указания

Обслуживание электрооборудования и работы, связанные с их монтажом в действующих электроустановках во взрывоопасных зонах, производят в соответствии с требованиями ПТЭ и ПТБ в том числе главы ЭЗ.2 “Электроустановки во взрывоопасных зонах”, действующих строительных норм (СНиП), правил министерств и ведомств, а также инструкций заводов-изготовителей взрывозащищенного электрооборудования.

К монтажу и эксплуатации во взрывоопасных зонах допускается электрооборудование, соответствующее классу зоны, а также категории и группе взрывоопасной смеси, создающейся (присутствующей) в технологическом процессе.

Запрещается эксплуатировать во взрывоопасных зонах электрооборудование, изготовленное собственными силами или неспециализированными организациями, если на него не получено письменное разрешение испытательной или контрольной организации.

Взрывозащищенное электрооборудование должно иметь маркировку взрывозащиты (электрооборудование без маркировки взрывозащиты не может рассматриваться как взрывозащищенное).

Включать в работу взрывозащищенное электрооборудование необходимо в порядке, изложенном в инструкциях заводов-изготовителей.

На взрывозащищенное электрооборудование должны быть заведены паспорта индивидуальной эксплуатации, например, в виде отдельных карт, в которых наряду с паспортными данными должны отмечаться результаты ремонтов, профилактических испытаний и измерений параметров взрывозащиты (ширина и длина щели, величина избыточного давления и т.д.), аварии, дефекты.

Эксплуатационные паспорта (карты) утверждаются лицом, ответственным за электрохозяйство предприятия.

Работы во взрывоопасных зонах производят только при наличии письменного разрешения (наряда) руководителя объекта, на котором будут производиться работы; разрешение согласовывается с главным энергетиком, технологом и представителем пожарной охраны. Работы производят лица не моложе 18 лет, имеющие квалификацию электромонтажника не ниже третьего разряда, прошедших проверку знаний по ПТЭ и ПТБ, включая главу ЭЗ.2 и имеющие соответствующее удостоверение установленного образца.

Обучение обслуживающего персонала (рабочих и ИТР), порядок и периодичность их аттестации изложены в главе 9.1.

Во взрывоопасных установках **запрещается**:

- 1) ремонтировать электрооборудование и сети, находящиеся под напряжением;
- 2) эксплуатировать электрооборудование при неисправном защитном заземлении, неисправной блокировке крышек аппаратов, неисправной блокировке пуска машин с видом взрывозащиты “продуваемое под избыточным давлением”, нарушении взрывозащищенности оболочек;
- 3) вскрывать оболочку взрывозащищенного электрооборудования, если его токоведущие части находятся под напряжением;
- 4) включать автоматически отключившуюся электроустановку без выяснения и устранения причин ее отключения;
- 5) перегружать сверх номинальных параметров взрывозащищенное электрооборудование, провода и кабели;
- 6) подключать к источникам питания искробезопасных приборов другие аппараты и цепи, которые не входят в комплект данного прибора;
- 7) оставлять настежь открытые двери помещений и тамбуров, отделяющих взрывоопасные помещения от других взрывоопасных и невзрывоопасных помещений;
- 8) заменять лампы во взрывозащищенных светильниках другими видами ламп или лампами большей мощности, чем те, на которые рассчитаны светильники;
- 9) включать электроустановки без наличия аппаратов, отключающих защищаемую электрическую цепь при ненормальных режимах;
- 10) заменять защиту (тепловые элементы, предохранители, расцепители) электрооборудования другими видами защиты или защитой с другими номинальными параметрами, на которые данное электрооборудование рассчитано;
- 11) работа электрооборудования с заниженным уровнем масла;
- 12) работа электрооборудования с видом взрывозащиты “продуваемое под избыточным давлением” с давлением ниже величин, указанных в точках контроля давления согласно инструкции по монтажу и эксплуатации;
- 13) закрашивать паспортные таблички (знаки взрывозащиты, предупредительные надписи должны периодически восстанавливаться, как правило, красной краской).

## 8.2 Осмотры электрооборудования

Осмотр электрооборудования и сетей проводится эксплуатационным электротехническим персоналом в сроки, регламентируемые местными инструкциями с учетом состояния электрооборудования и сетей, среды, условий работы, загрузки и т.д., но **не реже одного раза в неделю**.

Осмотр внутренних частей электрооборудования напряжением до 1кВ и выше проводятся только после отключения электрооборудования от сети.

При осмотрах необходимо обращать внимание на:

1. Степень коррозии, покраску труб, крепление. Особое внимание следует обращать на отсутствие люфта в местах присоединения труб к электрооборудованию. Люфт допускается проверять покачиванием труб. Крышки фитингов должны быть завернуты до отказа.
2. Исправное состояние вводов проводов и кабелей в электрооборудование.
3. Целостность стекол смотровых окон электрооборудования и стеклянных колпаков.
4. Исправное состояние заземления.
5. Наличие избыточного давления воздуха (30-50Па) в помещениях с электродвигателями, валы которых пропущены через стену в смежное взрывоопасное помещение и уплотнены в месте прохода через стену сальниковыми уплотнениями.
6. Наличие предупредительных надписей и знаков маркировки исполнения электрооборудования.
7. Наличие всех предусмотренных конструкцией болтов, крепящих элементы оболочки.
8. Температуру отдельных узлов электрооборудования, если это предусмотрено его конструкцией. Температура не должна превышать значений, приведенных в инструкциях заводов-изготовителей. Температура наружных поверхностей взрывозащищенного электрооборудования не должна превышать значений, соответствующих его температурному классу, указанному в маркировке взрывозащиты.
9. Отсутствие вблизи электрооборудования капежа и пылеобразования.
10. Совпадение порядкового номера на электрооборудовании и технологическом оборудовании.
11. Для электрооборудования с видом взрывозащиты “взрывонепроницаемая оболочка” на:
  - а) отсутствие трещин, сколов, вмятин на его оболочке;
  - б) наличие пломб (если они предусмотрены).
12. Для электрооборудования с видом взрывозащиты “маслонаполненное” на:
  - а) уровень масла в оболочке, который должен соответствовать инструкции завода-изготовителя;
  - б) температуру верхнего слоя масла, если конструкцией предусмотрен замер температуры. Температура верхнего слоя масла должна соответствовать инструкции завода-изготовителя, или, при отсутствии таких указаний, не превышать 100°C для температурных классов T1 – T4, и 80°C – для T5, T6;
  - в) цвет масла;
  - г) отсутствие течи масла.
13. Для электрооборудования с видом защиты “продуваемое под избыточным давлением” на:
  - а) целостность уплотнений;
  - б) исправную работу системы продувки (вентиляторов, фильтров и т.д.);
  - в) исправность и показания измерительных приборов, контролирующих давление воздуха в корпусе;
  - г) исправность и показания измерительных приборов, контролирующих температуру корпуса, подшипников, а также входящего и выходящего воздуха.
14. Для электрооборудования с видом взрывозащиты “искробезопасное” на:
  - а) исправную работу приборов;
  - б) наличие пломб;
  - в) отсутствие повреждений соединительных проводов и кабелей.
15. Для электрооборудования с видом взрывозащиты “повышенная надежность против взрыва” - на наличие уплотнительных прокладок.
16. Для электрооборудования с видом взрывозащиты “специальное” необходимо руководствоваться инструкциями, прилагаемыми к электрооборудованию.

Электроустановки, выведенные из работы на срок больше суток, должны перед включением также быть подвергнуты указанным осмотрам.

Объем осмотра электрооборудования может быть изменен местной инструкцией.

О результатах осмотра электрооборудования электротехнический персонал должен сделать запись в оперативном журнале.

**Внеочередные осмотры** электроустановки должны проводиться после автоматического отключения средствами защиты. При этом должны быть приняты меры против самовключения установки или включения ее посторонним лицом.



Все электрические машины, аппараты, а также другое электрооборудование и электропроводка во взрывоопасных зонах должны *периодически, но не реже одного раза в три месяца*, подвергаться наружному осмотру лицом, ответственным за электрохозяйство предприятия, или назначенными им лицами с занесением результатов осмотра в оперативный журнал (журнал осмотра).

### 8.3 Профилактические испытания, измерения и проверки.

**Периодичность профилактических испытаний взрывозащищенного электрооборудования устанавливается ответственным за электрохозяйство предприятия с учетом местных условий и должна быть не реже, чем указано в соответствующих главах ПТЭ и ПТБ для электрооборудования в нормальном исполнении.**

Профилактические испытания проводятся в соответствии с требованиями и нормами, указанными в ПТЭ и ПТБ и в инструкциях заводов-изготовителей.

Электрические испытания во взрывоопасных зонах разрешается производить только взрывозащищенными приборами, предназначенными для соответствующих взрывоопасных сред, а также приборами, на которые имеется специальное разрешение контрольно-испытательной организации.

Разрешается проводить электрические испытания непосредственно во взрывоопасных зонах приборами нормального исполнения при условии отсутствия взрывоопасных смесей или содержания их в пределах установленных норм, а также при наличии письменного разрешения на огневые работы.

Разрешается испытывать взрывозащищенное электрооборудование приборами нормального исполнения, расположенными в помещениях распределительных устройств с нормальными условиями без наличия письменного разрешения на огневые работы и при условии, что все узлы электрооборудования, создающие элементы взрывозащиты, находятся в собранном виде.

#### **Периодически должны проверяться:**

1. Устройства релейной защиты, автоматики и телемеханики – согласно действующим инструкциям и требованиям ПТЭ и ПТБ.
2. Электромагнитные расцепители автоматов и тепловые элементы магнитных пускателей и автоматов – *ежегодно*. Объем проверки определяется местной инструкцией. Электромагнитные расцепители и тепловые элементы настраиваются при вводе оборудования в эксплуатацию. В процессе эксплуатации их настройка производится при неправильном действии защит или отказе.
3. Плавкие вставки предохранителей – *не реже одного раза в три месяца*. Проверка выполняется визуально на соответствие плавких вставок номинальным параметрам защищаемого электрооборудования. Результаты проверки записывают в оперативный журнал.
4. Звуковая сигнализация устройства контроля изоляции сети (в сетях постоянного тока), а также звуковая сигнализация устройства постоянного контроля изоляции и целостности пробивного предохранителя (в электроустановках напряжением до 1кВ с изолированной нейтралью) – *не реже одного раза в месяц*.

Состояние пробивных предохранителей должно проверяться также при предположении о их срабатывании.

В процессе эксплуатации *периодически* должны *измеряться*:

1. Доступные взрывонепроницаемые зазоры оболочки:
  - а) электрооборудования, установленного на вибрирующих механизмах;
  - б) электрооборудования, взрывонепроницаемые оболочки которого подвергались разборке.Периодичность устанавливает ответственный за электрохозяйство предприятия. Зазоры не должны превышать величин, указанных в инструкциях заводов-изготовителей или на чертежах взрывозащиты ремонтной документации.
2. Концентрация взвешенной в воздухе пыли или волокон (в зонах классов В-II и В-IIa) при полностью работающем технологическом оборудовании – *не реже одного раза в месяц*.
3. Полное сопротивление петли “фаза-нуль” в электроустановках до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью (всех электроприемников в зонах В-I и В-II; выборочно, но не менее 10% их общего

числа и имеющих наибольшее сопротивление петли "фаза-нуль" – в остальных зонах) – **не менее одного раза в 5 лет**.

В действующих электроустановках, где отсутствует специальная третья или четвертая жила кабеля или провода – **не реже одного раза в 2 года**.

Осмотр, проверка и испытание заземляющего устройства производится в сроки, установленные требованиями ПТЭ и ПТБ. Вскрытие отдельных элементов заземляющего устройства во взрывоопасных зонах производится выборочно: первое вскрытие подземной части рекомендуется проводить после 8 лет эксплуатации, последующие - через 10 лет. Срок ревизии должен быть сокращен, если при контрольном замере будет обнаружено резкое (в 2-3 раза против расчетного) возрастание сопротивления растекания тока.

При включении вновь установленного или перенесенного электрооборудования необходимо измерять сопротивление заземляющего устройства, а в сетях до 1кВ с глухозаземленной нейтралью, кроме того - сопротивление петли "фаза-нуль".

Электроустановки, находящиеся в горячем резерве, должны быть всегда готовы к немедленному включению. Для этого их следует периодически, в зависимости от местных условий, включать в работу. Время работы и нахождения в резерве должно быть выбрано так, чтобы включение было возможным без проверки состояния изоляции.

В трубных электропроводках, проложенных в сырых и особо сырых помещениях, в период резких изменений температур **не реже одного раза в месяц** необходимо спускать конденсат из водосборных трубок, в остальных случаях – исходя из местных условий.

#### **8.4 Дополнительные требования по эксплуатации электроустановок во взрывоопасных зонах В-П, В-Па**

Для предупреждения проникновения горючих пылей и волокон в помещения электрических установок должны содержаться в исправности уплотнения и другие приспособления, обеспечивающие пылезащиту. Эти помещения очищаются от пыли **не реже двух раз в год**.

Внутренние и внешние поверхности электрооборудования должны очищаться от пыли регулярно. Особенно следует обращать внимание на предотвращение накопления пыли на нагретых поверхностях. Необходимо контролировать температуру отдельных узлов электрооборудования, если это предусмотрено его конструкцией. Температура не должна превышать значений, приведенных в инструкциях заводов-изготовителей. Очищать электрооборудование от пыли следует путем отсоса (допускается очистка сжатым воздухом из шланга с резиновым наконечником при наличии передвижной пылеотсасывающей установки, состоящей из вентилятора и фильтра на напорной стороне вентилятора).

Пыль внутри электрооборудования должна убираться регулярно, но не реже:

- **одного раза в 2-3 месяца** – для электрооборудования, установленного на механизмах, подверженных вибрации;
- **двух раз в год** – для электрических машин с нормально искрящими частями;
- **одного раза в год** – для остального электрооборудования.

Осветительная арматура и лампы всех видов освещения должны очищаться регулярно, но не реже:

- **четыре раз в месяц** – в помещениях со значительными выделениями пыли (дробильные отделения, перегрузочные пункты и т.п.);
- **двух раз в месяц** – в остальных помещениях;
- **двух раз в год** – в наружных установках.

Эластичные уплотнения, предназначенные для защиты электрооборудования от проникновения пыли, не должны быть повреждены. Запрещается применять деревянные или металлические ящики в качестве дополнительных кожухов для защиты электрических машин от проникновения пыли.

Смазка трущихся поверхностей не должна допускать их абразивного износа. Регулярно следует заменять смазку в пыленепроницаемых соединениях типа "металл к металлу" со смазкой.

Система приточно-вытяжной вентиляции должна включаться раньше электрооборудования, а выключаться после его отключения. **Ежемесячно** необходимо проводить кратковременный пуск неработающих (резервных) вентиляторов с целью освобождения их от скопившейся пыли.

### **8.5 Правила безопасности при эксплуатации электроустановок во взрывоопасных зонах**

При оперативных переключениях и производстве работ в электроустановках должны соблюдаться все меры безопасности, указанные в ПТЭ и ПТБ, ОПВ.

Ответственный за эксплуатацию электрохозяйства обязан обеспечивать инструктаж электротехнического персонала по вопросам взрывоопасности в соответствии с инструкциями, утвержденными главным инженером предприятия.

Перед осмотром, ремонтом, чисткой технологического оборудования отключают подачу электроэнергии к электроприемникам, а на пусковые устройства вывешивают плакаты: “Не включать, работают люди”. Для технологического оборудования с мешалками и другими вращающимися устройствами обеспечивают видимый разрыв цепи питания электроприемников.

На работах, связанных с опасностью поражения электрическим током, применяют защитные средства согласно требованиям ПТЭ и ПТБ.

При работах в электроустановках необходимо не допускать около щитов и сборок наличия легковоспламеняющихся и горючих веществ.

При загазованности помещения, вызванной аварией, нарушением технологического режима работы или другой причиной, необходимо принять меры, предусмотренные специальной аварийной инструкцией для данного производства.

Электрооборудование, установленное в помещении где произошла авария, связанная с выделением пыли в окружающее пространство, должно включаться в работу только после ликвидации последствий аварии и тщательной уборки пыли как в помещении, так и на электрооборудовании.

Для выполнения работ во взрывоопасных зонах необходимо применять взрывозащищенные переносные светильники напряжением не более 12В, защищенные металлической сеткой.

При производстве монтажных и наладочных работ необходимо пользоваться исправным, проверенным инструментом.

Во избежание искрения при работах с дыропробивным инструментом его острие смазывают солидолом; ударный инструмент применяют с медными или латунными насадками.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие документы нормируют эксплуатацию взрывозащищенного электрооборудования.
2. Какие требования предъявляются к эксплуатационному персоналу (рабочим, ИТР).
3. Дать характеристику паспорта индивидуальной эксплуатации взрывозащищенного электрооборудования.
4. Какие действия эксплуатационного персонала запрещены во взрывоопасных установках.
5. Как организуются и с какой периодичностью проводятся осмотры электроустановок во взрывоопасных зонах.
6. Привести перечень основных работ, выполняемых при осмотрах взрывозащищенного электрооборудования напряжением до 1кВ.
7. Привести объем осмотра взрывозащищенного электрооборудования с видом взрывозащиты “d”.
8. Привести объем осмотра электрооборудования с видом взрывозащиты “o”.
9. Привести объем осмотра электрооборудования с видом взрывозащиты “p”.
10. Какие требования предъявляются к профилактическим испытаниям взрывозащищенного электрооборудования.
11. Какие измерения и с какой периодичностью проводят при эксплуатации электроустановок во взрывоопасных зонах.
12. Какие проверки и с какой периодичностью проводят при эксплуатации взрывозащищенного электрооборудования.

13. Перечислить дополнительные требования по эксплуатации электрооборудования во взрывоопасных зонах классов В-II, В-IIa.
14. Когда проводят внеочередные осмотры электроустановок во взрывоопасных зонах.
15. Какие требования предъявляются к электроустановкам, находящимся в горячем резерве.
16. Какие требования предъявляются к системе приточно-вытяжной вентиляции электроустановок в зонах В-II, В-IIa.
17. Какие дополнительные меры безопасности должны соблюдаться при эксплуатации электроустановок во взрывоопасных зонах.

## 9 РЕМОНТ ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

### 9.1 Общие требования

Планово-предупредительный ремонт и профилактические испытания электрооборудования должны осуществляться по графику, утвержденному главным инженером или ответственным за электрохозяйство предприятия, в сроки, установленные на основании ПТЭ и ПТБ с учетом условий эксплуатации конкретного электрооборудования, инструкций заводов-изготовителей и других нормативных документов.

В зависимости от степени повреждения и износа электрооборудования и его составных частей, а также трудоемкости ремонтных работ, устанавливаются следующие виды ремонта: текущий, капитальный (ГОСТ 18322-78), а в обоснованных случаях - средний.

Ремонт электрооборудования, который не может повлечь за собой нарушения его взрывозащиты, производится эксплуатационными службами предприятий, при этом должностное лицо, ответственное за эксплуатацию электрооборудования, несет ответственность и за его ремонт.

На взрывозащищенном электрооборудовании *эксплуатационному персоналу разрешается* выполнять следующие виды работ:

- 1) замену смазки и подшипников,
- 2) ревизию токоведущих частей и контактных соединений,
- 3) замену перегоревших ламп и поврежденных стеклянных колпаков в светильниках,
- 4) разборку, чистку, смазку взрывозащитных поверхностей и сборку электрооборудования,
- 5) устранение течи масла и его замену,
- 6) замену уплотняющих прокладок,
- 7) смену предохранителей, сухих гальванических элементов и аккумуляторных батарей,
- 8) замену обмоток электрических машин при соблюдении параметров обмотки и качества материалов, замену поврежденных изоляторов идентичными,
- 9) ремонт оболочек и установленного внутри электрооборудования, а также систем продувки оболочки, защиты и блокировок при условии, что ремонт не повлияет на взрывозащищенность,
- 10) ремонт вентилятора электродвигателя и его кожуха,
- 11) установку недостающих болтов при обязательном соблюдении размеров (диаметр и длина) и выполнении требований технической документации на данное электрооборудование.

Предприятие может заменять любые детали взрывозащищенного электрооборудования деталями, изготовленными заводом-изготовителем по рабочим чертежам и техническим условиям, утвержденным для данного электрооборудования, с последующей проверкой элементов взрывозащиты.

После ремонта элементы взрывозащиты электрооборудования должны соответствовать требованиям инструкций заводов-изготовителей.

**Другие виды работ**, ремонт электрооборудования связанный с восстановлением или изготовлением его составных частей, обеспечивающих взрывозащиту, *эксплуатационному персоналу производить запрещается*.

На каждое повреждение взрывозащищенного электрооборудования ответственным за его эксплуатацию составляется акт или производится запись в паспорте (карте) индивидуальной эксплуатации с указанием даты и причины повреждения, а также отметка об устранении повреждения.

Разборка и сборка электрооборудования должны производиться в той последовательности, которая указана в заводской инструкции по монтажу и эксплуатации, причем, по возможности, эти работы должны производиться в мастерской.

Питающие кабели, отсоединенные на время снятия электродвигателей в ремонт, должны быть защищены от возможных механических повреждений. При разборке взрывонепроницаемых оболочек электрооборудования запрещается курение и наличие огня.

На ремонтируемом электрооборудовании **запрещается** изменять параметры взрывозащиты, заменять болты, предусмотренные конструкцией изделия, болтами других типов.

По окончании ремонта взрывозащищенного электрооборудования необходимо измерить параметры взрывозащиты, указанные в инструкциях заводов-изготовителей, а полученные данные и объем выполненных работ записать в паспорт (карту) электрооборудования.

Электрооборудование, устанавливаемое взамен поврежденного, должно иметь уровень и вид взрывозащиты, соответствующие классу взрывоопасной зоны, категории и группе окружающей взрывоопасной смеси.

Силовые и осветительные сети должны ремонтироваться с соблюдением требований ПУЭ и действующих монтажно-строительных норм (технических условий и технических инструкций по отдельным видам работ). **Запрещается** заменять запроектированные провода и кабели на провода и кабели меньшего сечения.

**При выполнении ремонта обязательным является:**

1) обучение и аттестация персонала. К ремонту взрывозащищенного электрооборудования допускаются лица, прошедшие одновременно с проверкой знаний ПТЭ и ПТБ, проверку знаний гл. ЭЗ.2 “Электроустановки во взрывоопасных зонах”, инструкций и нормативных документов, действующих в данной области, и получившие удостоверение на право ремонта.

Перечень профессий рабочих и должностей ИТР, которым необходимо получение удостоверения на право ремонта, обслуживания, утверждается главным инженером предприятия. Обучение рабочих должно производиться по программе, утвержденной руководителем учебного центра или главным инженером предприятия и согласованной с контролирующей организацией при МЧС Республики Беларусь. Обучение и аттестация ИТР, с последующей выдачей удостоверения установленного образца, производится по лицензии МЧС Республики Беларусь в учебных центрах.

2) наличие необходимой документации на ремонт оборудования.

3) наличие технологического и испытательного оборудования.

4) наличие комплекта контрольно-измерительного инструмента для контроля параметров взрывозащиты.

Разрешение на ремонт выдается главным инженером предприятия по результатам работы комиссии предприятия в состав которой должны входить ИТР, прошедшие отмеченную выше, подготовку и аттестацию и имеющие удостоверение установленного образца.

Комиссия определяет готовность эксплуатационной службы к ремонту и ее оснащение необходимым оборудованием.

**Капитальный ремонт** взрывозащищенного электрооборудования должен выполняться электроремонтными цехами предприятий, имеющих специальное разрешение (лицензию) контролирующей организации при МЧС республики Беларусь. При этом ремонте допускается замена любых деталей взрывозащищенного электрооборудования (по чертежам завода-изготовителя или ремонтной документации). Электрооборудование должно проверяться и испытываться в соответствии с техническими условиями.

Ремонтное предприятие должно:

1) иметь на ремонтируемое электрооборудование ремонтную документацию или рабочую документацию на изготовление электрооборудования ( и его узлов),

2) иметь необходимое оборудование, приспособления, инструмент, для ремонта электрооборудования и проведения его проверки и испытаний,

**3) иметь квалифицированный персонал, прошедший специальное обучение, сдавший экзамены и получивший удостоверение на право ремонта. Обучение и аттестация персонала организуется и проводится в порядке, рассмотренном выше. Последующие проверки знаний**

рабочих, занятых ремонтом взрывозащищенного электрооборудования, проводятся ежегодно комиссией ИТР, прошедших соответствующую проверку знаний. Периодичность обучения и аттестации ИТР – один раз в пять лет (в учебных центрах).

## **9.2 Организация ремонта взрывозащищенного электрооборудования на специализированных предприятиях.**

Ремонт электрооборудования со всеми видами взрывозащиты должен включать следующие основные операции:

- 1) приемку электрооборудования и проверку комплектности всех сборочных единиц и деталей;
- 2) разборку;
- 3) промывку сборочных единиц и деталей;
- 4) дефектацию сборочных единиц и деталей для выявления объема ремонтных работ;
- 5) восстановление деталей и (или) изготовление новых;
- 6) гидравлические испытания деталей взрывонепроницаемой оболочки и другие испытания, если они предусмотрены ремонтной документацией;
- 7) проверку в процессе ремонта и сборки всех параметров, обеспечивающих взрывозащиту, на соответствие требованиям ремонтной документации;
- 8) сборку;
- 9) электрические испытания;
- 10) окраску электрооборудования;
- 11) оформление необходимой документации и составление акта о соответствии отремонтированного электрооборудования ремонтной документации;
- 12) выдачу отремонтированного электрооборудования.

Ремонт зарубежного электрооборудования должен осуществляться аналогично ремонту отечественного электрооборудования.

### **9.2.1 Приемка в ремонт и выдача из ремонта**

Порядок сдачи электрооборудования в ремонт устанавливается отраслевыми нормативными документами.

В акте на сдачу электрооборудования в ремонт должны быть указаны: тип, паспортные данные электрооборудования, номинальное напряжение, при котором будет работать электрооборудование после ремонта, вид ремонта, а также другие характеристики электрооборудования (тип рабочего оборудования, с которым эксплуатировалось электрооборудование, причину отправки в ремонт, сведения о предыдущих ремонтах и т.д.).

Электрооборудование, сдаваемое в ремонт, должно быть укомплектовано всеми деталями и сборочными единицами, в т.ч. заводскими табличками и знаками маркировки уровня и вида взрывозащиты (допускается принимать в ремонт электрооборудование без заводских табличек, если все необходимые паспортные данные оговорены в акте или в ремонтной документации).

При необезличенном ремонте допускается сдача электрооборудования в ремонт без деталей вводных устройств, демонтаж которых ведет к перезаделке питающего кабеля. При этом должны быть проверены средства взрывозащиты деталей вводных устройств, оставшиеся на месте эксплуатации электрооборудования, а также приняты меры, исключающие возможность повреждения заделок кабелей и открытых поверхностей взрывозащиты электрооборудования и деталей (эти детали должны быть перечислены в акте технической готовности при выдаче электрооборудования из ремонта). Ответственность за сохранность средств взрывозащиты деталей, оставленных на месте эксплуатации, несет должностное лицо, ответственное за эксплуатацию взрывозащищенного электрооборудования.

Электрооборудование принимается в ремонт по результатам наружного осмотра специально выделенными для этой цели квалифицированными приемщиками, которые присваивают оборудованию ремонтный номер и заносят в журнал приемки (при обезличенном ремонте номер допускается не присваивать).

Окончательное определение возможности ремонта электрооборудования производится ремонтным предприятием после его дефектации и определения объема ремонтных работ.

Отремонтированное электрооборудование должно соответствовать требованиям технических условий или другого, заменяющего их документа на ремонт определенного класса, подкласса или конкретного электрооборудования.

Выдача отремонтированного электрооборудования производится вместе с актом технической готовности установленной формы.

### **9.2.2 Организация разборки и дефектации электрооборудования**

Разборка электрооборудования выполняется в последовательности, указанной в инструкциях заводов-изготовителей.

Для предотвращения повреждений взрывозащитных посадочных поверхностей разборка электрооборудования, съем деталей и сборочных единиц с трудноразъемными соединениями должны производиться с помощью специальных приспособлений и съемников (с применением, при необходимости, местного подогрева). Ударный инструмент должен быть оснащен насадками из мягких материалов (резины, дерева и т.п.). При разборке взрывонепроницаемых оболочек запрещается курение и открытое пламя.

Дефектация электрооборудования должна осуществляться квалифицированным персоналом по ремонтной документации или рабочей документации на его изготовление.

Если при дефектации выявится невозможность обеспечения всех требований ремонтной документации, то с согласия заказчика электрооборудование должно быть выпущено из ремонта только как невзрывозащищенное (нормальное) и с него должен быть снят знак маркировки уровня и вида взрывозащиты.

Результаты дефектации деталей и сборочных единиц электрооборудования заносятся в журнал дефектации (при обезличенном ремонте ведение журнала дефектации не обязательно).

### **9.2.3 Сборка электрооборудования**

Сборка электрооборудования производится квалифицированным персоналом в порядке, установленном инструкциями заводов-изготовителей.

Составные части электрооборудования должны быть скомплектованы перед сборкой и проверены службой ОТК на соответствие ремонтной документации.

Детали и сборочные единицы взрывонепроницаемой оболочки, независимо от того, производился их ремонт или нет, должны иметь личное клеймо технического контроля или мастера-приемщика, удостоверяющее их качество, а детали и сборочные единицы, прошедшие гидравлические испытания, кроме того – клеймо лица их производившего.

Клеймо должно быть рельефным, глубина клеймения не менее 0,1 мм (допускается мелкие внутренние детали маркировать трудностирающейся краской). Клеймо наносится на видном месте детали или сборочной единицы, указанном в чертеже. Не допускается наносить клеймо на взрывозащитных поверхностях и поверхностях, непосредственно к ним примыкающих и являющихся их продолжением. Во всех случаях при клеймении на поверхностях, смежных со взрывозащитными, нельзя допускать вспучивания металла на взрывозащитных поверхностях.

При сборке взрывозащитные, посадочные и присоединительные поверхности должны быть смазаны смазкой согласно чертежам.

***После сборки электрооборудования необходимо проверить:***

- 1)** плотность и надежность затяжки крепежных деталей и особенно соединений взрывонепроницаемой оболочки, а также наличие пружинных и стопорных шайб или других устройств, предотвращающих самоотвинчивание крепежных деталей;
- 2)** надежность контактных соединений во вводном устройстве, комплектность крепежа, в том числе с учетом требований ГОСТ 22782.0-81;
- 3)** размеры щелей плоских взрывонепроницаемых соединений;
- 4)** наличие и соответствие требованиям ремонтной документации заземляющих устройств;
- 5)** наличие и правильность заполнения ремонтной таблички, которая устанавливается рядом со старой табличкой завода-изготовителя (табличка предыдущего ремонта должна быть снята).

### **9.2.4 Испытания**

Каждое отремонтированное изделие должно быть испытано по программе приемо-сдаточных испытаний.

Испытания электрооборудования производятся в соответствии с общими техническими условиями на капитальный ремонт электрооборудования определенного класса, подкласса и (или) руководством по капитальному ремонту конкретного типа электрооборудования.

Результаты испытаний при необходимости отражаются в сопроводительных документах к изделию.

### **9.2.5 Модернизация при ремонте электрооборудования**

*Техническая документация на модернизацию* электрооборудования при ремонте *должна быть согласована* с испытательной (контролирующей) организацией.

Модернизация электрооборудования при ремонте выполняется в строгом соответствии с технической документацией на модернизацию.

Испытания модернизированного электрооборудования выполняют в соответствии с изложенным в параграфе 9.2.4.

## **9.3 Особенности ремонта электрооборудования с различными видами взрывозащиты**

### **9.3.1 Электрооборудование с взрывозащитой вида “взрывонепроницаемая оболочка”**

#### **Гидравлические испытания**

Детали и сборочные единицы взрывонепроницаемой оболочки независимо от их состояния (отремонтированные, не подвергавшиеся ремонту, вновь изготовленные, полученные по кооперации и т.п.) должны быть подвергнуты гидравлическим испытаниям по методике, приведенной в ГОСТ 22782.6-81, по нормам и схемам, приведенным в ремонтной документации, или РД 16.209-84.

Допускается не проводить гидравлические испытания в том случае, если детали или сборочные единицы поступают на ремонтные предприятия как запасные части и имеют сопроводительную документацию, удостоверяющую их соответствие документации на изготовление электрооборудования или ремонтной документации. Допускается также не подвергать гидравлическим испытаниям детали и сборочные единицы, не подвергавшиеся ремонту и не имеющие следов повреждений, изготовленные из стали, в том числе методом сварки, с толщиной оболочки 6мм и более.

После гидравлических испытаний допускается производить дополнительную механическую обработку частей оболочки с сохранением нормируемых размеров деталей без последующих повторных гидроиспытаний.

#### **Ремонт взрывозащитных поверхностей и взрывонепроницаемых оболочек**

Параметры взрывонепроницаемых соединений оболочек электрооборудования должны соответствовать ремонтной документации.

Шероховатость взрывозащитных поверхностей отдельных частей взрывонепроницаемой оболочки должна соответствовать ремонтным чертежам и должна быть не ниже:

12,5 – для неподвижных соединений;

6,3 – для подвижных соединений типа вал, втулка.

Для доведения плоских и цилиндрических поверхностей пластмассовых изделий (деталей) после их изготовления методом прямого прессования или литья до требуемых размеров, обеспечивающих взрывозащиту взрывонепроницаемой оболочки, допускается механическая обработка этих изделий.

Суммарная неплоскостность взрывозащитных поверхностей плоского взрывонепроницаемого соединения не должна превышать нормированной ширины взрывонепроницаемой щели.

Раковины, забоины и другие дефекты на взрывозащитных поверхностях не допускаются.

Допускается на взрывозащитных поверхностях частей взрывонепроницаемой оболочки после их обработки наличие пор диаметром не более 1мм, беспорядочно расположенных, числом не более 20 на 1см<sup>2</sup>, из них не более 6 пор диаметром свыше 0,5 до 1мм.



Незначительные по размерам пороки литья (раковины, чернота и т.п.), незначительные сварочные раковины, обнаруженные на взрывозащитных поверхностях после окончательной обработки, а также следы механических повреждений (забоины, вмятины и т.п.) на этих поверхностях допускается устранять (руководствуясь соответствующими инструкциями и руководящими материалами):

- путем запайки мягкими припоями (ПОС-40, ПОС-61), медью или латунью – для стальных деталей;
- путем запайки медью или латунью – для чугуновых;
- путем заварки – на взрывозащитных поверхностях с нормированной длиной взрывонепроницаемого соединения  $V_n=5\text{мм}$  (заливка дефектов свинцом не допускается);
- заделкой пластическими материалами (материалы, технология заделки должна соответствовать требованиям руководящих материалов, инструкций на ремонт);
- методом гальванического осталивания или другими методами, обеспечивающими прочность и надежность восстановленных поверхностей.

В каждом случае ремонтное предприятие должно гарантировать надежность принятого метода восстановления взрывозащитных поверхностей в течении срока эксплуатации изделия до очередного ремонта.

Не допускается заделка любых повреждений в расточках втулок для валиков управления или валов электродвигателей. Детали с такими повреждениями должны растачиваться с последующей установкой в процессе ремонта втулок. Поврежденные втулки подлежат замене.

Втулки, устанавливаемые на вал или в подшипниковый щит, могут изготавливаться из чугуна, меди, бронзы, латуни с запрессовкой по посадке H8/n8.

Крепление втулки осуществляется либо ее развальцовкой с обеих сторон, либо упорным буртиком и развальцовкой другой стороны втулки, либо винтом (упорный буртик или винты располагаются, как правило, с внутренней стороны взрывонепроницаемой оболочки).

Раковины в глухом или сквозном отверстии в стенке оболочки или на поверхности фланцев допускается исправлять рассверливанием или расточкой отверстия и запрессовкой в него глухой пробки или втулки по посадке H8/n8 (в отдельных случаях по резьбе). Пробки и втулки должны завариваться с одного или с двух торцов с последующей обработкой поверхностей с соблюдением требуемой шероховатости.

Диаметр резьбы и материал крепежных элементов должны соответствовать ремонтной документации.

Допускается замена материала только материалом с повышенными по сравнению с указанными в ремонтной документации прочностными характеристиками при полном сохранении чертежных размеров и формы.

### **9.3.2 Электрооборудование с взрывозащитой вида “повышенная надежность против взрыва”**

При ремонте электрооборудования в исполнении повышенной надежности против взрыва (вида “е”) технологическими процессами ремонта и изготовления отдельных деталей и сборочных единиц, в особенности, обмоток, должны быть обеспечены высокое качество ремонта и неизменность всех паспортных технических данных электрооборудования.

Применяемые при ремонте провода, изоляционные материалы, пути утечек и электрические зазоры, качество контактных соединений, уплотнений, тепловой режим электрооборудования в процессе испытаний после ремонта и т.п. должны строго соответствовать ремонтной документации.

Для электрических машин допустим только необезличенный метод ремонта.

### **9.3.3 Электрооборудование с взрывозащитой вида “заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением”**

При ремонте электрооборудования с данным видом взрывозащиты необходимо обращать особое внимание на:

- 1) целостность и механическую прочность продуваемой оболочки электрооборудования, воздухопроводов, воздухоохладителей, систем продувки под избыточным давлением и подпитки;
- 2) контроль давления внутри оболочки электрооборудования и воздухопроводов и расхода воздуха (инертного газа);
- 3) работу системы блокировки и сигнализации;
- 4) работу систем возбуждения и пуска электродвигателей;
- 5) выполнение других требований ГОСТ 22782.4-78, относящихся к ремонту.

Оболочки электрооборудования и воздухопроводы должны выдерживать без остаточных деформаций полуторократное рабочее избыточное давление защитного газа, но не менее 200Па (в течение 5 мин.). Уплотнения соединений отдельных частей продуваемой оболочки и воздухопроводов должны исключать утечку газа. Избыточное рабочее давление защитного газа по всей длине воздухопроводов, проходящих в пределах взрывоопасной зоны, а также внутри оболочки электрооборудования должно соответствовать эксплуатационной документации.

Все пуско-наладочные работы должны выполняться в строгом соответствии с эксплуатационной документацией.

Ремонт электрических машин, связанный с частичной или полной заменой обмоток без изменений параметров электрических машин, проводится по правилам ремонта электрических машин общего назначения при безусловном сохранении средств взрывозащиты, предусмотренных для этих машин.

#### **9.3.4 Электрооборудование с взрывозащитой вида “масляное заполнение оболочки”**

При ремонте маслонаполненного электрооборудования особое внимание следует обращать на строгое соблюдение требований ремонтной документации в отношении: применяемых материалов; путей утечек и электрических зазоров; толщины слоя масла и его качества над нормально искрящими частями; указателей уровня и температуры масла; контактной системы и т.п.

Применяемые материалы, контактирующие с маслом, должны быть маслостойкими.

Все уплотнения должны быть в исправном состоянии, не должно быть течи масла через оболочку.

Бак, независимо от его состояния, должен быть подвергнут гидравлическим испытаниям согласно ремонтной и эксплуатационной документации.

Контакты при их износе выше норм, установленных ремонтной и эксплуатационной документацией, не ремонтируют (они подлежат замене).

#### **9.3.5 Электрооборудование с взрывозащитой вида “искробезопасная электрическая цепь”**

При ремонте электрооборудования с данным видом взрывозащиты или с несколькими видами взрывозащиты, в том числе “искробезопасная электрическая цепь”, необходимо, чтобы элементы этих цепей, их монтаж и электрические параметры, в том числе обмоточные данные обмоток, строго соответствовали ремонтной или эксплуатационной документации.

Не допускается в электрической схеме аппарата или прибора замена элементов элементами с другими электрическими параметрами.

Залитые компаундом сборочные единицы электрооборудования, а также сборочные единицы, находящиеся в неразборных кожухах (запаянных, заваренных и т.п.) ремонту не подлежат и заменяются аналогичными сборочными единицами заводского исполнения.

#### **9.3.6 Электрооборудование с взрывозащитой вида “кварцевое заполнение оболочки”**

При ремонте электрооборудования с данным видом взрывозащиты особое внимание следует обращать на строгое соблюдение требований ремонтной документации в части применяемых

материалов, электрических зазоров, минимального взрывозащитного слоя песка, его качества и состава, а также на прочность и герметичность оболочки.

Применение при ремонте электрооборудования кварцевого песка качества и состава (содержание примесей, влагосодержание, гранулометрический состав, нагревостойкость гидрофобного покрытия зерен кварца и т.д.), отличного от указанного в ремонтной документации, а также другого сыпучего заполнителя, допускается только по согласованию с испытательной (контролирующей) организацией.

### **9.3.7 Электрооборудование со специальным видом взрывозащиты**

Ремонт электрооборудования с взрывозащитой вида “специальное” должен производиться в строгом соответствии с ремонтной документацией, при этом вышедшие из строя детали и сборочные единицы, залитые эпоксидными смолами, ремонту не подлежат и должны быть заменены новыми.

## **9.4 Особенности ремонта взрывозащищенных электродвигателей**

**Дополнительно к рассмотренному ранее, отметим особенности ремонта применительно к взрывозащищенным электродвигателям.**

**Текущий ремонт** выполняет эксплуатационная служба:

- 1) очистка двигателя от грязи и пыли;
- 2) замена смазки в подшипниках;
- 3) проверка исправности подшипников (в отдельных случаях замена подшипников);
- 4) проверка сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса и между фазами;
- 5) замена смазки на взрывозащищенных и посадочных поверхностях двигателей, подвергавшихся разборке;
- 6) проверка состояния болтовых соединений взрывонепроницаемой оболочки; частичная замена крепежа;
- 7) замер доступных взрывонепроницаемых зазоров тех мест, которые подвергались разборке;
- 8) проверка надежности контакта заземления;
- 9) проверка надежности работы блокировок и сигнализации;
- 10) мелкий ремонт кожуха и вентиляторов (правка, рихтовка).

**Капитальный ремонт** включает объем текущего ремонта, а также (выполняет специализированное предприятие):

- 1) ремонт отдельных деталей и сборочных единиц, не имеющих взрывозащитных поверхностей (крышек подшипников, кожухов, вентиляторов, щеткодержателей, контактных колец и т.п.);
- 2) замена любых деталей и сборочных единиц, кроме станин и роторов, деталями и сборочными единицами, поступающими как запасные части;
- 3) замена отдельных жестких катушек обмоток запасными, изготовленными заводом-изготовителем электродвигателей, когда количество демонтируемых катушек обмотки не превышает 25% их общего числа;
- 4) замена бандажей;
- 5) замена подшипников новыми (нереставрированными);
- 6) подызолировка лобовых частей и выводных концов обмоток;
- 7) устранение обрывов выводных концов;
- 8) перекалиновка ослабленных клиньев обмоток;
- 9) пропитка обмоток пропиточным лаком и покрытие лобовых частей электроизоляционной эмалью;
- 10) сушка электродвигателей с пониженным сопротивлением изоляции.
- 11) окраска двигателя.
- 12) замена обмоток;
- 13) ремонт активной стали статора;
- 14) ремонт валов;
- 15) ремонт подшипниковых щитков и корпусов;
- 16) восстановление элементов взрывозащиты взрывонепроницаемых оболочек;
- 17) изготовление любых деталей и сборочных единиц;

- 18) балансировка роторов;
- 19) замена роторов новыми, комплектными, изготовленными заводом-изготовителем электродвигателей;
- 20) гидравлические испытания деталей и сборочных единиц взрывонепроницаемой оболочки;
- 21) электрические испытания.

**Периодичность** текущего и капитального ремонтов электродвигателей устанавливается графиком ППР предприятия, эксплуатирующего эти электродвигатели, в сроки, установленные на основании ПТЭ и ПТБ, инструкций заводов-изготовителей и других документов, учитывающих условия эксплуатации на данном предприятии.

Рекомендуемая периодичность ремонтов:

**Текущий ремонт** – не реже одного раза в год для машин с частотой вращения 1500 об/мин и ниже и не реже одного раза в 6 месяцев – для двигателей с частотой вращения более 1500 об/мин.

**Капитальный ремонт** – необходимость и сроки устанавливает служба главного энергетика предприятия, эксплуатирующая электродвигатели, на основе анализа их технического состояния.

При аварийном ремонте электродвигателей, вышедших из строя в результате неправильной эксплуатации, перегрузок и т.д., отнесение его к определенному виду ремонта производится на основании характера повреждений и объема ремонтных работ.

**Не подлежат ремонту электродвигатели** у которых:

- 1) разбит корпус;
- 2) разбиты сложные литые детали (подшипниковые щиты, корпуса коробки выводов и т.п.), кроме случаев, когда эти детали могут быть отремонтированы и подлежат замене;
- 3) отбито более двух лап или две лапы с одной стороны машины;
- 4) значительно повреждено железо статора или ротора (кроме случаев, когда ротор не может быть отремонтирован и подлежит замене);
- 5) выплавлена обмотка ротора;
- 6) воздушный зазор выше номинального значения зазора, установленного для данного электродвигателя заводом-изготовителем, на 25% и более для двухполюсных и на 15% и более для машин с большим числом полюсов.

**Ремонт обмоток и других электрических частей.**

Во избежание повреждения изоляции пакета статора и деформации посадочных поверхностей центрирующих заточек станины при демонтаже обмоток с выжиганием изоляции в печах, температура не должна превышать 400°C. В других случаях при демонтаже обмоток необходимо предусмотреть защиту от повреждений посадочных поверхностей и торцов центрирующих заточек станины.

Обмотки и токоведущие части должны быть надежно закреплены, пазовые клинья должны быть плотно забиты в пазы и не иметь слабину.

Класс изоляции, сопротивление изоляции и электрическая прочность изоляции обмоток должны соответствовать требованиям ремонтной документации.

Двигатели на два напряжения должны соединяться на напряжение сети, указанное в заказе.

Электрическая схема обмоток и другие требования по их изготовлению должны соответствовать ремонтной документации.

Электрические щетки должны быть притерты к поверхности контактных колец. Установка на машину щеток различных марок не допускается (тип щетки должен соответствовать ремонтной документации).

**Разборка-сборка двигателей, ремонт механических узлов.**

Во избежание повреждения посадочных поверхностей деталей и сборочных единиц не допускается разборка машин ударами по выступающему концу вала. При разборке двигателей нельзя допускать перекоса ротора. При замене подшипников должны применяться подшипники классов точности не ниже применяемых заводом-изготовителем.

В остальном ремонт механических узлов должен соответствовать ремонтной документации.

При сборке двигателей свободное пространство камер подшипниковых узлов должно быть на 0,65 объема заполнено смазкой, указанной в ремонтной документации, а для двигателей с частотой вращения 3000 об/мин – на 0,5 объема.

Витки проволочных бандажей должны быть наложены плотно, без пропусков и перекрещиваний. Каждый слой проволочного бандажа должен быть пропаян. Замки бандажа должны быть плотно подбиты и пропаяны. Весь бандаж должен иметь блестящую поверхность, без черновин и пятен. При постукивании легким молотком бандаж не должен издавать дребезжащего или глухого звука.

**Испытания электродвигателей после ремонта** должны проводиться в соответствии с требованиями, указанными в параграфе 9.2.4.

Программа приемо-сдаточных испытаний для электродвигателей с видом взрывозащиты “е” принимается в соответствии с техническими условиями заводов-изготовителей или должна разрабатываться в соответствии с ГОСТ 22782.7-81 с последующим согласованием с испытательной (контролирующей) организацией.

Электрические испытания, входящие в программу приемо-сдаточных испытаний, которым должен подвергаться каждый отремонтированный электродвигатель, в зависимости от вида ремонта, приведены в таблице 9.1.

Каждый отремонтированный электродвигатель должен пройти обкатку без нагрузки при номинальной частоте вращения в течении следующего времени (не менее):

- мощность двигателя до 1кВт – 5 минут;
- от 1 до 10кВт – 15 минут;
- от 10 до 100кВт – 30 минут;
- от 100 до 1000кВт – 1 час;
- свыше 1000кВт – 2 часа.

#### **Маркировка отремонтированных электродвигателей.**

Каждый отремонтированный электродвигатель должен иметь знак исполнения по взрывозащите, (маркировка должна соответствовать маркировке, указанной в ремонтной документации) и снабжен ремонтной табличкой (см. п. 9.2.3).

В случае неудовлетворительного состояния таблички завода-изготовителя, либо ее отсутствия должна быть прикреплена новая табличка, на которой указывается (желательно в следующей последовательности): наименование или товарный знак ремонтного предприятия; тип электродвигателя; номинальная мощность; соединение фаз; номинальное напряжение; номинальная частота вращения; номинальный ток статора; номинальное напряжение и ток ротора (для двигателя с фазным ротором); ремонтный номер; дата выпуска из ремонта (год, месяц).

Гарантийный срок службы отремонтированных электродвигателей устанавливается соответствующими нормативными документами.

### **9.5 Ремонтная документация на взрывозащищенное электрооборудование**

Ремонтная документация разрабатывается в соответствии с требованиями ГОСТ2.602-95, ГОСТ 15001-88, СТБ972-94 и ОСТ16.28.402-88 на основе рабочих конструкторских документов на изготовление электрооборудования, а при их отсутствии, в том числе на зарубежное, на основе образца изготовленного электрооборудования (путем его разборки, эскизирования, проведения необходимых измерений, испытаний).

Ремонтная документация должна соответствовать требованиям нормативно-технических документов и правил, действующих в период изготовления взрывозащищенного электрооборудования, и регламентирующих его изготовление.

Ремонтная документация на электрооборудование, выпускаемое до 1960 года, должна соответствовать требованиям нормативно-технических документов, действующих на период ее разработки.

**Ремонтная документация должна быть согласована** с контролирующей (испытательной) организацией в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.021-76 **на срок до 5 лет**. Продление срока действия ремонтной документации осуществляется контролирующей организацией в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.021-76.

**Если электрооборудование принимает в ремонт другое предприятие, то оно обязано получить новое заключение** контролирующей организации.

Ремонтная документация на вновь разработанное электрооборудование входит в состав конструкторской документации на его серийное изготовление.

При использовании документации предприятия-изготовителя согласование с испытательной организацией не требуется.

Комплектность и номенклатура ремонтных документов должны соответствовать ОСТ16.28.402-88 и ГОСТ 12.2.021-76.

Порядок внесения изменений в ремонтную документацию устанавливает ГОСТ 2.603-68. Изменения, влияющие на взрывозащищенность, должны быть согласованы с испытательной организацией.

Допускается временное отклонение от требований ремонтной документации в части применяемых материалов и технологии ремонта, не влияющее на взрывозащищенность и не ухудшающее качество отремонтированного электрооборудования. Это отклонение оформляется картами отклонений, которые утверждаются главным инженером предприятия.

Таблица 9.1 – Электрические испытания электродвигателей после ремонта

Испытания	Вид ремонта	
	Текущий	Капитальный
1.Измерение сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса и между обмотками	+	+
2. Измерение сопротивления обмоток при постоянном токе в практически холодном состоянии	-	+
3.Испытание электрической прочности изоляции обмоток относительно корпуса и между обмоток	-	+
4.Испытание межвитковой изоляции обмоток переменного тока на электрическую прочность	-	+
5.Определение тока и потерь холостого хода (характеристики холостого хода для синхронного двигателя)	-	+
6.Определение тока и потерь короткого замыкания (определение характеристики установившегося трехфазного короткого замыкания для синхронного двигателя)	-	+
7.Испытание при повышенной частоте вращения: для асинхронных машин	-	++
для синхронных машин	-	+
8.Испытание на нагревание	-	++
9.Испытание на кратковременную перегрузку по току	-	++
10.Определение начального пускового вращающего момента и начального пускового тока	-	++
11.Измерение вибраций	-	++
12.Определение коэффициента трансформации (только для АД с фазным ротором)	-	+
13.Проверка биения контактных колец (только для АД с фазным ротором)	+	+

Продолжение таблицы 9.1

Испытания	Вид ремонта	
	Текущий	Капитальный
14.Определение минимального вращающего момента в процессе пуска (только для АД с короткозамкнутым ротором)	-	++
15.Определение максимального вращающего момента (только для асинхронных двигателей)	-	++
16.Определение U – образной характеристики (только для синхронных машин)	-	++

#### Примечания к таблице 9.1

- 1) Методы испытаний по ГОСТ 11828-66, ГОСТ 12379-66, ГОСТ 7217-66 (для асинхронных), ГОСТ 10169-68 (для синхронных);
- 2) “+” – испытания являются обязательными;
- 3) “++” – испытания проводятся при необходимости (по усмотрению ремонтного предприятия (цеха, участка));
- 4) “-” – испытания не проводятся.

#### Контрольные вопросы

1. Какие работы на взрывозащищенном электрооборудовании разрешается выполнять эксплуатационному персоналу.
2. Как организовывается обучение и аттестация ремонтного персонала.
3. Кто имеет право производить капитальный ремонт ВЗЭО со всеми видами взрывозащиты.
4. Какие основные операции включает ремонт ВЗЭО со всеми видами взрывозащиты.
5. Как организовывается приемка ВЗЭО в ремонт.
6. Как организовывается выдача ВЗЭО из ремонта.
7. Как организовывается разборка и дефектация ВЗЭО.
8. Какие требования предъявляются при сборке ВЗЭО.
9. Какие требования предъявляются к испытаниям ВЗЭО после ремонта.
10. Какие основные требования предъявляются к ремонту ВЗЭО с видом взрывозащиты “d”.
11. В чем особенность ремонта ВЗЭО с видом взрывозащиты “e”.
12. В чем особенность ремонта ВЗЭО с видом взрывозащиты “p”.
13. В чем особенность ремонта ВЗЭО с видом взрывозащиты “o”.
14. Перечислить особенности ремонта ВЗЭО с видом взрывозащиты “i”.
15. Перечислить особенности ремонта ВЗЭО с видом взрывозащиты “q”.
16. Какие нормативные документы регламентируют разработку ремонтной документации на ВЗЭО.
17. Кто имеет право разрабатывать и согласовывать ремонтную документацию на ВЗЭО.
18. Какие работы и кем выполняются при текущем ремонте взрывозащищенных электродвигателей.
19. Перечислить объем работ при капитальном ремонте взрывозащищенных электродвигателей.
20. Электродвигатели с какими повреждениями не подлежат ремонту.
21. Укажите особенности разборки-сборки взрывозащищенных электродвигателей.
22. Какие обязательные электрические испытания проводят после капитального ремонта асинхронного взрывозащищенного электродвигателя.
23. Какие требования предъявляются к маркировке взрывозащищенного электродвигателя после капитального ремонта.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. Система стандартов: “Взрывозащищенное и рудничное оборудование. Общие требования.” ГОСТ 12.1.011-78, ГОСТ 12.2.020-76, ГОСТ 12.2.021-76, ГОСТ 22782.0 ... 22782.7-81.
2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), шестое издание. – М.: Главгосэнергонадзор России, 1998.
3. Правила изготовления взрывозащищенного электрооборудования (ПИБЭ). – М.: Энергия, 1963.
4. Правила изготовления взрывозащищенного и рудничного электрооборудования (ПИБРЭ). ОАА.684.057-67. – М.: Энергия, 1969.
5. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. Дополнение. гл. Э3.2. Электроустановки во взрывоопасных зонах. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
6. Система отраслевых стандартов. ОСТ16 0.800.699-79 ... ОСТ16 0.800.704-79.
7. Публикация МЭК “Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред.” Часть 0. Общие требования. Издание второе. 1983.
8. Публикация МЭК. “Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред.” Части 1,1А, 2 ... 7, 10 ... 15.
9. Европейские нормы CENELEC. EN50014 ... EN50020.
10. Нормативные документы Национальной Противопожарной Ассоциации (NFPA). NFPA70 – 1984 NEC (Национальный электротехнический код). Глава 5. Специальные установки. Статьи 500, 501, 502, 503, 510, 511, 513 ... 517.
11. Нормативные документы Сертификационных (страховых) лабораторий (UL). Стандарты США: UL696; 844; 886.
12. Рекомендуемая практика Американского института нефти (API), Стандарты API500А, 500В, 500С.
13. СНиП 3.05.06 – 85. Монтаж электроустановок.
14. ВСН 332-74 / ММСС СССР. Инструкция по монтажу электрооборудования силовых и осветительных сетей взрывоопасных зон.
15. СНиП III-33-76\*. Электротехнические устройства. Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1982.
16. ГОСТ 12.1.004-85. Пожарная безопасность. Общие требования.
17. ГОСТ 12.1.005-88. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования.
18. ГОСТ 12.1.10-76\*. Взрывобезопасность. Общие требования.
19. ОНТП 24-86. Общесоюзные нормы технологического проектирования. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.
20. ГОСТ 14254-80\*. Изделия электротехнические. Оболочки. Степени защиты. Обозначения. Методы испытаний.
21. ГОСТ 15150-69\*. Машины и другие технические изделия. Исполнение для различных климатических регионов. Категории условий эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.
22. Электротехнический справочник. В 3 т. Т.3: В 2 кн. Использование электрической энергии / Под общей редакцией профессоров МЭИ: И.Н. Орлова (гл. ред.) и другие – 7-е издание, испр. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988.
23. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / Под ред. В.И. Круповича и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1981.
24. Пирогов Е.В., Зевин М.Б. Монтаж электроустановок во взрывоопасных зонах. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
25. Электромонтажные устройства и изделия. Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1983.
26. Гнесин А.М., Пирогов Е.В. Справочник электромонтажника. Монтаж электроустановок во взрывоопасных зонах. – М.: Энергоатомиздат, 1982.
27. Зарубежное взрывозащищенное электрооборудование. – М.: Энергия, 1973.



- 28.** Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие / А.С. Ключев и др.; Под ред. А.С. Ключева – 2-е издание перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
- 29.** Справочник по электрическим машинам: В 2т. Т.2 / Под общей ред. И.П. Копылова, Б.К. Ключева. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
- 30.** РТМ 16.689.169-75. Руководящие технические материалы. Ремонт взрывозащищенного и рудничного электрооборудования.
- 31.** РД 16.407-95. Руководящий документ. Электрооборудование взрывозащищенное. Ремонт.
- 32.** РД 16.226-84. ОСТПП. Изделия электротехнические. Порядок приемки в ремонт и выдачи из ремонта. Общие требования.
- 33.** РД 16.230-85. ОСТПП. Изделия электротехнические. Ремонт. Нормы и методы испытаний.
- 34.** РД 16.14.101-85. ОСТПП. Изделия электротехнические. Ремонт. Дефектация изделий и составных частей. Общие требования.
- 35.** РД 16.14.923-86. ОСТПП. Оценка технического уровня производства предприятий, производящих централизованный ремонт.
- 36.** РД 16.14.984-90. ОСТПП. Порядок выполнения заказов на ремонт промышленного электрооборудования на предприятиях (в объединениях) электроремонтной подотрасли. Общие требования.
- 37.** РД 16.055-83. ОСТПП. Электродвигатели взрывозащищенные. Ремонт. Контроль средств взрывозащиты. Типовой технологический процесс.
- 38.** РД 16.209-84. ОСТПП. Электродвигатели взрывозащищенные. Ремонт. Детали взрывонепроницаемой оболочки. Испытания гидравлические. Типовой технологический процесс.
- 39.** РД 16.210-84. ОСТПП. Электродвигатели взрывозащищенные. Ремонт. Детали из стали. Устранение дефектов методом пайки. Типовой технологический процесс.
- 40.** РД 16.123-84. ОСТПП. Электродвигатели переменного тока мощностью от 0,25 до 100 кВт. Ремонт. Разборка. Типовой технологический процесс.
- 41.** РД 16.212-84. ОСТПП. Электродвигатели переменного тока мощностью свыше 100 кВт. Ремонт. Разборка. Типовой технологический процесс.
- 42.** ГОСТ 24183-80\*. Кабели силовые для стационарной прокладки. Общие технические условия.
- 43.** ОСТ 16.5.189.002.0-75 ... ОСТ 16.5.189.008.0-75. Вводы кабельные взрывозащищенного и рудничного электрооборудования.
- 44.** ГОСТ 12.1.018-79. ССБТ. Статическое электричество. Искробезопасность. Общие требования.
- 45.** ГОСТ 12.1.019-79. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования.
- 46.** ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
- 47.** ГОСТ 12.1.038-81. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и токов.
- 48.** ОПВ. Общие правила взрывобезопасности химических производств и объектов. – Минск: МЧС Республики Беларусь, 28.06.1996 г.
- 49.** СНиП II-90-81 «Производственные здания промышленных предприятий. Нормы проектирования.»
- 50.** Производственная эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт энергетического оборудования (Справочник). – М.: ЗАО «Энергосервис» , 1999, 438 с.
- 51.** Сборник методических пособий по контролю состояния электрооборудования. – М.: ЗАО «Энергосервис», 1998, 493 с.
- 52.** Карякин Р.Н. Заземляющие устройства электроустановок. Справочник. – М.: ЗАО «Энергосервис», 1998, 375 с.
- 53.** Справочник по монтажу электроустановок промышленных предприятий. В 2-х кн. Кн. 2. – М.: Энергоатомиздат, 1982, 400 с