

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САХАЛИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

*Учебно-методическое пособие
для студентов направления подготовки
«Техносферная безопасность» и специальности
«Безопасность жизнедеятельности»,
специализация «Экологическая безопасность и охрана труда»*

Составители:
Н. Ф. Двойнова, С. В. Абрамова, З. Ф. Кривуца

*Рекомендовано федеральным государственным бюджетным
образовательным учреждением высшего профессионального
образования «Московский государственный технический
университет имени Н. Э. Баумана» в качестве учебного пособия для
студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению
подготовки 280700 «Техносферная безопасность»
(квалификация/степень – бакалавр) и специальности
280101.65 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере»
направления подготовки 280100 «Безопасность жизнедеятельности».*

Регистрационный номер рецензии № 2783 от 24 апреля 2014 г. МГУП.

Южно-Сахалинск
Издательство СахГУ
2014

УДК 331.45(075.8)
ББК 65.246я73
П80

*Печатается по решению учебно-методического совета
Сахалинского государственного университета, 2013 г.*

Рецензенты:

С. В. Щитов, проректор по учебной и воспитательной работе ДальГАУ,
доктор технических наук, профессор;

В. В. Моисеев, кандидат технических наук, доцент.

П80

Производственная безопасность : учебно-методическое пособие для студентов направления подготовки «Техносферная безопасность» и специальности «Безопасность жизнедеятельности», специализация «Экологическая безопасность и охрана труда» / сост.: Н. Ф. Двойнова, С. В. Абрамова, З. Ф. Кривуца. – Южно-Сахалинск : изд-во СахГУ, 2014. – 260 с.

ISBN 978-5-88811-457-5

В учебно-методическом пособии систематизированы материалы в соответствии с примерной программой учебной дисциплины «Производственная безопасность», рекомендованной Минобрнауки РФ для обучения студентов по направлению подготовки 280700.62 «Техносферная безопасность» и специальности 050104.65 «Безопасность жизнедеятельности», специализация «Экологическая безопасность и охрана труда».

Учебно-методическое пособие раскрывает аспекты инженерной экологии, пожарной безопасности, электробезопасности на производстве, а также предусматривает получение студентами дополнительных знаний при решении задач по анализу и оценке производственных опасностей, по снижению загрязнения окружающей природной среды с применением принципиально новых технологий очистки воздуха, воды, почвы, обезвреживания и утилизации отходов, что углубляет знания в области охраны и защиты окружающей среды и охраны труда, экологической безопасности.

Учебно-методическое пособие может быть предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Техносферная безопасность» по профилям «Безопасность жизнедеятельности в техносфере», «Безопасность технологических процессов и производств» и «Экологическая безопасность и охрана труда», для студентов специальности «Безопасность жизнедеятельности», а также для экологической подготовки, подготовки в области производственной безопасности и повышения квалификации руководящих работников и специалистов городского хозяйства, государственных органов охраны окружающей среды, сотрудников предприятий, широкого круга читателей, неравнодушных к проблемам безопасности природы, личности, производства и государства.

УДК 331.45(075.8)

ББК 65.246я73

Учебное издание

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

*Учебно-методическое пособие для студентов направления подготовки
«Техносферная безопасность» и специальности «Безопасность жизнедеятельности»,
специализация «Экологическая безопасность и охрана труда»*

Составители: Н. Ф. Двойнова, С. В. Абрамова, З. Ф. Кривуца.

Подписано в печать 18.09.2014. Бумага «Inacopia elite».

Гарнитура «Myriad Pro». Формат 70х108¹/₁₆. Тираж 500 экз. (1-й завод 1–100 экз.).

Объем 16,25 усл. п. л. Заказ № 837-13.

Издательство Сахалинского государственного университета.

693008, г. Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290, каб. 32.

Тел. (4242) 45-23-16, тел./факс (4242) 45-23-17.

E-mail: izdatelstvo@sakhgu.ru, polygraph@sakhgu.ru

© Сахалинский государственный университет, 2014

© Двойнова Н. Ф., Абрамова С. В., Кривуца З. Ф., составление, 2014

ISBN 978-5-88811-457-5

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	6
------------------	---

РАЗДЕЛ I.

ВВЕДЕНИЕ В ДИСЦИПЛИНУ «ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»

1.1. Историческая справка.....	9
1.2. Основные определения.....	11
1.3. Теоретические основы промышленной безопасности.....	17
1.4. Безопасные ресурсо- и энергосберегающие (малоотходные) технологии.....	22
1.5. Контроль качества окружающей среды и промышленная безопасность.....	25
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	28
<i>Интерактивные формы занятий</i>	29
<i>Используемая литература</i>	30

РАЗДЕЛ II.

ОРГАНИЗАЦИЯ БЕЗОПАСНЫХ, ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И АППАРАТОВ

2.1. Основные показатели условий функционирования технических и химико-технологических систем (ТС и ХТС).....	32
2.2. Системный анализ и организация производственных процессов.....	35
2.3. Технологическая и экологическая безопасность химического оборудования.....	45
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	57
<i>Интерактивные формы занятий</i>	58
<i>Используемая литература</i>	60

РАЗДЕЛ III.

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОПАСНОСТЕЙ

3.1. Определение, цель и задачи анализа риска опасностей на производстве.....	62
3.2. Этапы планирования работ при анализе риска опасностей на производстве.....	64
3.3. Методы анализа риска опасностей на производстве.....	73
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	84
<i>Интерактивные формы занятий</i>	85
<i>Используемая литература</i>	89

РАЗДЕЛ IV.

СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ.

ПОЖАРО- И ВЗРЫВООПАСНЫЕ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВ, МАТЕРИАЛОВ

4.1. Общие сведения о горении.....	91
4.2. Показатели пожаро-, взрывоопасности веществ и материалов.....	97
4.3. Склонность веществ к самовозгоранию.....	103
4.4. Оценка пожаровзрывоопасности среды внутри технологических аппаратов.....	107

4.4.1. Аппараты с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями (ЛВЖ и ГЖ)	107
4.4.2. Аппараты с горючими газами	109
4.4.3. Аппараты с горючими пылями	110
4.4.4. Аппараты с открытой поверхностью испарения жидкостей	110
4.4.5. Аппараты с дыхательными устройствами.....	112
4.4.6. Аппараты периодического действия	113
4.4.7. Герметично закрытые аппараты, работающие под давлением	113
4.5. Тепловые источники зажигания.....	114
4.6. Классификация взрывоопасных и пожароопасных зон.	
Выбор электрооборудования для этих зон	118
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	137
<i>Интерактивные формы занятий</i>	138
<i>Используемая литература</i>	142

РАЗДЕЛ V.

КАТЕГОРИРОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ, ЗДАНИЙ И НАРУЖНЫХ УСТАНОВОК ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ. ГОРЮЧЕСТЬ И ОГНЕСТОЙКОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ. ПОЖАРО- И ВЗРЫВОЗАЩИТА

5.1. Категорирование помещений и зданий	144
5.2. Категорирование наружных установок.....	150
5.3. Классификация строительных материалов и конструкций	152
5.4. Меры по ограничению последствий пожаров.....	156
5.5. Меры по ограничению последствий взрывов.....	157
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	158
<i>Интерактивные формы занятий</i>	158
<i>Используемая литература</i>	162

РАЗДЕЛ VI.

СПОСОБЫ И СРЕДСТВА ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ. ОГНЕТУШАЩИЕ ВЕЩЕСТВА. ПЕРВИЧНЫЕ СРЕДСТВА ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ. АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ПОЖАРОТУШЕНИЯ. ПОЖАРНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ. УСЛОВИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ПРЕКРАЩЕНИЯ ГОРЕНИЯ

6.1. Физические способы прекращения горения. Огнетушащие вещества.....	164
6.2. Химическое торможение горения	166
6.3. Первичные средства тушения пожаров.....	167
6.4. Автоматические установки (системы) пожаротушения (АУП)	169
6.5. Пожарная сигнализация	173
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	177
<i>Интерактивные формы занятий</i>	177
<i>Используемая литература</i>	182

РАЗДЕЛ VII.

УСТРОЙСТВО И БЕЗОПАСНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ СОСУДОВ И АППАРАТОВ, РАБОТАЮЩИХ ПОД ДАВЛЕНИЕМ. БЕЗОПАСНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОМПРЕССОРОВ

7.1. Основные термины и определения.....	184
7.2. Опасность эксплуатации сосудов, работающих под давлением.....	185
7.3. Требования к конструкции и изготовлению сосудов.....	187

7.4. Испытания сосудов, работающих под давлением	189
7.5. Документация, маркировка сосудов и их регистрация	191
7.6. Разрешение на ввод сосуда в эксплуатацию	194
7.6.1. Баллоны	194
7.6.2. Компрессоры	198
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	200
<i>Интерактивные формы занятий</i>	200
<i>Используемая литература</i>	204

РАЗДЕЛ VIII.

ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

8.1. Основные определения и понятия	205
8.2. Вероятностная характеристика электротравматизма	217
8.3. Расчет сопротивления защитного заземления	218
8.4. Дополнительные меры защиты от поражения электрическим током	220
8.5. Методы и средства первой (доврачебной) помощи	221
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	222
<i>Интерактивные формы занятий</i>	223
<i>Используемая литература</i>	226

РАЗДЕЛ IX.

ДЕКЛАРИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРТИЗА ПРОМЫШЛЕННОЙ

БЕЗОПАСНОСТИ	227
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	235
<i>Интерактивные формы занятий</i>	236
<i>Используемая литература</i>	236

ПРИЛОЖЕНИЯ	237
------------------	-----

ПРЕДИСЛОВИЕ

Непрерывное взаимодействие человека с живой и неживой природой, техносферой реализуется через потоки масс веществ, энергии и информации. В тех случаях, когда эти потоки превышают предельно допустимые уровни своих значений, они приобретают способность причинять ущерб здоровью человека, наносить вред природе, разрушать материальные ценности и становятся опасными для окружающего их мира.

Все опасности реальны тогда, когда они могут воздействовать на конкретные объекты (объекты защиты). Объекты защиты, как и источники опасностей, многообразны. Каждый компонент окружающей среды может быть объектом защиты от опасностей.

За последние годы значительно увеличилось число аварий, катастроф и других чрезвычайных ситуаций, а также их воздействие на окружающую среду и людей. Причины этих явлений обусловлены техногенным, природным и экологическим характером. Ввиду старения зданий, сооружений, технологических установок резко возросла угроза промышленных аварий и катастроф, что особенно проявляется сейчас в России, и обеспечение безопасности людей во многом зависит от технического состояния объекта. Кроме того, увеличиваются масштабы производства и переработки пожаро- и взрывоопасных веществ, токсичных материалов. Технические средства защиты не исключают возможность аварий, поэтому весьма важно прогнозировать их наступление, изучать динамику протекания и возможные последствия на людей и природу, то есть выявлять, каким образом исследуемая система переходит в состояние, опасное для человека и природы.

Кроме этого, рост техногенного и антропогенного негативного влияния на среду обитания человека не всегда ограничивается нарастанием только опасностей прямого действия, например, ростом концентрации токсичных примесей в атмосфере. При определенных условиях возможно появление вторичных негативных воздействий, возникающих на региональном или глобальном уровне и оказывающих негативное влияние на регионы биосферы и значительные группы людей. К ним относятся процессы образования кислотных дождей, смога, «парниковый эффект», разрушение озонового слоя Земли, накопление токсичных и канцерогенных веществ в организме животных, рыб, в пищевых продуктах.

Достижение приемлемого уровня безопасности в системе «человек – среда обитания – техносфера» неразрывно связано с необходимостью глубокого анализа причин роста численности и уровня действующих в биосфере и техносфере опасностей; изучение причин принудительной потери здоровья и гибели людей; разработки и широкого применения превентивных защитных мер на производстве, в быту и регионах техносферы.

Кроме этого, обеспечение безопасности на производстве (будь то производство спецодежды, оборудования, химикатов, продуктов питания и пр.) – важнейшая составляющая его нормального функционирования. Охрана труда и промышленная безопасность – это области, тесно связанные между собой.

Производственная (промышленная) безопасность, промышленная безопасность опасных производственных объектов – состояние защищенности

жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий.

Производственная (промышленная) безопасность – это обеспечение таких условий труда и производства, при которых будет сведен к минимуму риск возникновения внештатных ситуаций, в частности, аварий, которые могут нанести вред не только сотрудникам предприятия или организации, но и обществу, а также окружающей среде (вредные выбросы в атмосферу и т. д.).

Основная цель производственной (промышленной) безопасности – предотвращение и/или минимизация последствий аварий на опасных производственных объектах.

Учебно-методическое пособие «Производственная безопасность» предназначено для студентов направления подготовки 280700.62 «Техносферная безопасность», специальности 050104.65 «Безопасность жизнедеятельности», специализация «Экологическая безопасность и охрана труда» и способствует более успешной реализации государственных требований к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников.

В настоящем пособии последовательно рассматриваются организация безопасных, экологически чистых производственных процессов и аппаратов, анализ и оценка производственных опасностей, организация пожарной безопасности и электробезопасность на производстве, экспертиза промышленной безопасности.

Основной целью учебно-методического пособия «Производственная безопасность» является формирование у студентов необходимых знаний для решения технологических задач по виду профессиональной деятельности, а также формирование у специалистов уровневой системы образования знаний о неразрывном единстве эффективной профессиональной деятельности с требованиями к безопасности и защищенности человека. Реализация этих требований гарантирует сохранение работоспособности и здоровья человека, готовит его к действиям в экстремальных условиях.

Задача учебно-методического пособия «Производственная безопасность» – сформировать теоретические знания и дать практические навыки для выполнения профессиональной деятельности студентов в области обеспечения производственной (промышленной) безопасности эксплуатируемых опасных производственных объектов, по снижению риска возможных аварий, повышению эффективности мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий возможных производственных аварий и катастроф.

В процессе освоения данного пособия студент формирует и демонстрирует общекультурные (ОК) и профессиональные (ПК) компетенции ООП ВПО, реализуемые ФГОС ВПО.

Общекультурные компетенции:

ОК-7 – владение культурой безопасности и риск-ориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранения окружающей среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности.

ОК-8 – способность работать самостоятельно.

ОК-15 – способность использовать управленческие навыки в профессиональной и социальной деятельности.

Профессиональные компетенции:

ПК-1 – способность ориентироваться в перспективах развития техники и технологий защиты человека и природной среды от опасностей техногенного и природного характера.

ПК-8 – способность ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности, обоснованно выбирать известные

устройства, системы и методы защиты человека и природной среды от опасностей.

ПК-9 – способность ориентироваться в основных нормативных правовых актах в области обеспечения безопасности.

В результате изучения данного пособия обучающийся должен:

знать:

- основные элементы системы производственной (промышленной) безопасности и их взаимосвязь (ОК-7);
- методы определения и анализа показателей системы производственной (промышленной) безопасности, оценки ее результативности (ОК-7, ПК-1, ПК-8);
- закономерности функционирования системы производственной (промышленной) безопасности и способы ее непрерывного совершенствования (ОК-7, ПК-1, ПК-8);
- российские и международные стандарты, регламентирующие требования промышленной безопасности (ПК-9);

уметь:

- организовать на производстве различные виды деятельности в области промышленной безопасности (ОК-8, ОК-15, ПК-1, ПК-8, ПК-9);
- идентифицировать опасности, экологические аспекты, а также оценивать риски и значимость экологических аспектов и разрабатывать необходимые меры управления (ОК-7, ОК-8, ПК-8);
- ставить цели в области производственной (промышленной) безопасности и разрабатывать мероприятия для их реализации (ОК-15);
- разрабатывать проекты внутренних документов системы промышленной безопасности (политики, приказов, положений, инструкций и т. п.) (ОК-7, ОК-8, ОК-15, ПК-9);
- разработать мероприятия, способствующие созданию условий, при которых обеспечивается выполнение законодательных и других требований в области промышленной безопасности на производстве (ОК-7, ОК-8, ПК-1, ПК-8, ПК-9);

владеть:

- методиками оценки риска аварий на опасных производственных объектах (ОК-7, ОК-8, ПК-8, ПК-9);
- информацией о системах промышленной безопасности ведущих производств РФ и его субъектов (ОК-7, ПК-1, ПК-8, ПК-9).

Основное содержание предлагаемого учебно-методического пособия апробировано авторами в лекциях по дисциплинам: «Пожарная безопасность», «Электробезопасность», «Системы защиты среды обитания», «Природопользование», «Промышленная экология», «Прикладная экология», «Техногенные системы и экологический риск», прочитанных в 2008–2013 гг. в Сахалинском государственном университете. Также данное пособие можно использовать для организации самостоятельной работы студентов с использованием интерактивных методов обучения при изучении вышеперечисленных дисциплин.

Авторы заранее выражают признательность всем, кто сочтет необходимым сделать свои замечания и высказать пожелания по содержанию настоящего пособия.

РАЗДЕЛ I.

ВВЕДЕНИЕ В ДИСЦИПЛИНУ

«ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»

1.1. Историческая справка

Человек постоянно подвергается воздействию множества опасностей в быту, на производстве, в транспорте, на отдыхе и в других жизненных условиях. Ежедневно средства массовой информации приносят сообщения об очередных авариях, катастрофах или стихийных бедствиях, повлекших за собой гибель людей и громадный материальный ущерб. При этом причины наших бед мы чаще всего склонны видеть в невезении или необъяснимом стечении обстоятельств, не желая расценивать их как результат наших ошибок, неправильных действий или простого пренебрежения правилами поведения, средствами защиты и т. д.

Проблема защиты человека от опасностей в различных условиях его жизни (обитания, деятельности) возникла одновременно с появлением на Земле наших далеких предков. На заре человечества это были опасные природные явления: наводнения, пожары, землетрясения и др. С течением времени появляются опасности, творцом которых стал сам человек.

Ученые с древних времен изучают условия безопасности человека в процессах трудовой и иной деятельности: Гиппократ (460–377 до н. э.) и Аристотель (384–322 до н. э.) в своих сочинениях рассматривали условия труда; Парацельс (1493–1541) изучал опасности, связанные с горным делом; Агрикола (1494–1555) изложил вопросы безопасного труда в своей работе «О горном деле»; Ромаццини (1633–1714) заложил основы профессиональной гигиены в книге «О болезнях ремесленников»; М. В. Ломоносов (1711–1765) написал основополагающие работы по безопасности труда в горном деле; К. Маркс (1818–1883) и Ф. Энгельс (1820–1895) исследовали условия труда и безопасности человека как фактор социально-экономического развития капитализма; В. И. Ленин (1870–1924) выдвинул идеи, заложенные в фундамент советской, а затем и российской систем охраны труда и безопасности (промышленной и экологической).

Значительный вклад в развитие теории безопасности внесли российские ученые: В. Л. Кирпичев, А. А. Пресс, Д. П. Никольский, В. А. Левицкий, А. А. Скочинский, С. И. Каплун, В. А. Легасов, О. Н. Русак, Б. Г. Попов, Н. Ф. Реймерс, А. Л. Яншин, А. В. Яблоков и др. Из трудов зарубежных ученых наиболее популярны в России работы: Ю. Одума (1975, 1986), Э. Пианки (1981), М. Бигона (1989), Г. Доусона и Б. Мерсера (1986), Л. Штарке (1987), В. Маршалла (1989), Б. Небела (1993) и др.

На рубеже XX–XXI вв. возникло и набирает силу новое научное направление о безопасности жизнедеятельности. Побудительным мотивом явилась социальная потребность в защите людей от негативных воздействий в новой среде обитания – техносфере. Это связано со значительными людскими потерями в сфере деятельности и в быту. В подтверждение сказанного обратимся к данным о гибели людей от техногенных воздействий. Техногенная смерть

в мире и в России в настоящее время составляет приблизительно 2,5 % от годовой естественной смертности населения, и это не может не вызывать тревоги человеческого сообщества.

Как следует из справочных данных Госкомстата (ныне Росстат), наибольшее количество чрезвычайных ситуаций (ЧС) приходится на промышленно развитые территории. Существенно увеличилось к началу XXI в. по сравнению с 1990 г. количество чрезвычайных ситуаций техногенного характера в Северо-Западном (на 91 %), Центральном (на 48 %), Забайкальском (на 41 %) регионах. Наиболее часто в этот период чрезвычайные ситуации складывались в Московской (110 ЧС), Ленинградской (56 ЧС), Тюменской (54 ЧС) областях.

Число пострадавших и ущерб от воздействия негативных факторов техносферы в настоящее время возросли настолько, что на современном этапе развития общество уже не может ограничиться только применением традиционных средств и методов техники безопасности, охраны труда и природы, гражданской обороны, ранее использовавшихся и во многом устаревших. Человек вынужден активно переходить от констатации фактов негативного воздействия и ликвидации последствий к их превентивному анализу и радикальному предупреждению их отрицательного воздействия на триаду «биосфера – техносфера – ноосфера», используя комплексные защитные меры и системное управление чрезвычайными ситуациями.

Таким образом, комплекс теоретических и практических решений, направленных на реализацию указанных задач, составляет основу новой области знаний о безопасности взаимодействия человека со средой обитания, в том числе и техногенной средой. Иными словами, производственная (промышленная) безопасность стоит на страже защиты людей и общества в целом от аварий на опасных производственных объектах и последствий данных аварий. Основной задачей является предотвращение и минимизация последствий разрушений сооружений, технических устройств на опасных объектах, неконтролируемых взрывов, выброса опасных веществ.

Производственная (промышленная) безопасность – научная дисциплина о комфортном, безопасном и экологичном взаимодействии человека в системе «среда обитания – техносфера».

Производственная безопасность – система знаний, изучающая опасности, угрожающие человеку, их влияние на его здоровье и разрабатывающая методы и средства обеспечения безопасности в производственной среде.

Основными целями производственной (промышленной) безопасности как научного направления являются:

1. Защита человека в техносфере от негативных воздействий антропогенного и естественного (природного) происхождения и достижение комфортных условий жизнедеятельности.

2. Уменьшение вероятности проявления опасностей или уменьшение риска, прогнозирования ЧС, аварий.

3. Обеспечение готовности к возможным катастрофам и организация ликвидации последствий.

Производственная безопасность позволяет выработать идеологию безопасности, сформировать безопасное мышление и поведение в производственной среде.

В центре внимания является рабочий как сама цель развития общества, его здоровья и работоспособности.

Формула цели производственной безопасности:

$$\text{Цель} = \text{БС} + \text{ПТ} + \text{СЗ} + \text{ПР} + \text{КТ},$$

где: БС – достижение безаварийной ситуации;
ПТ – предупреждение травматизма;
СЗ – сохранение здоровья;
ПР – повышение работоспособности;
КТ – повышение качества труда.

Для достижения поставленных целей производственная (промышленная) безопасность решает группы задач:

1. Научные задачи (создание математических моделей в системе: «человек – производственная среда», «человек – машина») для исследования поведения этих людей и оценки вредного влияния различных производственных факторов на человека.

2. Практические задачи (обеспечение безопасных условий труда при обслуживании оборудования).

3. Идентификация техногенных опасностей, реализация профилактических мероприятий и защита от остаточного техногенного риска.

Таким образом, предметом производственной безопасности является производственная деятельность человека.

1.2. Основные определения

Рассмотрим основные определения и понятия, используемые в дисциплине «Производственная безопасность».

Деятельность – это все разнообразие целесообразных и осознанных операций, выполняемых человеком.

Жизнедеятельность – способ существования, включающий повседневную деятельность и все виды отдыха человека.

Здоровье – естественное состояние организма, характеризующееся его уравновешенностью с окружающей средой и отсутствием каких-либо болезненных изменений (ощущений).

Примечание: в Уставе Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) записано: «Здоровье – это состояние полного физического, духовного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней и физических дефектов».

Среда обитания – окружающая человека среда, обусловленная в данный момент совокупностью факторов (физических, химических, биологических, социальных), способных оказывать прямое или косвенное, немедленное или отдаленное воздействие на деятельность человека, его здоровье и потомство.

Понятия «среда обитания» и «окружающая среда» (см. далее) – синонимы.

Вредный производственный фактор – фактор, воздействие которого на человека (работника) может привести к его заболеванию. Воздействие вредного фактора на биосферу приводит к ее деградации.

Опасный производственный фактор – фактор, воздействие которого на человека (работника) может привести к травме.

Производственная среда – пространство, в котором совершается трудовая деятельность человека. Она состоит из составляющих элементов: средства, предметы и продукты труда.

Рабочая зона – более мелкий элемент производственной зоны, где непосредственно располагается рабочее место.

Рабочее место (рабочая площадка) – место, на котором работник должен находиться или в которое ему необходимо прибыть в связи с его работой и которое прямо или косвенно находится под контролем работодателя.

Производственная деятельность – активное взаимодействие человека с производственной средой, результатом которого должна быть ее полезность для существования человека.

Негативное воздействие – свойство элементов системы причинять ущерб людским и материальным ресурсам, а также природной среде, обусловленное энергетическим состоянием среды и действиями человека.

Безопасность – состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества, государства от внутренних и внешних угроз (ст. 1 Закона Российской Федерации от 5 марта 1992 г. № 2446-1 «О безопасности»).

По ГОСТ Р 12.0.006-2002 безопасность – состояние, при котором риск для здоровья и безопасности персонала находится на приемлемом уровне. Безопасность является важнейшей потребностью человека наряду с его потребностями в пище, воде, одежде, жилище, информации.

Опасность – ситуация, которая может привести к травмам или нанести вред здоровью работающего (ГОСТ 12.2.009-99).

Опасность – негативное свойство живой и неживой материи, способное причинить ущерб самой материи, а именно людям, природной среде и материальным ценностям.

Техногенная опасность – состояние, внутренне присущее технической системе, промышленному или транспортному объекту, реализуемое в виде поражающих воздействий при аварии на человека и окружающую среду при его возникновении и в процессе эксплуатации этих объектов.

Идентификация опасности – процесс выявления и признания, что опасности на производственном объекте существуют, и определение их свойств и характеристик.

Риск – вероятность наступления нежелательного события, при котором реализуется опасность (ГОСТ Р 12.4.218-99).

Приемлемый (допустимый) риск – минимальный неизбежный риск, который приемлет общество в данный период времени.

Происшествие – событие, включающее негативное воздействие на людей и природную среду.

Инцидент – отказ или повреждение технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, отклонение от режима технологического процесса.

Авария – происшествие в технической системе, не сопровождающееся гибелью людей, при котором восстановление технических средств невозможно или экономически нецелесообразно.

Катастрофа – происшествие в технической системе, сопровождающееся гибелью или пропажей людей.

Зона чрезвычайной ситуации – регион или его часть, где негативные воздействия привели к устойчивым нарушениям здоровья людей и состояния природной среды.

Зона бедствия – регион или его часть, где негативные техногенные воздействия привели к гибели людей и (или) разрушению природной среды.

Комфорт – удобства, благоустроенность, уют, обеспечивающие максимальную эффективность деятельности и отдыха человека.

Опасный параметр – параметр, который при достижении критических значений способен создавать опасность для рассматриваемого рода деятельности (ГОСТ Р 12.3.047-98).

Опасные вещества – воспламеняющиеся, окисляющиеся, горючие, взрывчатые, токсичные вещества.

Технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте, – машины, технологическое оборудование, системы машин и (или) оборудования, агрегаты, аппаратура, механизмы, применяемые при эксплуатации опасного производственного объекта.

Опасный производственный объект – производственный объект (предприятие или его цеха, участки, площадки, иной производственный объект), представляющий в случае аварии потенциальную опасность для жизни и здоровья людей, их имущества, для природной среды.

Опасные производственные объекты подлежат регистрации в государственном реестре в порядке, устанавливаемом Правительством Российской Федерации.

Опасный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме, острому отравлению или другому внезапному ухудшению здоровья (ГОСТ 12.0.002-80).

Интенсивное развитие хозяйственной деятельности людей (потребности – производство – потребление), деградация природных экосистем, аварии и катастрофы на промышленных и оборонных объектах оказали разрушительное воздействие на окружающую среду и привели природу к состоянию экологического кризиса, грозящего экологической катастрофой (со всеми вытекающими последствиями для здоровья населения). Суммарные результаты негативного воздействия роста экономического потенциала государств на окружающую среду представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1

**Суммарные результаты негативного воздействия роста
экономического потенциала государств на окружающую среду к 2010 г.**

Сфера воздействия	Некоторые характеристики воздействия
Мировой океан	Ежегодно в Мировой океан попадает до 30 млн. т нефти и нефтепродуктов, 6 млн. т фосфора, 20 млн. т пестицидов
Запасы пресной воды	Годовое потребление человеком пресной воды составляет 3500 м ³ . При этом слив неочищенных вод – 32 м ³ (1 м ³ стоков губит 50 м ³ пресной воды)
Атмосфера	Ежегодно в атмосферу выбрасывается около 5 млрд. т диоксида углерода, 200 млн. т оксида углерода, 146 млн. т диоксида серы, 53 млн. т оксидов азота. Наметилась все возрастающая тенденция разрушения озонового слоя, роста «парникового эффекта»
Флора и фауна	Леса планеты уничтожаются со скоростью 20 га/мин., что в 18 раз превышает темп их роста. Под угрозой распространения пустыни находится 20 % поверхности суши. Ландшафты разрушаются со скоростью 44 га/мин. На грани ис-

Сфера воздействия	Некоторые характеристики воздействия
	чезновения находятся более 1000 позвоночных животных и 25 тыс. видов растений
Глобальная	На 35 испытательных полигонах мира взорвано более 1800 ядерных боеприпасов, из них 25 % – над поверхностью земли, что привело к радиоактивному загрязнению некоторых районов с уровнями, превышающими черномыльские. Кроме того, в Мировом океане затонуло около 10 атомных подводных лодок (с атомными реакторами, баллистическими ракетами и торпедами с ядерными боеприпасами). Продолжается практически неконтролируемое захоронение радиоактивных отходов в морях (океанах) и на суше

Перед человечеством встала задача рационального природопользования (экономически, экологически и социально обоснованного использования природных ресурсов в народном хозяйстве) в сочетании с эффективным снижением отрицательного воздействия промышленного производства на окружающую среду (биосферу).

Биосфера – это оболочка Земли, сформированная прошлой или современной деятельностью живых организмов. По определению академика В. И. Вернадского, биосфера – часть земного шара, в пределах которой существует жизнь. Биосфера охватывает часть атмосферы (примерно до озонового слоя), верхнюю часть литосферы, так называемую кору выветривания (2–3 км в глубь земли), и гидросферу. Биосфера сформировалась на нашей планете около 4 млрд. лет назад. Венцом развития биосферы стал человек (эволюция: мускульная – паровая – электрическая – атомная энергия). На Земле появились созданные человеком заводы, фабрики, транспортные системы, объекты ядерной техники. Весь этот искусственно созданный технический мир называли техносферой.

Технический мир находится в явном противоречии с законами жизни на Земле (и естественными экологическими системами) – идет объективное разрушение окружающей среды. С другой стороны, диалектика взаимодействия общества и природы ставит задачу лишь о различной глубине этих противоречий и о разных возможностях (путях) их разрешения. Таким образом, возникает ряд вопросов, связанных с качеством окружающей среды и жизни человека.

Вся эта область задач и вопросов является предметом экологии. Термин «экология» (греч. «*oikos*» – жилище, местопребывание, дом; «*logos*» – учение, наука) предложил в 1866 г. немецкий биолог Э. Геккель. В его трактовке экология – «это познание экономики природы, одновременное исследование всех взаимоотношений живого с органическими и неорганическими компонентами среды». *Экология* – наука о взаимоотношениях между живыми организмами и средой обитания.

Современная экология изучает также взаимодействие человека и биосферы, общественного производства с окружающей его природной средой и другие проблемы. В настоящее время экология является научной базой для развития прикладной экологии: охраны окружающей среды (или охраны природы), защиты биосферы, инженерной экологии, промышленной экологии, экологической безопасности и других самостоятельных направлений,

составляющих многоплановую дисциплину экологии. Сам процесс проникновения идей и проблем экологии в другие области знания получил название экологизации.

Экология превратилась из раздела биологии в системный комплекс фундаментальных и прикладных дисциплин, который Н. Ф. Реймерс назвал мега-экологией. Другие авторы называют этот комплекс макроэкологией. К этому комплексу относятся законодательные, организационные, санитарно-гигиенические, инженерно-технические и другие мероприятия, предупреждающие или снижающие вредное воздействие результатов деятельности человека на биологические системы.

Наряду с проблемами теоретической экологии большую актуальность приобрели проблемы ее прикладных ответвлений, связанных с решением задач по идентификации и оценке опасностей антропогенных воздействий, защите окружающей среды и обеспечению высокого уровня жизни людей. К числу такого рода задач относятся экологическая безопасность, формирование, прогнозирование антропогенных загрязнений и химический мониторинг.

Понятия «экологическая обстановка», «экологическая опасность (безопасность)» и «ресурсосбережение» в настоящее время широко применяют при рассмотрении многих экологических проблем, особенно прикладного характера. Большое распространение находят такие понятия, как «химическая обстановка», «химическая опасность (безопасность)», «радиационная обстановка», «допустимые уровни шума», «допустимые уровни электромагнитных излучений», и другие, относящиеся к частным областям взаимодействия природы с живыми организмами.

Например, *экологическая безопасность* трактуется как свойство любой деятельности человека, исключающей вредное воздействие на окружающую среду. Под экологической безопасностью понимают также положение, при котором путем правового нормирования, выполнения экологических, природоохранительных и инженерно-технических требований достигается предотвращение или ограничение опасных для жизни и здоровья людей, разрушительных для народного хозяйства и окружающей среды последствий экологических катастроф.

Понятие «*окружающая среда*» трактуется как совокупность всех материальных тел, сил и явлений природы: абиотической среды (компоненты и явления неживой, неорганической природы: климат, свет, химические элементы и вещества, температура), биотической среды (факторы взаимодействия особей и видов между собой: конкуренция, паразитизм и др.) и социальной среды, совместно оказывающих влияние на человека и его деятельность.

Понятие «*природная среда*» является более узким. Оно включает в себя совокупность объектов и условий природы, в которых протекает деятельность какого-либо субъекта.

К факторам, проявляющимся в результате деятельности человека, относятся антропогенное и техногенное воздействие на природную среду.

Под *антропогенным воздействием* подразумевается любой вид хозяйственной деятельности человека в его отношении к природе. *Техногенное воздействие* понимается несколько уже – это целенаправленный процесс технической (технологической) деятельности человека в биосфере и околоземном пространстве.

В зависимости от вида антропогенного воздействия (см. рис. 1.1) понятие «экологическая безопасность» может трансформироваться в то или иное широко применяемое на практике понятие, например, в понятие химической безопасности.

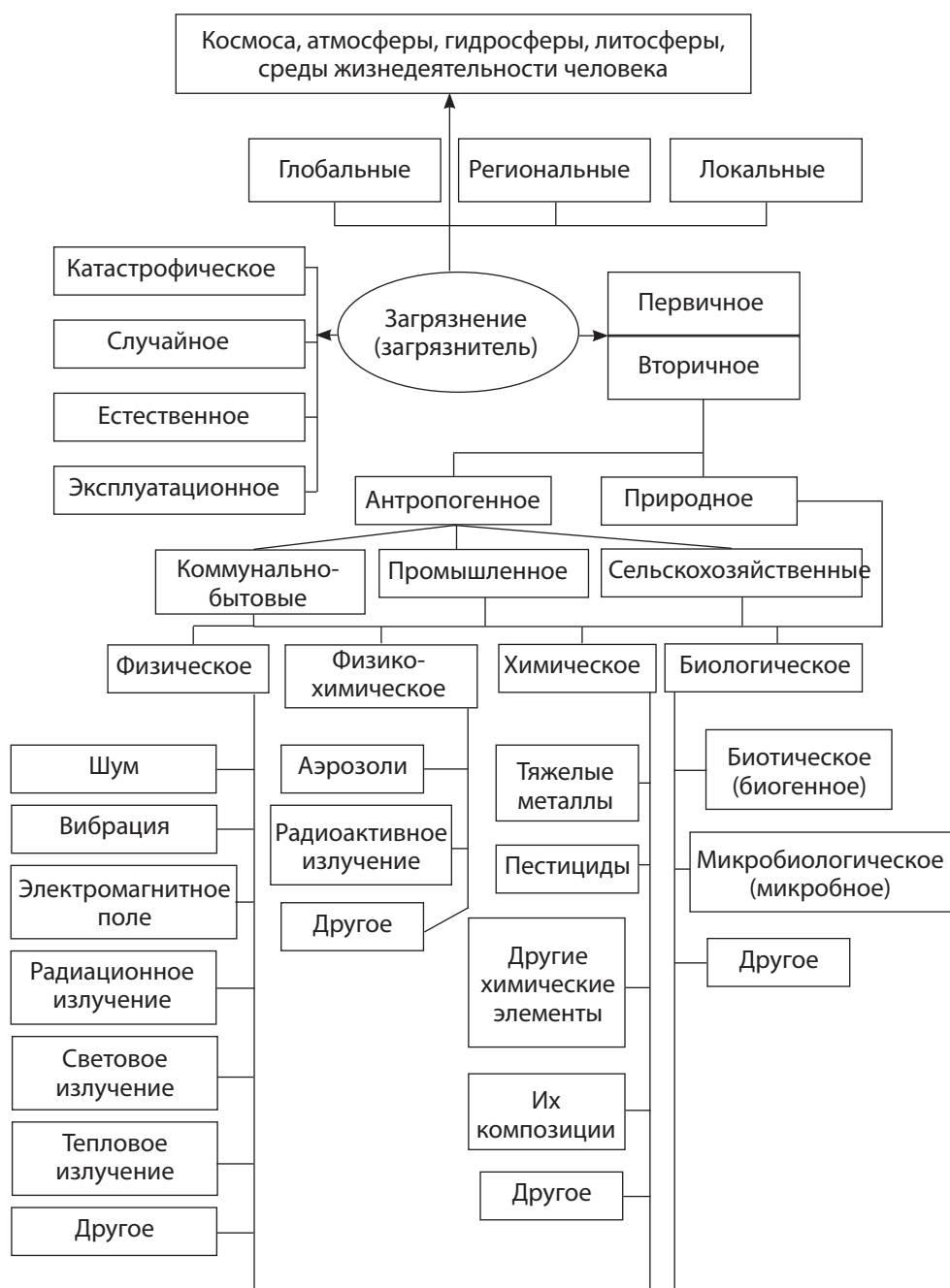


Рис. 1.1. Классификация загрязнений биосферы

Химическая безопасность – это совокупность определенных свойств объектов окружающей среды и создаваемых условий, при которых (с учетом экономических, социальных факторов и научно обоснованных допустимых дозовых нагрузок вредных химических веществ) удерживаются на разумно низком, минимально возможном уровне риск возникновения аварий на химически опасных объектах, а также прямое и косвенное воздействие вредных химических веществ на окружающую среду и человека и исключаются

отдаленные последствия влияния этих веществ для настоящего и последующих поколений.

Поддержание и обеспечение экологической (химической) обстановки на приемлемом уровне по определяющим ее параметрам во многом достигается целенаправленной деятельностью людей. Эта деятельность, выражающаяся в осуществлении определенных мероприятий, называется экологическим (химическим) обеспечением.

Экологическое обеспечение – это комплекс мероприятий организационно-технического, социально-экономического, правового регулирования и других, направленных на сохранение и восстановление качества природной среды, а также на обеспечение высокого уровня жизни людей в процессе функционирования народно-хозяйственных, культурно-бытовых и других объектов и структур.

Экологизация – процесс неуклонного и последовательного внедрения систем технологических, управленческих и других решений, позволяющих повышать эффективность использования естественных ресурсов и условий наряду с улучшением или хотя бы сохранением качества природной среды на локальном, региональном и глобальном уровнях.

Экологизация технологий (производств) – мероприятия по предотвращению отрицательного воздействия производственных процессов на природную среду. Осуществляется путем разработки малоотходных (ресурсосберегающих) технологий, аппаратов и оборудования, дающих на выходе минимум вредных выбросов.

Экологизированные технологии – производственные процессы и производства, которые не нарушают естественные круговороты в природе, сводят к минимуму поступление загрязняющих веществ в биосферу и гармонично вписываются в природные условия.

В их основу должны быть положены следующие принципы:

- пространственная компактность: каждое предприятие должно занимать возможно минимальную территорию, а его цеха и отделы должны работать по принципу: создание экологически чистой продукции → ее сбыт → возврат отходов в производство, или их рециклинг;
- малоотходность (теоретически безотходность) технологий и производств;
- замкнутость производственных циклов, позволяющая сохранить в чистоте природную среду и уменьшить потребление природных ресурсов;
- возможность вторичной переработки (рекуперации) отходов до такой степени, чтобы они стали пригодными для разложения и включения в естественные круговороты.

Теперь, опираясь на основные понятия безопасности жизнедеятельности и экологии, можно рассматривать и устанавливать главные способы (методы) разрешения конфликта человека с природой, сохранения высокого качества окружающей среды и здоровья населения в результате его хозяйственной деятельности.

1.3. Теоретические основы промышленной безопасности

Реализация мероприятий по ограничению размеров возможного ущерба здоровью человека, окружающей природной среде в случае аварии или

иных нежелательных инцидентов на промышленных объектах должна осуществляться на основе комплексного подхода к управлению промышленной безопасностью. Ужесточение требований к работодателям в области промышленной безопасности повышает их финансовую заинтересованность в улучшении условий труда. Вложение инвестиций в совершенствование промышленной безопасности позволяет достичь целого ряда положительных результатов: уменьшения количества невыходов на работу по болезни и числа работников, претендующих на пособие по нетрудоспособности; улучшения мотивации деятельности персонала; уменьшения текучести рабочих кадров; предотвращения ущерба от производственных несчастных случаев и катастроф; ограничения воздействия токсичных веществ, радиации, шума и других негативных факторов на персонал и окружающую (производственную) среду.

Промышленная безопасность – система мер по защите жизни и здоровья персонала предприятий и других граждан, имущества граждан и организаций, окружающей природной среды от вредных и опасных факторов, имеющих место при авариях на опасных производственных объектах.

Под *промышленной безопасностью опасных производственных объектов* понимается состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварии на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий.

Промышленная безопасность не является составной частью охраны труда. Можно сказать, что это пересекающиеся множества.

Основная *цель промышленной безопасности* – предотвращение и/или минимизация последствий аварий на опасных производственных объектах. Основная цель охраны труда – сохранение жизни и здоровья работников, то есть вполне возможны аварии, которые не причиняют вред жизни и здоровью работников, и, наоборот, вред жизни и здоровью работников может быть причинен без аварий.

Требования промышленной безопасности распространяются на следующие виды деятельности:

- проектирование, строительство, эксплуатация, расширение, реконструкция, техническое перевооружение, консервация и ликвидация опасного производственного объекта;
- транспортирование опасных веществ организациями, эксплуатирующими опасные производственные объекты;
- проведение маркшейдерских и геолого-разведочных работ, в том числе работ по доразведке месторождений полезных ископаемых и геофизических работ;
- организация горно-спасательных, газоспасательных, противодантных и других работ по предупреждению, локализации и ликвидации аварий на опасных производственных объектах;
- проектирование, изготовление, монтаж, наладка, обслуживание и ремонт оборудования, работающего под избыточным давлением 0,07 мегапаскаля (паровых котлов, сосудов, работающих под давлением пара или газа, трубопроводов пара) или при температуре нагрева воды более 115 градусов Цельсия (водогрейных котлов, сосудов, трубопроводов горячей воды), а также подъемных сооружений (грузоподъемных кранов, кранов-манипуляторов, кранов-трубоукладчиков, лифтов, подвесных канатных дорог, фуникулеров, подъемников (вышек), строительных подъемников, платформ подъемных для инвалидов, эскалаторов, съемных грузозахватных органов и приспособлений), регистрируемых в органах Госгортехнадзора России;

- изготовление, монтаж, наладка, обслуживание и ремонт технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте;
- проведение экспертизы промышленной безопасности;
- подготовка и аттестация работников организаций в области промышленной безопасности.

Организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, обязана:

- соблюдать положения Федерального закона № 116-ФЗ, других федеральных законов и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, а также нормативных технических документов в области промышленной безопасности;
- иметь лицензию на эксплуатацию опасного производственного объекта;
- обеспечивать укомплектованность штата работников опасного производственного объекта в соответствии с установленными требованиями;
- допускать к работе на опасном производственном объекте лиц, удовлетворяющих соответствующим квалификационным требованиям и не имеющих медицинских противопоказаний к указанной работе;
- обеспечивать проведение подготовки и аттестации работников в области промышленной безопасности.

Основными задачами промышленной безопасности являются:

- ✓ предотвращение аварий;
- ✓ минимизация ущерба, наносимого вредными и опасными факторами, сопровождающими аварии, здоровью человека и состоянию окружающей природной среды;
- ✓ ликвидация последствий аварий и компенсация ущерба.

Решение данных задач базируется на законодательных и нормативных актах, в которых сформулированы основные требования промышленной безопасности и обозначены механизмы обеспечения промышленной безопасности.

Административно-правовое регулирование в сфере промышленной безопасности и особенности правового статуса деятельности опасного производственного объекта составляют:

- 1) Конституция РФ (ст. 8, 17, 20, 34, 37, 41);
- 2) Федеральный закон РФ от 05.03.1992 г. № 2446-1 «О безопасности»;
- 3) Федеральный закон РФ от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»;
- 4) Федеральный закон РФ от 30.03.1999 г. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (ст. 11, 13, 20, 24, 32);
- 5) Федеральный закон РФ от 21.07.1997 г. № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» (СЗ РФ. 1997. № 30, ст. 3589);
- 6) Федеральный закон РФ от 09.01.1996 г. № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения» (СЗ РФ. 1996. № 3, ст. 141);
- 7) Федеральный закон РФ от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

Кроме того, административно-правовой режим обеспечения промышленной безопасности основан на нормах многочисленных постановлений Правительства РФ, принятых в развитие норм Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», в частности, это постановления:

- а) от 25.12.1998 г. № 1540 «О применении технических устройств на опасных производственных объектах» (СЗ РФ. 1999. № 1, ст. 191);
- б) от 24.11.1998 г. № 1371 «О регистрации объектов в государственном реестре опасных производственных объектов» (СЗ РФ. 1998. № 48, ст. 5938);

в) от 11.08.1998 г. № 928 «О перечне технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах и подлежащих сертификации» (СЗ РФ. 1998. № 33, ст. 4030).

К правовому обеспечению промышленной безопасности также относятся: «Положения о порядке оформления декларации промышленной безопасности и перечне сведений, содержащихся в ней», утвержденные Госгортехнадзором РФ 07.09.1999 г. № 66; «Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов» РД 03-418-01.

В правовом регулировании промышленной безопасности особая роль отводится Федеральному закону РФ от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Данный закон:

- определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов;
- направлен на предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты, к локализации и ликвидации последствий указанных аварий;
- дает основные понятия в области промышленной безопасности;
- определяет федеральные органы исполнительной власти в области промышленной безопасности и возлагает на них осуществление соответствующего нормативного регулирования, а также специальных разрешительных, контрольных и надзорных функций в области промышленной безопасности;
- перечисляет параметры, относящиеся предприятиям или их цехам, участкам, площадкам, а также иные производственные объекты к опасным производственным объектам (см. приложение 1).

Режим обеспечения промышленной безопасности является наиболее сложным из всех специальных административно-правовых режимов, направленных на безопасность деятельности опасного производственного объекта. Сложность этого режима обусловлена сочетанием различных правовых средств, используемых в государственном регулировании. К таковым в данном режиме можно отнести:

- экспертизу промышленной безопасности (зданий, устройств, документации);
- лицензирование деятельности в области промышленной безопасности;
- обязательную сертификацию технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах;
- государственную регистрацию опасных объектов;
- обязательное страхование гражданской ответственности;
- специальную аттестацию и подготовку персонала для работы на опасных производственных объектах.

Кроме этого, в режиме промышленной безопасности используется несколько видов надзора и контроля состояния защищенности опасных производственных объектов (авторский надзор, производственный контроль, государственный контроль и надзор).

Если посмотреть на перечень средств, используемых для обеспечения безопасности опасных производственных объектов, становится очевидно, что данный режим плотно взаимодействует с другими административно-правовыми режимами и использует средства их регулирования. В частности, речь идет о взаимодействии с режимами лицензирования, государственной регистрации, обеспечения противопожарной безопасности и пр. Помимо этого, действие административно-правового режима обеспечения промышленной безопасности неразрывно связано с режимом обеспечения экологи-

ческой безопасности и режимом охраны труда, поскольку нарушение правил, установленных в режиме промышленной безопасности, может привести к причинению вреда объектам, обеспечение безопасности которых обслуживают другие режимы.

В качестве субъектов, осуществляющих общее административно-правовое регулирование в сфере промышленной безопасности, можно выделить Президента РФ и Правительство РФ, поскольку они уполномочены законодателем на определение федерального органа исполнительной власти, специально уполномоченного в области промышленной безопасности. Таковыми в настоящее время являются:

- Министерство промышленности и энергетики Российской Федерации (Минпромэнерго России) (Постановление Правительства РФ от 16 июня 2004 г. № 284 «Об утверждении Положения о Министерстве промышленности и энергетики Российской Федерации»);

- Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) (Постановление Правительства РФ от 30 июля 2004 г. № 401 «О Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору» // СЗ РФ. 2004. № 25, ст. 2566).

Минпромэнерго России является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере промышленного, оборонно-промышленного и топливно-энергетического комплексов, а также в области развития авиационной техники, технического регулирования и обеспечения единства измерений в интересах обороны и безопасности государства.

Ростехнадзор является специально уполномоченным федеральным органом исполнительной власти в областях:

- государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии;
- промышленной безопасности;
- государственного горного надзора;
- экологической экспертизы в установленной сфере деятельности;
- охраны атмосферного воздуха.

Следует отметить, что данный административно-правовой режим построен таким образом, что права организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты, определены нормативными правовыми актами в общем, а их обязанности, наоборот, конкретизированы и четко определены законодательством. Таким образом, нормы режима устанавливают ограничения и рамки реализации права на осуществление предпринимательской деятельности с учетом эксплуатации опасных производственных объектов.

К обязанностям деятельности опасного производственного объекта относятся:

- соблюдение требований нормативных правовых актов и нормативных технических документов;
- прогнозирование аварий и инцидентов на опасных объектах;
- проведение производственного контроля;
- ведение учета инцидентов и аварий;
- проведение отбора лиц, которые могут быть допущены к работе на опасном производственном объекте;
- обеспечение проведения экспертизы промышленной безопасности;
- обеспечение охраны опасных промышленных объектов в целях исключения проникновения посторонних лиц.

Кроме этого, на организации, осуществляющие эксплуатацию опасных

объектов, возлагаются многие другие обязанности, связанные с необходимостью обеспечения состояния защищенности на опасных объектах. Например, обязанность страхования ответственности за возможное причинение вреда.

Следует отметить, что осуществление производственного контроля может рассматриваться как дополнительная обязанность субъекта, использующего опасный производственный объект, но не как способ осуществления государственного контроля в этой сфере.

1.4. Безопасные ресурсо- и энергосберегающие (малоотходные) технологии

Малоотходные (безотходные) технологии и замкнутые циклы – одна из самых радикальных мер защиты окружающей среды от загрязнений. Далее сформулированы четыре основных направления их развития в соответствии с Декларацией о малоотходной и безотходной технологии и использовании отходов (Женева, 1979):

- создание бессточных технологических систем различного назначения на базе существующих и перспективных методов очистки и повторно-последовательного использования нормативно очищенных стоков;
- разработка и внедрение систем переработки промышленных и бытовых отходов, которые рассматриваются при этом как вторичные материальные ресурсы (ВМР);
- разработка технологических процессов получения традиционных видов продукции принципиально новыми методами, при которых достигается максимально возможный перенос вещества и энергии на готовую продукцию;
- разработка и создание территориально-промышленных комплексов (ТПК) с возможно более полной замкнутой структурой материальных потоков и отходов производства внутри них.

Безотходная технология – экологическая стратегия промышленного производства, включающая в себя комплекс мероприятий, обеспечивающих минимальные потери природных ресурсов при максимальной экономической эффективности.

Критерием безотходной технологии является такое комплексное использование сырья и энергии, при котором процесс производства продукции не сопровождается загрязнением окружающей среды. При этом техногенный круговорот сырья, продукции и отходов предопределяет замкнутость производственного цикла, что, по существу, и составляет основу безотходной технологии.

Принцип безотходной технологии затрагивает все звенья производственной деятельности: разработку новых технологических рецептов, аппаратурного оформления процессов, экономических, экологических мероприятий и т. д. По официальному определению (Международный семинар по малоотходной технологии, Ташкент, 1984), «безотходная технология – это такой способ осуществления производства продукции, при котором наиболее рационально и комплексно используют сырье и энергию в цикле сырьевые ресурсы – производство – потребление – вторичные ресурсы – таким образом, любые воздействия на окружающую среду не нарушают ее нормального функционирования».

Существует два подхода к концепции безотходной технологии.

Один из них основан на законе сохранения вещества, в соответствии с которым сырье (материя) всегда может быть преобразовано в ту или иную продукцию. Следовательно, можно создать такой технологический цикл, в котором все экологически опасные вещества будут преобразовываться в безопасный продукт или исходное сырье.

Согласно другому подходу, полностью безотходную технологию нельзя создать ни практически, ни теоретически (подобно тому, как энергию нельзя полностью перевести в полезную работу в соответствии со вторым законом термодинамики, так и сырье невозможно полностью перевести в полезный экологически безопасный продукт). Другими словами, полностью безотходная технология – это идеальная система, к которой должен стремиться всякий реальный технологический цикл, и чем больше будет это приближение, тем меньшим будет экологически опасный след.

В этом отношении более реальной является так называемая малоотходная технология, под которой понимается такой способ производства продукции, когда вредное воздействие на окружающую среду доведено до санитарно-гигиенических норм, соответствующих предельно допустимым концентрациям (ПДК).

Иногда используют понятие «экологически чистая технология», подразумевая такой метод производства продукции, при котором сырье и энергию применяют настолько рационально, что объемы выбрасываемых в окружающую среду загрязняющих веществ и отходов сведены к минимуму.

Таким образом, приняв за основу, что полностью безотходная технология – это идеальная модель производства, можно утверждать, что и малоотходная технология требует определенных корректирующих коэффициентов, оценивающих степень их приближения к безотходной.

Имеется ряд подходов к определению безотходности производств: экспериментальная оценка, оценки по сырьевому и энергетическому балансам, полноте использования энергии, по общему параметру оптимизации, полученному с помощью функции желательности или технологического профиля, а также экономическим путем при сопоставлении совокупных затрат на производство продукции.

Общий баланс относительной токсичности массы (ОТМ) вредных веществ выглядит следующим образом:

$$\sum(M_C + M_B + M_T) - \sum M_H - \sum M_P = 0, \quad (1.1)$$

где: $M_C + M_B + M_T$ – масса отходов, поступающих в окружающую среду со сточными водами, газовыми выбросами и твердыми веществами; $\sum M_H$ – масса нейтрализованных отходов; $\sum M_P$ – масса рассеянных отходов.

Относительную экологичность типового процесса, технологической линии, цеха определяют по формуле:

$$A = \frac{\sum(M_C + M_B + M_T) - \sum M_H - \sum M_P}{\sum(\dot{I}_N + \dot{I}_A + \dot{I}_O)} 100 \%. \quad (1.2)$$

При условии $A \rightarrow 0$ процесс является безотходным.

Методология оценки категории безотходности химических производств предполагает, что коэффициент безотходности: $k_6 = f(k_m, k_{эH}, k_{ЭК})$, где k_m – коэффициент полноты использования материальных ресурсов; $k_{эH}$ – коэффи-

циент полноты использования энергетических ресурсов; $k_{эк}$ – коэффициент соответствия экологическим требованиям. В зависимости от величины k_6 и мощности все производства подразделяют на три категории: безотходные ($k_6 \geq 0,90 - 0,97$), малоотходные ($0,80 - 0,90 \leq k_6 \leq 0,90 - 0,97$) и рядовые ($k_6 \leq 0,80 - 0,90$).

Для угольной промышленности:

$$K_6 = 0,33(k_{п} + k_{в} + k_{шт}), \quad (1.3)$$

где: $k_{п}$ – коэффициент использования породы, образующейся в результате горных работ; $k_{в}$ – коэффициент использования попутно забираемой воды, образующейся при добыче угля; $k_{шт}$ – коэффициент использования пылегазовых отходов.

В общем случае для оценки степени совершенства технологического процесса, учитывая его воздействие на окружающую среду, за критерий безотходности принят коэффициент экологического действия (к. э. д.):

$$к. э. д. = \frac{B_T}{B_{\phi}} = \frac{B_T}{B_T + B_{\Pi}}, \quad (1.4)$$

где: B_m – теоретическое негативное воздействие производства на окружающую среду; B_{ϕ} – фактическое негативное воздействие; B_n – негативное воздействие, определяемое конкретным вариантом производства.

Если $B_{\phi} > B_T$ то к. э. д. $\rightarrow 0$, то есть данное производство абсолютно не учитывает требований экологической безопасности, что неизбежно ведет к так называемому экологическому «просчету», или экологическому «бумерангу». Чем выше значение коэффициента экологического действия к. э. д., тем более совершенно производство с точки зрения его воздействия на окружающую среду, тем больше его приближение к безотходной технологии.

Социально-экономический эффект безотходных производств определяют по комплексному критерию:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i - y}{Z_{\Pi}} \rightarrow \max, \quad (1.5)$$

где: $\sum_{i=1}^n \varepsilon_i$ – сумма всех эффектов, достигаемых при внедрении безотходного производства; y – ущерб от загрязнения окружающей среды отходами производства и потребления; Z_n – полные затраты на осуществление безотходного производства.

При наличии ряда вариантов безотходного производства должен быть выбран вариант с наибольшим значением η при минимальных Z_n . Сочетание прогрессивной технологии с современными методами очистки и контроля газопылевых выбросов, а также вторичного использования отходов позволяет реконструировать существующие и проектировать новые цеха, отдельные производственные участки, отвечающие всем требованиям экологической безопасности.

1.5. Контроль качества окружающей среды и промышленная безопасность

Безопасность жизнедеятельности в современных условиях развития промышленности, транспорта, коммунальных служб и сельского хозяйства является одной из важнейших задач нашего государства.

В Конституции (Основном Законе) РФ от 12.12.1993 г. определены материальная основа, цели и задачи, принципы и формы всей деятельности по охране природы. Важнейшими законодательными актами в этой области являются:

- 1) ФЗ РФ «Об охране окружающей среды» (2002 г.);
- 2) ФЗ РФ «О техническом регулировании» (2002 г.) и др.
- 3) ФЗ РФ «О безопасности» (1992 г., в ред. от 1993 г.);
- 4) ФЗ РФ «Об энергосбережении» (1996 г.);
- 5) ФЗ РФ «Об экологической экспертизе» (1995 г., в ред. от 1998 г.);
- 6) ФЗ РФ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (1997 г., в ред. от 2000 г.);
- 7) ФЗ РФ «Об отходах производства и потребления» (1998 г., в ред. от 2000, 2003 и 2004 гг.);
- 8) ФЗ РФ «Об охране атмосферного воздуха» (1999 г.);
- 9) ФЗ РФ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» (1998 г.);
- 10) ФЗ РФ «Об основах охраны труда в Российской Федерации» (1999 г.); Федеральный закон от 17.07.1999 г. № 181-ФЗ (ред. от 09.05.2005, с изм. от 26.12.2005) «Об основах охраны труда в Российской Федерации»;
- 11) ФЗ РФ «О страховых тарифах на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» (2001 г.); Федеральный закон от 30.11.2011 г. № 356-ФЗ «О страховых тарифах на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний на 2012 год и на плановый период 2013 и 2014 годов»;
- 12) Положение о Государственном комитете РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (1992 г.); Указ Президента РСФСР от 18 декабря 1991 г. № 305 «О Государственном комитете при Президенте РСФСР по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (с изменениями от 18 марта 1992 г.);
- 13) Постановление Правительства РФ «Об утверждении порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия» (1992 г., методика определения от 1999 г., в ред. от 2000 г.);
- 14) Положение об образовании Межведомственной комиссии Совета безопасности РФ по экологической безопасности (1993 г.);
- 15) Положение о Межведомственной комиссии по проблеме геологического обеспечения безопасного захоронения радиоактивных отходов (1993 г.);
- 16) Постановление Правительства РФ «О специально уполномоченных государственных органах Российской Федерации в области охраны окружающей природной среды» (1998 г.).

Право в области охраны окружающей среды (ООС), обеспечения рационального использования природных ресурсов, экологической и промышленной безопасности (ЭБ и ПБ) осуществляется на уровнях: федерально-республиканском – автономных образований – краев, областей; городов Москвы и Санкт-Петербурга – местном.

Специально уполномоченные государственные органы ООС, ЭБ и ПБ: Министерство природных ресурсов РФ (МПР России) и его подразделения на местах; Федеральная служба РФ по экологическому, технологическому и атомному надзору – Ростехнадзор (бывший Госгортехнадзор России); Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС РФ); Государственный пожарный надзор Главного управления МЧС РФ; Управление полиции по предупреждению экологических правонарушений Министерства внутренних дел РФ; Департамент Госсанэпиднадзора Министерства здравоохранения и социального развития РФ; Федеральное агентство РФ по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству – Росстрой (бывший Госстрой России); Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии РФ – Ростехрегулирование (бывший Госстандарт России); Федеральная инспекция труда РФ (Рострудинспекция России) и др.

При обосновании требований к параметрам биосферы необходимо знать оценку различных факторов и состояние элементов окружающей среды до и после вредного воздействия. При этом большое значение имеют методы и организационные формы проведения экологического контроля (мониторинга) в стране и на местах.

При рассмотрении методов не следует забывать, что состояние биосферы изменяется под влиянием как естественных, так и антропогенных (техногенных) воздействий.

Контролем естественных изменений состояния природной среды занимаются геофизические службы. Контролем изменений состояния природной среды под влиянием жизнедеятельности человека занимаются службы экологического мониторинга. В общем случае под *мониторингом* понимается комплексная система наблюдений, оценки и прогноза изменений окружающей среды под влиянием антропогенных воздействий.

Создание универсальных методов измерения вредных выбросов как в атмосфере, так и в локальных выбросах представляет собой сложную метрологическую задачу. Главным образом это связано с тем, что вещества-загрязнители характеризуются многими параметрами, что затрудняет однозначное определение их концентраций и идентификацию.

В зависимости от области применения измерительную аппаратуру подразделяют на три основные группы:

- приборы (весовые, радиоизотопные, оптические, индукционные и др.), предназначенные для контроля запыленности атмосферного воздуха и воздуха рабочей зоны;
- приборы (весовые, оптические, электрические, лазерные и др.) для измерения содержания и дисперсного состава пыли в аспирационных (вентиляционных) выбросах;
- приборы для анализа воздуха и водных сред (хроматографические, масс-спектрометрические, спектральные, электрохимические).

Существует классификация систем мониторинга по учитываемым факторам и источникам воздействий, реакциям основных составляющих биосферы на эти воздействия, методам наблюдения и т. п. Наиболее представительной является *Единая государственная система экологического мониторинга* (ЕГСЭМ), сочетающая как геофизические и биологические, так и техногенные аспекты.

Организационные формы проведения экологического контроля можно представить следующим образом.

Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) – заключение о воздействии хозяйственного объекта на окружающую среду, составленное в соответствии с утвержденными правилами. С 1988 г. требование о проведении ОВОС было распространено на все сферы хозяйственной деятельности человека.

Государственная экологическая экспертиза (ГЭЭ) проводится в целях установления правильности определения заказчиком хозяйственной и (или) иной деятельности, возможных экологических и связанных с ними социальных и экономических последствий ее осуществления, а также полноты и достаточности предусмотренных им мер по предотвращению отрицательных экологических последствий. ГЭЭ проводят специально уполномоченные на это экспертные государственные органы Министерства природных ресурсов РФ. Главными задачами ГЭЭ являются: рассмотрение представленной документации в соответствии с нормами и правилами проведения экспертизы; подготовка заключения для представления его на рассмотрение органов (лиц), принимающих решение о возможности и сроках реализации намеченных мероприятий; контроль за выполнением условий принятых к реализации проектов хозяйственной и (или) иной деятельности, прошедших ГЭЭ и получивших ее положительное заключение.

Экологическое аудирование (ЭА) – вид деятельности по управлению качеством окружающей среды. В общем виде ЭА можно определить как добровольную внутреннюю самопроверку деятельности некоторой производственной структуры в целях приведения этой деятельности в соответствие с документами, регламентирующими природопользование, и сокращение тем самым существующего и потенциального экологического и финансового ущерба из-за несоблюдения этих регламентирующих документов. Эффективность программ ЭА обеспечивают следующие положения:

- неременная поддержка ЭА и оценка его результатов руководством предприятия;
- независимость функции ЭА от реализуемой деятельности;
- профессионализм группы аудиторов;
- четко обозначенные цели, рамки, ресурсы и частота проведения экологического аудирования;
- адекватность процесса сбора, анализа, интерпретации и документирования результатов целям аудирования;
- наличие специальных процедур (алгоритмов), обеспечивающих объективное изложение результатов ЭА в письменных отчетах;
- мероприятия, гарантирующие качество ЭА.

Опыт XX века показывает, что создание техносферы с высокими показателями качества среды и безопасным уровнем жизнедеятельности человека – сложная задача. Ее решение требует развития методов превентивного анализа показателей техносферы, совершенствования научных основ комплексной оценки ее состояния, разработки и широкого использования экобиозащитных технологий, аппаратуры и средств индивидуальной защиты.

Достижению указанных целей способствует ряд положений, определяющих структуру и функционирование техносферы. К ним относятся:

а) законы:

– закон минимума (Ю. Либих, 1840 г.), согласно которому здоровье человека определяется наряду с другими факторами специфическими вещества-

ми, которые присутствуют в организме в ничтожных количествах (витамины, микроэлементы);

– закон толерантности (В. Шелфорд, 1910 г.): интервал между экологическим минимумом и экологическим максимумом составляет диапазон устойчивости, то есть толерантности данной биосистемы;

– закон неравномерности техносферы: показатели качества техносферного региона всегда зонированы в соответствии с его структурой. В благоприятном техносферном регионе показатели качества изменяются от оптимальных до допустимых;

– закон предельности воздействий на техносферу: устойчивое развитие техносферы возможно при соблюдении предельных антропогенных воздействий (включая допустимую плотность населения);

– закон незаменимости биосферы в техносфере: обеспечение допустимого качества окружающей среды в техносфере невозможно без сохранения в ней исторически сложившейся совокупности растений и животных, объединенных областью распространения, то есть естественной биоты;

б) аксиомы:

- техногенные опасности существуют, если повседневные потоки вещества, энергии и информации в техносфере превышают пороговые значения;

- техногенные опасности действуют в пространстве и во времени;

- техногенные опасности ухудшают здоровье людей, приводят к травмам, материальным потерям и к деградации природной среды;

- техногенные опасности требуют компетенции людей в области опасностей и в способах защиты от них;

в) принципы и правила:

- ✓ принцип управления показателями техносферы: управлять показателями техносферы можно за счет изменения ее структуры, влияния на состояние ее элементов и применения экобезопасной технологии;

- ✓ принцип превентивности анализа качества техносферы: качество и негативные воздействия в техносфере необходимо идентифицировать на стадии превентивного (упреждающего) анализа ее структуры;

- ✓ правило использования экобиозащиты: комбинированные системы защиты окружающей среды и человека на технических объектах должны вводиться в эксплуатацию в первую очередь и обладать средствами контроля и регулирования режимов работы.

Вопросы для самоконтроля:

1. Назовите ученых, внесших значительный вклад в развитие теории безопасности.

2. Основная цель промышленной безопасности как научного направления.

3. Объясните, почему технический мир находится в явном противоречии с законами жизни на Земле.

4. Объясните взаимосвязь понятий «экология», «биосфера», «экологическая безопасность», «промышленная безопасность».

5. Различие в понятиях «окружающая среда» и «природная среда».

6. За счет чего достигается поддержание и обеспечение экологической обстановки на приемлемом уровне по определяющим ее параметрам?

7. Роль комплексного подхода в управлении промышленной безопасностью.

8. Промышленная безопасность: определение, цель, задачи, правовое обеспечение.

9. На какие виды антропогенной деятельности распространяются требования промышленной безопасности?

10. Требования к организации, эксплуатирующей опасный производственный объект.
11. Виды государственного контроля и надзора за деятельностью опасных производственных объектов.
12. Административно-правовое регулирование в сфере промышленной безопасности.
13. Обязанности деятельности опасного производственного объекта.
14. Безопасные ресурсо- и энергосберегающие (малоотходные) технологии: определение, принципы.
15. Структура экологического законодательства в РФ.
16. Перечислите специально уполномоченные государственные органы ООС, ЭБ и ПБ.
17. Какие вы знаете положения, определяющие структуру и функционирование техносферы?

Интерактивные формы занятий

Цели занятий, представленных в главе I: привлечь внимание студентов к проблемам состояния окружающей среды своего региона, связанным с негативным воздействием отраслей промышленности, и показать, что они сами могут сделать для улучшения среды обитания; определить экологические проблемы состояния окружающей среды области, необходимость коллективных усилий для предотвращения экологических катастроф и ответственность каждого гражданина по отношению к природе родного края; ознакомить студентов с экологической обстановкой района и города, где они живут.

1. Ролевая игра «Экологические проблемы состояния окружающей среды Сахалинской области». Оборудование: экологические плакаты, презентация, интерактивная доска, карточки-визитки, доклады о состоянии окружающей среды Сахалинской области.

2. Case-study (анализ конкретных ситуаций).

Предлагаемые темы ситуаций:

I. Характерной особенностью метеорологического режима о. Сахалин являются застой воздуха, приземные и высотные инверсии, препятствующие рассеиванию производственных выбросов.

II. Наибольший удельный вес от общего забора воды на территории Сахалинской области приходится на промышленность и составляет 64,3 %.

III. В структуре общей заболеваемости населения Сахалинской области наибольший удельный вес занимают болезни органов дыхания (на первом месте – 63,6 %); на втором месте – болезни нервной системы (0,98 %); на третьем месте – врожденные аномалии (0,72 %); на четвертом месте – болезни крови и кроветворных органов (0,66 %).

IV. Согласно данным Государственного доклада о санитарно-эпидемиологической обстановке в РФ за 2010 г., процент несоответствия измерений допустимым нормам на рабочих местах в среднем составил: по уровню шума (17,05 %); по уровню вибрации (11,09 %); освещенности (9,9 %); по показателям микроклимата (7,7 %); ЭМП (8,7 %).

3. Использование общественных ресурсов:

- приглашение специалиста: представителей Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации; Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды; Федеральной службы по надзору в сфере природопользования; Федерального агентства водных ресурсов; Федерального агентства по недропользованию; Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору и др.;

- экскурсии на опасные промышленные объекты Сахалинской области: ООО «Крекинг-Транзит», ФГУ «Сахалинрыбвод», ЗАО «Втормет», ООО «Сахалинтехгаз», ОП «Южно-Сахалинская ТЭЦ-1» и др. – эксплуатация взрывопожароопасных производственных объектов; ООО «Сахалинский водоканал», ООО «Сахмортэк», ООО РПП «Александровское» и др. – эксплуатация химически опасных производственных объектов; ООО «БВК "ПИК"» – применение взрывчатых материалов промышленного назначения; ИП «Антакова» – производство маркшейдерских работ.

4. Темы проектов:

- анализ чрезвычайных ситуаций техногенного характера на территории Сахалинской области;
- загрязнение атмосферного воздуха Сахалинской области отраслями промышленности;
- экологическое состояние водных объектов Сахалинской области;
- отрасли промышленности Сахалинской области, загрязняющие окружающую среду;
- особо охраняемые природные территории Сахалинской области;
- экологические программы, работающие на территории Сахалинской области;
- основные направления оперирования промышленными твердыми отходами на территории Сахалинской области;
- проблемы захоронения и утилизации токсичных отходов на территории Сахалинской области;
- экологическая ситуация на территории Сахалинской области и здоровье населения;
- уровень и динамика здоровья в экологически неблагополучных регионах России;
- методы оценки рисков для здоровья населения;
- районирование территорий по степени экологического риска.

5. Демонстрация учебных фильмов (с управляющими программами) по промышленной экологии.

Цель занятия: развитие у студентов коммуникативных навыков, актуализация и визуализация изучаемого содержания на лекции.

Перед просмотром фильма необходимо поставить перед студентами несколько (три-пять) ключевых вопросов. Можно останавливать фильм на заранее намеченных позициях и проводить дискуссию. По окончании просмотра необходимо обязательно совместно со студентами подвести итоги и озвучить извлеченные выводы.

Предлагаемые темы учебных фильмов:

- 1) антропогенное воздействие на изменение животного и растительного мира;
- 2) экологические проблемы развития промышленного производства;
- 3) экологические проблемы, связанные с производством и потреблением энергии;
- 4) экологизация современного производства;
- 5) промышленная экология и отходы основных производств.

Используемая литература

1. Федеральный закон от 10.02.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
2. Федеральный закон от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

3. ГОСТ 17.0.0.04-90 Охрана природы. Экологический паспорт промышленного предприятия. Основные положения.
4. ГОСТ 17.2.3.02-78 Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями.
5. ГОСТ Р ИСО 14050-99 Управление окружающей средой. Словарь.
6. Абрамова, С. В. Безопасность жизнедеятельности: теория, методика, практика, культура : словарь-справочник / авт.-сост.: С. В. Абрамова, Е. Н. Бояров, А. С. Ломов. – Южно-Сахалинск : изд-во СахГУ, 2011. – 536 с.
7. Азизов, Б. М. Производственная санитария и гигиена труда : учебное пособие / Б. М. Азизов, И. В. Чепегин. – Казань : изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2009. – 565 с.
8. Арустамов, Э. А. Безопасность жизнедеятельности / Э. А. Арустамов. – М. : Академия, 2009. – 274 с.
9. Бадагуев, Б. Т. Экологическая безопасность предприятия. Приказы, акты, инструкции, журналы, положения, планы / Б. Т. Бадагуев. – М. : Альфа-Пресс, 2011. – 321 с.
10. Белов, С. В. Ноксология : учебник для бакалавров / С. В. Белов, Е. Н. Симанова ; под общ. ред. С. В. Белова. – М. : изд-во Юрайт, 2012. – 429 с. – (Серия : Бакалавр. Базовый курс).
11. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) : учебник / С. В. Белов. – М. : изд-во Юрайт ; ИД Юрайт, 2010. – 671 с. – (Основы наук).
12. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности : учеб. для вузов / С. В. Белов. – М. : Академия, 2007. – 329 с.
13. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности. Терминология : учебное пособие / С. В. Белов, В. С. Ванаев, А. Ф. Козьяков ; под ред. С. В. Белова. – М. : КНОРУС, 2008. – 400 с.
14. Богданевский, Г. А. Химическая экология / Г. А. Богданевский. – М. : МГУ, 2008. – 237 с.
15. Драпкина, Е. И. Безопасность производства / Е. И. Драпкина, Ф. В. Пелевин. – М. : ГОУВПО «МГУС», 2004. – 136 с.
16. Калыгин, В. Г. Промышленная экология (терминологический словарь-справочник) / В. Г. Калыгин. – М. : Эквотормит, 2005. – 106 с.
17. Колесников, С. И. Экологические основы природопользования / С. И. Колесников. – М. : Дашков и К°, 2011. – 295 с.
18. Мазур, И. И. Курс инженерной экологии : учеб. для вузов / И. И. Мазур, О. И. Молдаванов ; под ред. И. И. Мазура. – М. : Высш. шк., 1999. – 447 с.
19. Медведев, В. Т. Охрана труда и промышленная экология / В. Т. Медведев, С. Г. Новиков, А. В. Каралюнец. – М. : Академия, 2010. – 321 с.
20. Мишукова, Д. М. Настольная книга эколога предприятия. Экологические требования: схемы и пояснения / Д. М. Мишукова. – М. : ООО «Юридический центр промышленной экологии», 2011. – 376 с.
21. Оглезнев, А. В. Промышленная безопасность опасных производственных объектов : методическое пособие / А. В. Оглезнев. – Пермь : А-Припит, 2008. – 120 с.
22. Русак, О. Н. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие / О. Н. Русак. – СПб. : Лань, 2008. – 304 с.
23. Семенова, И. В. Промышленная экология : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / И. В. Семенова. – М. : изд. центр «Академия», 2009. – 528 с.
24. Тотай, А. В. Экология / А. В. Тотай. – М. : Юрайт-Издат, 2011. – 293 с.

РАЗДЕЛ II. ОРГАНИЗАЦИЯ БЕЗОПАСНЫХ, ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И АППАРАТОВ

2.1. Основные показатели условий функционирования технических и химико-технологических систем (ТС и ХТС)

Системный подход характеризуется представлением объектов различной природы в виде системы, состоящей из взаимодействующих элементов, выбором математической модели и исследованием ее на ЭВМ. Инструментом системного подхода является, прежде всего, моделирование – логическое, математическое, машинное, организационное.

Отнесение инженерных объектов к тем или иным системам носит условный характер и связано с тем, насколько существенную роль при их изучении играют комплексные общесистемные факторы. Это зависит как от свойств самой системы, так и от задач, ради решения которых ведется ее разработка.

Всякая система состоит из взаимосвязанных и взаимодействующих между собой и с внешней средой частей и в определенном смысле представляет собой единое целое. Под *химической системой* понимается совокупность физико-химических процессов, происходящих в системе, и средств для их реализации. Таким образом, химическая система включает: собственно химический процесс, аппараты для его реализации, экобиозащитный узел (блок), средства для контроля, управления и связи основного и вспомогательных процессов.

Промышленные процессы протекают в так называемых *химико-технологических системах* (ХТС), каждая из которых представляет собой совокупность процессов и аппаратов, объединенных в единый производственный комплекс для выпуска продукции различного назначения.

Технология (от греч. «*technē*» – искусство, мастерство, умение и «*logos*» – учение, наука) – совокупность методов обработки, изготовления, изменения состояния, свойств, формы сырья, материала или полуфабриката, применяемых в процессе производства для получения готовой продукции. Иными словами, технология – способ производства и (или) переработки продукции и его аппаратурное оформление.

Техника (от греч. «*technē*» – искусство, мастерство, умение) – совокупность средств человеческой деятельности, созданных для осуществления процессов производства и обслуживания непроизводственных потребностей общества.

Под *технической системой* понимается совокупность методов и средств человеческой деятельности, созданных для реализации инженерных задач в различных сферах деятельности. *Цель проектирования технических систем* не только достижение требуемой производительности и качества получаемой продукции, но и обеспечение экологической и промышленной безопасности эксплуатации и обслуживания ТС и ХТС.

Задачи разработки безопасных ТС и ХТС решаются в ходе системного инженерно-конструкторского проектирования (системы автоматизированно-

го проектирования – САПР). Правила, порядок разработки и оформления графической и текстовой документации устанавливаются комплексом стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и Единой системы технологической документации (ЕСТД) – ГОСТ 2.111-68 «ЕСКД. Нормоконтроль», ГОСТ 3.1120-83 «ЕСТД. Общие правила отражения и оформления требований безопасности труда в технологической документации» и др.

Изменения в технических системах при их работе, приводящие к утрате работоспособности, представляют собой процессы, протекающие во времени и носящие случайный характер. Эта случайность обусловлена случайными изменениями:

- условий эксплуатации технических систем – неравномерный износ деталей машин, а, следовательно, неравномерное изменение размеров деталей и нестабильность действующих нагрузок, перепады климатических условий, различие в квалификации обслуживающего персонала и др.;
- условий технологических процессов изготовления и сборки технических систем – различные качества используемых материалов, износ обрабатывающего инструмента, различная настройка станков, ошибки операторов оборудования и др.;
- условий транспортировки и хранения технических систем.

Скорость и степень потери работоспособности зависят от условий эксплуатации, назначения и конструкции машины, качества ее изготовления.

Одним из важнейших условий, которому должна удовлетворять любая система, является безотказность ее работы в соответствии с назначением и техническими условиями эксплуатации в течение данного промежутка времени. Непредсказуемый отказ технической системы может привести к тяжелым последствиям, особенно, если она решает вопросы контроля над сложными, тяжело управляемыми процессами с высокими уровнями риска ущерба.

Проблемами безотказной работы технических систем занимается *теория надежности*. Она изучает:

- критерии и количественные характеристики надежности;
- методы анализа надежности;
- методы синтеза систем по критериям надежности;
- методы повышения надежности;
- методы испытания систем на надежность;
- методы эксплуатации систем – обоснование режимов профилактических работ, норм запасных элементов; методов отыскания неисправностей, методов сбора и анализа статистических данных об отказах технических систем.

Основным средством количественного определения и сравнения оценки надежности является теория вероятностей, а основным методом – статистический метод.

Основные термины и понятия надежности приводятся в ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике. Термины и определения».

Надежность – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или определенные сочетания этих свойств.

Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки.

Долговечность – свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Ремонтопригодность – свойство объекта, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта.

Сохраняемость – свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующих способности объекта выполнять требуемые функции, в течение и после хранения и (или) транспортирования.

Надежность любого технического объекта изменяется в процессе его применения, хранения, транспортирования, технического обслуживания и ремонта. В течение всего срока службы объект может находиться в одном из нескольких состояний: исправном, неисправном, работоспособном, неработоспособном, предельном.

Классификация характеристик состояния ТС:

- исправное состояние – состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и конструкторской документации. Состояние, при котором он не соответствует хотя бы одному из них, называется неисправным;

- работоспособное состояние – состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и конструкторской документации. Состояние, при котором значение хотя бы одного параметра не соответствует требованиям, называется неработоспособным;

- предельное состояние – состояние объекта, при котором дальнейшее применение объекта по назначению или восстановление исправного (работоспособного) состояния недопустимо или нецелесообразно.

Переход объекта из одного состояния в другое происходит вследствие повреждений и отказов, восстановления и ремонта.

Повреждение – нарушение исправного состояния объекта при сохранении работоспособного.

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта (событие, после появления которого выходные характеристики системы выходят за допустимые пределы).

Отказ технической системы является основным явлением, изучаемым в теории надежности. Его можно представить как постепенный или внезапный переход состояния системы из работоспособного в неработоспособное. Скорость процесса возникновения отказов определяется структурой и свойствами материала, напряжениями, нагрузками, температурой, давлением и другими параметрами, при которых эксплуатируется технический объект.

Различают следующие *виды отказов технических систем*:

- 1) по характеру изменения параметров объекта различают отказы внезапные, характеризующиеся скачкообразным изменением значений параметров системы, и постепенные, при которых параметры системы изменяются плавно;

- 2) по степени изменения параметров объекта различают отказы функциональные и параметрические: отказы функционирования приводят к невозможности выполнения объектом своих функций; параметрические отказы приводят к выходу некоторых характеристик объекта за допустимые пределы;

- 3) по причинно-следственной взаимосвязи различают отказы независимые, не обусловленные никакими отказами, и зависимые;

4) по характеру обнаружения отказы делятся на очевидные (явные) и скрытые (неявные): явный отказ обнаруживается визуальными средствами контроля и диагностики при применении системы по назначению; скрытый отказ выявляется только при проведении технического обслуживания или специальными методами диагностики;

5) по причинам возникновения отказы делятся на конструкционные, производственные, эксплуатационные и деградационные (износные): конструкционные отказы связаны с нарушениями правил и норм проектирования и конструирования технических объектов; производственные отказы возникают в связи с нарушениями процесса изготовления или ремонта системы; эксплуатационные отказы связаны с нарушениями правил и условий эксплуатации систем; деградационные отказы обусловлены естественными процессами старения, изнашивания, коррозии, усталости и т. п.

Надежность технических объектов характеризуется рядом основных показателей:

- наработка – продолжительность или объем работы системы. Нарботка может быть как непрерывной величиной (продолжительность работы в часах, километраж пробега и т. п.), так и целочисленной величиной (число рабочих циклов, запусков и т. п.);
- наработка до отказа – наработка объекта от начала эксплуатации до возникновения первого отказа;
- наработка между отказами – наработка объекта от окончания восстановления его работоспособного состояния после отказа до возникновения следующего отказа;
- ресурс – суммарная наработка объекта от начала его эксплуатации или ее возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние;
- остаточный ресурс – суммарная наработка объекта от момента контроля его технического состояния до перехода в предельное состояние.

2.2. Системный анализ и организация производственных процессов

Системный анализ – совокупность методологических средств, используемых для подготовки и обоснования решений по сложным проблемам военного, политического, социального, экономического, научно-технического характера. Опирается на системный подход, а также на ряд математических дисциплин и современные методы управления. Основная процедура – построение обобщенной модели, отображающей взаимосвязи реальной ситуации.

Системный анализ безопасности – 1) выявление факторов и обстоятельств, влияющих на появление нежелательных событий (аварий, катастроф, пожаров (см.), травм и т. п.), и разработка предупредительных мероприятий, уменьшающих вероятность их появления; 2) совокупность методологических средств, используемых для подготовки и обоснования решений по сложным проблемам, в нашем случае – безопасности. Система для анализа проблем безопасности включает в себя следующие основные компоненты: объект безопасности, субъект безопасности и модель системы, то есть схематическое отображение выбранной для анализа области действительности. «Матрешка» объектов безопасности позволяет правильно выбрать уровень анализируемой системы (биосфера, человечество, нация, профессиональный

коллектив, индивид). В условиях новой эпохи наиболее актуальными уровнями проблем безопасности и соответствующими им системами для анализа являются: система биосферы (В. Г. Горшков модель «Биосфера»), система безопасности жизнедеятельности человечества (Дж. Форрестер, Д. Медоуз модель «Мировая динамика»), система национальной безопасности, система безопасности жизнедеятельности профессионального коллектива, система личной безопасности.

Системный анализ безопасности – выявление факторов и обстоятельств, влияющих на появление нежелательных событий (аварий, катастроф, пожаров, травм и т. п.), и разработка предупредительных мероприятий, уменьшающих вероятность их появления; совокупность методологических средств, используемых для подготовки и обоснования решений по сложным проблемам, в данном случае безопасности. Принцип системности рассматривает явления в их взаимной связи как целостный набор или комплекс. Цель или результат, который дает система, называют системообразующим элементом. Системы имеют качества, которых нет у элементов, их образующих. Это важнейшее свойство систем, именуемое эмерджентностью, лежит в основе анализа вообще и проблем безопасности в частности. Методологический статус «системный анализ безопасности» необычен: в нем переплетаются элементы теории и практики, строгие формализованные методы сочетаются с интуицией и личным опытом, с эвристическими приемами. Предотвращение опасностей или защита от них базируются на знании причин. Между опасностями и причинами существует причинно-следственная связь; причины и опасности образуют иерархические, цепные структуры или системы. Графическое изображение таких зависимостей чем-то напоминает ветвящееся дерево. Поэтому точнее называть полученные в процессе анализа безопасности объектов графические изображения «деревьями причин и опасностей». Построение «деревьев» является исключительно эффективной процедурой выявления причин различных нежелательных событий (аварий, травм, пожаров, дорожно-транспортных происшествий и т. д.). Многоэтапный процесс ветвления «деревя» требует введения ограничений с целью определения его пределов. Эти ограничения целиком зависят от целей исследования. Логические операции при анализе безопасности систем принято обозначать соответствующими знаками. Чаще всего употребляются операции «И» и «ИЛИ». Операция (или вентиль) «И» указывает, что для получения данного выхода необходимо соблюсти все условия на входе. Вентиль «ИЛИ» указывает, что для получения данного выхода должно быть соблюдено хотя бы одно из условий на входе.

Анализ безопасности может осуществляться априорно или апостериорно, то есть до или после нежелательного события. В обоих случаях используемый метод может быть прямым и обратным. Априорный и апостериорный анализы дополняют друг друга. Прямой метод анализа состоит в изучении причин, чтобы предвидеть последствия. При обратном методе анализируются последствия, чтобы определить причины, то есть анализ начинается с венчающего события. Конечная цель всегда одна – предотвращение нежелательных событий. Имея вероятность и частоту возникновения первичных событий, можно, двигаясь снизу вверх, определить вероятность венчающего события. Основной проблемой при анализе безопасности является установление параметров или границ системы. Если система будет чрезмерно ограничена, то появится возможность получения разрозненных несистематизированных предупредительных мер, то есть некоторые опасные ситуации могут остаться без внимания; если рассматриваемая система слишком обширна, то результаты анализа могут оказаться крайне неопределенными.

Системный анализ – это стратегия изучения сложных систем, в частности промышленных процессов, используемых в производстве, коммунально-городском хозяйстве, в строительстве и других отраслях.

В основе системного анализа лежат следующие общие положения: 1) четкая формулировка цели исследования; 2) постановка задачи реализации этой цели и определение критерия эффективности решения задачи; 3) разработка развернутого плана исследования с указанием основных этапов и направлений решения задачи; 4) пропорционально-последовательное продвижение по всему комплексу взаимосвязанных этапов и возможных направлений; 5) организация последовательных приближений и повторных циклов исследований на отдельных этапах; 6) принцип нисходящей иерархии анализа и восходящей иерархии синтеза в решении составных частных задач.

Основной метод исследования технических систем – *математическое моделирование*. Наряду с моделями отдельных аппаратов используют модель всей системы, так как процессы, протекающие в отдельных аппаратах, влияют друг на друга. Предполагается, что аппараты, обеспечивающие реализацию высокоэффективных малоотходных и энергосберегающих технологий, являются элементами (подсистемами) одной большой установки. Анализ структуры такой системы связан с декомпозицией ее элементов и подсистем, выявлением их устойчивых взаимоотношений и обычно проходит в две стадии. Первая стадия включает математическое моделирование отдельных подсистем, так называемое макроисследование, а вторая – микроисследование элементов подсистем. На второй стадии изучаются процессы, протекающие в машинах или агрегатах, и осуществляется усовершенствование применяемого оборудования.

Математическое моделирование используется при составлении моделей как на уровне отдельных процессов и аппаратов, так и на уровне их совокупностей. Модели должны учитывать принципы наилучшего использования сырья, повышения качества целевого продукта, рационального применения энергии, транспорта, информации, экологической защиты.

Процессы порошковых технологий, например, отличаются большим ассортиментом продуктов, которые можно получить из одного и того же сырья, разнообразием оборудования для получения одного и того же продукта, динамикой промышленных выбросов (газообразных, жидких и твердых) и специфическими условиями их хранения, дальнейшей переработки и использования. Поэтому за элемент системы принимают обычно технологическую операцию, включающую несколько физико-химических процессов. Превращение исходного сырья в промежуточный продукт или промежуточного продукта в конечное изделие происходит в результате нескольких операций, совокупность которых образует конкретную подсистему.

Учитывая условие агрегации таких подсистем в технических системах, можно ввести следующие уровни иерархии производства (на примере производства порошковых материалов – ПМ) (см. табл. 2.1).

Таблица 2.1

**Уровни иерархии производства
(на примере производства порошковых материалов)**

Уровень иерархии ТС	Подсистемы
Отрасль	Совокупность заводов, объединенных сырьем, полупродуктами, целевыми продуктами

Уровень иерархии ТС	Подсистемы
Завод	Совокупность цехов, объединенных общим сырьем или полупродуктами либо вторично используемыми отходами, и вспомогательные службы
Цех	Совокупность отделений, работающих на выпуск заданной продукции: предварительной обработки сырья, выпуска товарной продукции, переработки отходов, обеспыливания и обезвреживания промышленных выбросов
Технологическая линия	Процесс (измельчение, смешение и т. п.) или совокупность процессов (компактирование – транспортировка и т. п.), связанных общей производственной линией
Типовой процесс (элемент системы)	Дробилка, измельчитель, смеситель, валковый пресс, термический реактор и т. п.

Анализ основных процессов подготовки и переработки ПМ (проведен на примере стекольных шихт) показал, что основным в технологии является процесс активации сырья (механической, химической, термической или их совокупности) в целях повышения показателей эффективности процесса стекловарения (интенсификация процесса плавления, повышение производительности печи, прогнозирование свойств стекол, снижение безвозвратных потерь компонентов). В связи с этим *выделяют пять основных (приоритетных) подсистем*, обладающих, с одной стороны, полной автономностью, а с другой – тесной взаимосвязью в рамках рассматриваемой технологии (см. рис. 2.1) и имеющих каждая свои цели. Эти подсистемы следующие.

Подсистема подготовки:

- измельчение; цель – образование из сырья полупродукта с нарушенной кристаллической решеткой, заданного гранулометрического состава, часто – с удалением влаги и декарбонизацией;
- дозирование; цель – обеспечение отмеривания исходных компонентов в таких количествах, соотношение которых обеспечивает соответствие показателей качества смеси требуемым значениям;
- смешение; цель – получение химически и механически однородной смеси ингредиентов шихты или их групп, иногда с добавлением технологического связующего и отходов основного производства;
- компактирование; цель – получение из многокомпонентного полидисперсного порошка компактных плиток (гранул) необходимой прочности, плотности и влажности.

Подсистема надежности (обеспечения стабильности подготовки):

- износостойкость узлов и (или) конструкционных материалов; цель – обеспечение заданных технологией режимных параметров процесса;
- структурно-механические характеристики сырья; цель – снижение интенсивности отказов оборудования и интенсификация активационных эффектов.

Подсистема оценки качества полупродукта: активность компонентов и шихты; цель – прогнозирование степени модификации сырья (шихты) и характеристик (структуры) будущих расплавов (стекол, волокон).

Подсистема переработки:

– стекловарение; цель – переработка подготовленного полупродукта (шихты) в стекломассу (чаще в стеклоизделия, например, стеклошарики) с заданными характеристиками;

– формирование стеклянных нитей; цель – перевод расплава шихты или стеклошариков в твердую фазу – элементарное волокно.

Подсистема природоохранной стратегии: экологическая безопасность и ресурсосбережение; цель – выявление приоритетных загрязнений окружающей среды, минимизация их и оценка ХТС на соответствие критериям мало- и безотходных технологий.

Из сказанного следует, что производственные процессы получения стекла и стеклянного волокна характеризуются высокой сложностью и большим разнообразием выпускаемой продукции. Общим признаком этих процессов является то, что для превращения исходного сырья (отдельных компонентов) в шихту или полупродуктов (шихты, стеклошариков, стекломассы) в целевой конечный продукт (стекловолокно) необходимо большое число функционально различных ступеней подготовки и переработки. Для целенаправленного осуществления этих технологий требуются разные виды энергии, вспомогательных веществ и информации (так называемые «параметры процесса»). В литературе по системному анализу принято деление параметров на входные, управляющие, возмущающие и выходные.

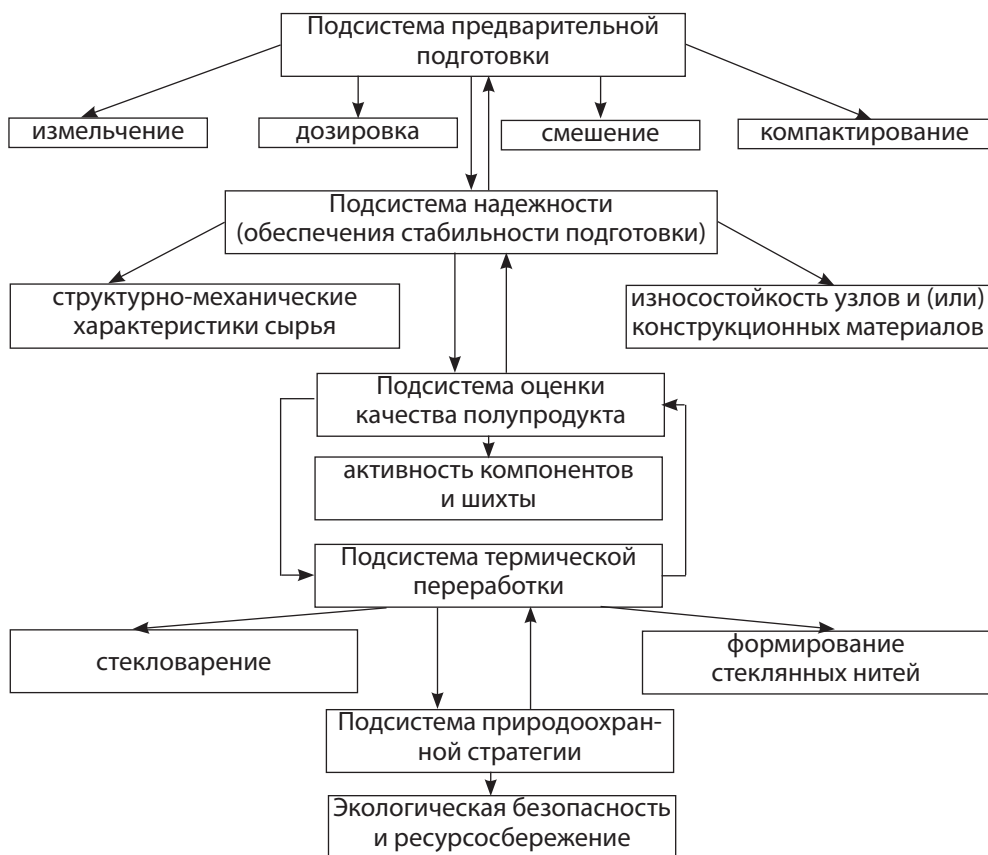


Рис. 2.1. Схема постадийной разработки и усовершенствования ресурсосберегающей техники подготовки и переработки стекольных шихт

Графически исходную технологическую линию представляют в виде блок-схемы – прямоугольника, ограничивающего систему, которая содержит от двух до шести прямоугольников, ограничивающих подсистемы. В подсистему входят несколько операторов, отражающих сущность технологических операций, выполняемых в машине или агрегате. Границы оператора совпадают с границами такой машины или агрегата. Оператор содержит один или несколько процессоров, под которыми понимают физико-химические процессы. Связи между операторами выражают в виде линий материальных потоков. Изображения типовых процессоров представлены на рис. 2.2.

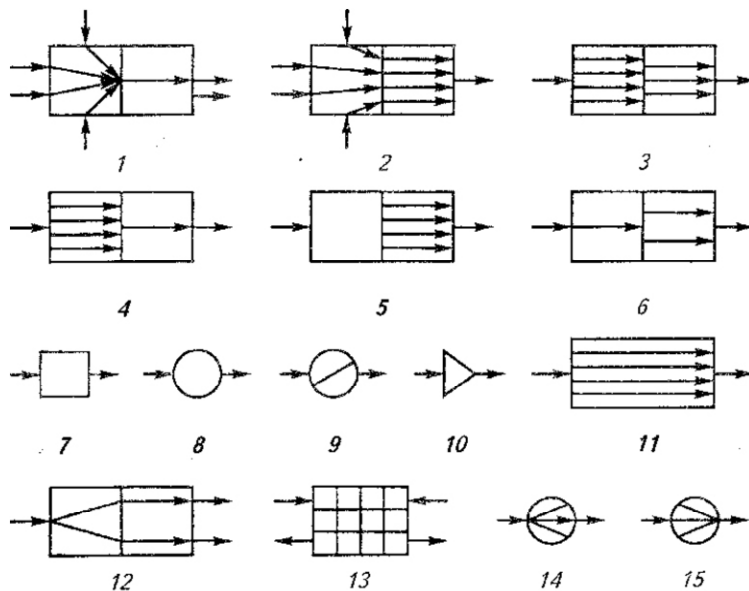


Рис. 2.2. Схема технологического процесса производства стекловолокна: 1 – соединение без сохранения поверхности раздела исходных компонентов (стадия селектообразования); 2 – соединение с сохранением поверхности раздела исходных компонентов исходной шихты (смешение);

3 – уплотнение (компактирование) шихты с частичным сохранением поверхности раздела исходных компонентов при небольшом или среднем давлении прессования; 4 – компактирование шихта без сохранения поверхности раздела компонентов при высоком давлении прессования;

5 – дробление; 6 – сложный процесс (комплекс физических, химических, тепло- и массообменных процессов); 7 – придание стекломассе формы;

8 – термообработка (нагрев, расплавление, отжиг, охлаждение);

9 – изменение агрегатного состояния; 10 – дозирование;

11 – перемешивание шихты без изменения агрегатного состояния;

12 – разделение (классификация); 13 – вторичное использование (рекуперация) теплоты; 14 – формирование пучка волокон;

15 – соединение пучка волокон в нить

Работу всей системы определяют подсистемы образования компактированной шихты и стекломассы. При их исследовании и функциональном анализе целесообразно рассматривать не систему машин и аппаратов, а систему протекающих в них процессов. При этом технологический процесс может быть представлен как преобразование множества «входов» (исходное состояние шихты) в множество «выходов» (промежуточное или конечное состояние изделия).

Сложный характер взаимосвязей элементов подсистем может быть выявлен при использовании статистических методов планирования эксперимента и вычислительной техники.

Таким образом, результаты системного анализа можно использовать для разных целей: для сбора информации о процессах и структуре связей между элементами и подсистемами в зависимости от технологических и конструкционных параметров систем, для составления топологических моделей, проведения многофакторных экспериментов в производственных условиях, а главное – при синтезе новых технологических схем, обеспечивающих работу линии в оптимальном режиме по эколого-экономическим показателям.

Общая структура иерархических уровней компонентов технической системы показана на рис. 2.3.



Рис. 2.3. Общая структура иерархических уровней компонентов технической системы

Для выявления ключевых недостатков анализ технических систем, как правило, проводят на уровне элементов конструкции. Это позволяет выявить неочевидные ключевые проблемы. Рассмотрим построение компонентной и структурной моделей на примере технической системы «термопредохранитель». На рис. 2.4 показаны компоненты термопредохранителя.

Термопредохранитель состоит из двух контактов – подвижного и неподвижного. Подвижный контакт «звездочка» прижимается к токовводу с помощью пружины сжатия, которая, в свою очередь, фиксируется полимерной вставкой, находящейся в твердом закристаллизованном состоянии. При воз-

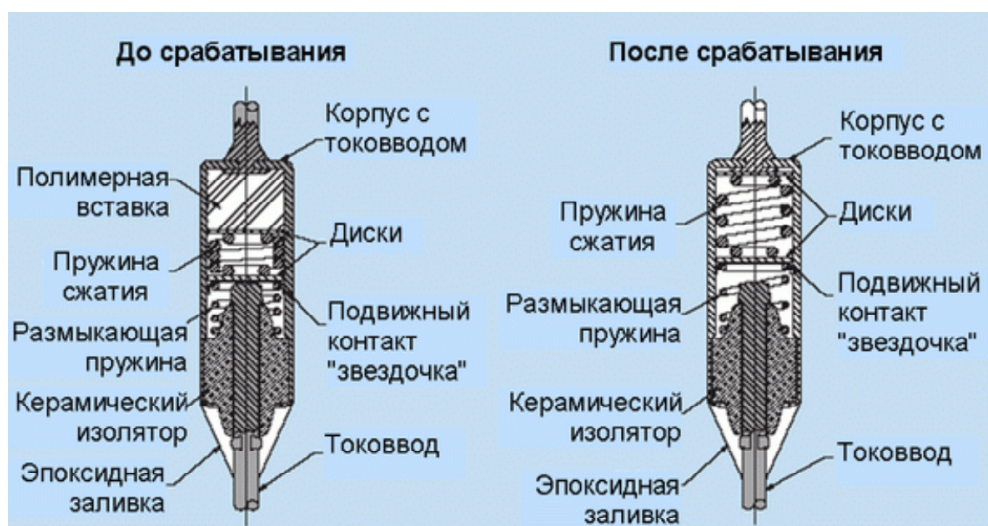


Рис. 2.4. Компоненты термopедохранителя

никновении перегрева в цепи полимер плавится, переставая сдерживать пружину сжатия. Распрямление пружины сжатия вызывает распрямление размыкающей пружины, которая была предварительно напряжена. Это приводит к отталкиванию «звездочки» от токоввода и, следовательно, к размыканию контактов.

Главную полезную функцию предохранителя можно сформулировать следующим образом: «разъединять контакты цепи под действием температуры, превышающей определенное значение».

На рисунке 2.5 представлен фрагмент причинно-следственной цепочки нежелательных эффектов для термopедохранителя. Основным потребительским недостатком является температурная нестабильность разрыва электрической цепи.

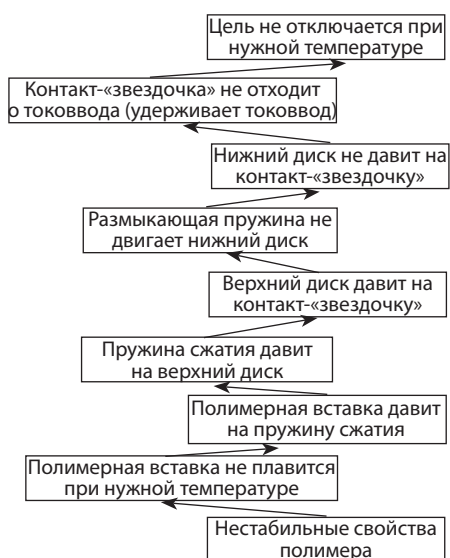


Рис. 2.5. Фрагмент причинно-следственной цепочки нежелательных эффектов для термopедохранителя

В принципе, данный недостаток может быть решен при устранении любого из нежелательных эффектов данной цепочки. На практике этим пользуются, выбирая элементы, наиболее доступные для изменения. Однако наиболее эффективным является устранение ключевого недостатка, лежащего в основании цепочки. Это даст наиболее эффективные решения, поскольку ключевой недостаток может приводить к более чем одному потребительскому недостатку. Из приведенного анализа следует, что одним из выявленных ключевых недостатков является нестабильность свойств полимера. Таким образом, мы вышли на «химический» уровень системы, то есть на свойства материала. Можно остановиться на этом уровне и предъявить к материалу в качестве требования необходимость стабильности его свойств.

Основой для выбора конструкции аппарата являются технико-экономические и экологические показатели. Так, производство минеральных удобрений, относящееся также к сложным ХТС, можно представить независимо от осуществляемого процесса всего тремя группами аппаратов:

- первая группа аппаратов наиболее широко представлена в технологии удобрений вращающимися барабанами (как гладкостенными, так и с насадкой) и применяется для гранулирования, химического взаимодействия, ушки, охлаждения и ряда других процессов;
- вторая группа – это, главным образом, емкостная аппаратура с перемешивающими устройствами, дробилки, грохоты;
- третью группу составляют аппараты колонного типа с псевдоожиженным слоем (пригодны для гранулирования, классификации по размерам, тепло- и массообменным процессам).

Современное производство минеральных удобрений в зависимости от исходного сырья, качества конечного продукта, степени отработанности процесса, наличия требуемого оборудования, экологических условий в зоне строительства завода и других показателей может осуществляться по различным схемам. Так, например, только производство фосфатов аммония реализовано в промышленности в пяти вариантах, а готовых к внедрению таких ХТС значительно больше.

Однако все технологические схемы предусматривают одновременное или последовательное осуществление таких процессов, как:

- химическое взаимодействие;
- гранулирование и сушка;
- дробление и классификация.

Эти процессы реализуются в указанных выше трех группах аппаратов, что позволяет при подборе оборудования линии свести к минимуму число типов используемой аппаратуры, упростив тем самым ее эксплуатацию и ремонт. Для получения продукта последний процесс является вспомогательным, но с точки зрения охраны окружающей среды и здоровья людей он является основным и должен рассматриваться особо.

Это деление условно, поскольку каждый процесс включает, как правило, в той или иной мере элементы всех групп, а для успешного ведения любого процесса необходимы определенного качества гомогенизация или разделение компонентов.

Ниже приведены результаты ранжирования некоторых параметров, их верхние и нижние пределы.

Операторная модель производства стеклянного волокна, представленная на рис. 2.6, является базовой схемой для реализации в промышленности комплекса новых малоотходных и экологически чистых производств и выбора оптимальных режимов их функционирования.

В систему входят следующие подсистемы, операторы и процессоры:

1. Подсистема выработки непрерывного стеклянного волокна с показателями качества, соответствующими стандарту.

I. Оператор выработки непрерывного стекловолокна: 1 – процессор намотки стеклонити на бобины, 2 – процессор смачивания (склеивания) пучка волокон замасливателем, 3 – процессор формирования пучка волокон, 4 – процессор расплавления стеклошариков, 5 – процессор дозирования стеклошариков.

2. Подсистема выработки стеклянных шариков.

I. Оператор выработки готовых стеклошариков: 1 – процессор охлаждения (отжига) готовых стеклошариков, 2 – процессор формования (обкатывания) заготовок стеклокапли в шарики, 3 – процессор транспортировки заготовок стекломассы, 4 – процессор дозирования струи стекломассы на заготовки, 5 – процессор формирования струи стекломассы.

3. C_1 – подсистема образования стекломассы из компактированной шихты с заданными показателями.

I. Оператор образования стекломассы из компактированной стеклошихты с заданными показателями: 1 – процессор охлаждения («студки») стекломассы, 2 – процессор гомогенизации стекломассы, 3 – процессор осветления стекломассы, 4 – процессор стеклообразования, 5 – процессор силикатообразования.

II. Оператор пламенного нагрева стекломассы: 1 – процессор пламенного нагрева стекломассы, 2 – процессор дозирования топлива.

III. Оператор дозирования и загрузки компактированной шихты и стеклобоя: 1 – процессор дозирования компактированной шихты, 2 – процессор дозирования стеклобоя, 3 – процессор транспортировки компактированной шихты, 4 – процессор транспортировки стеклобоя.

IV. Оператор использования (утилизации) тепла отходящих газов: 1 – процессор утилизации тепла отходящих газов, 2 – процессор дозирования воздуха.

4. C_2 – подсистема классификации компактированной шихты по фракциям.

I. Оператор классификации компактированной шихты: 1 – процессор транспортировки возвратных фракций мелочи, 2 – процессор классификации компактированной шихты по фракциям, 3 – процессор дробления компактированной шихты.

5. C_3 – подсистема образования компактированной шихты с заданными технологическими и структурно-деформационными свойствами.

I. Оператор охлаждения и упрочнения компактированной шихты: 1 – процессор транспортировки компактированной шихты и ее отходов («просыпи»), 2 – процессор упрочнения компактированной шихты за счет протекания твердофазных реакций и тепломассообменных процессов.

II. Оператор образования компактированной шихты в виде плитки с заданными технологическими и структурно-деформационными свойствами: 1 – процессор охлаждения (сушки) плитки после ее выхода из валков, 2 – процессор образования компактированной плитки из порошкообразной шихты, 3 – процессор предварительного уплотнения порошкообразной шихты, 4 – процессор дозирования возвратных фракций мелочи, 5 – процессор дозирования порошкообразной шихты.

6. C_4 – подсистема увлажнения и смешения порошкообразной шихты.

I. Оператор увлажнения и смешения порошкообразной шихты: 1 – процессор смешения исходных компонентов в гомогенную (гетерогенную) смесь, 2 – процессор увлажнения и дозирования связующего компонента, 3 – процессор дозирования компонентов шихты (1–8 на рис. 2.6).

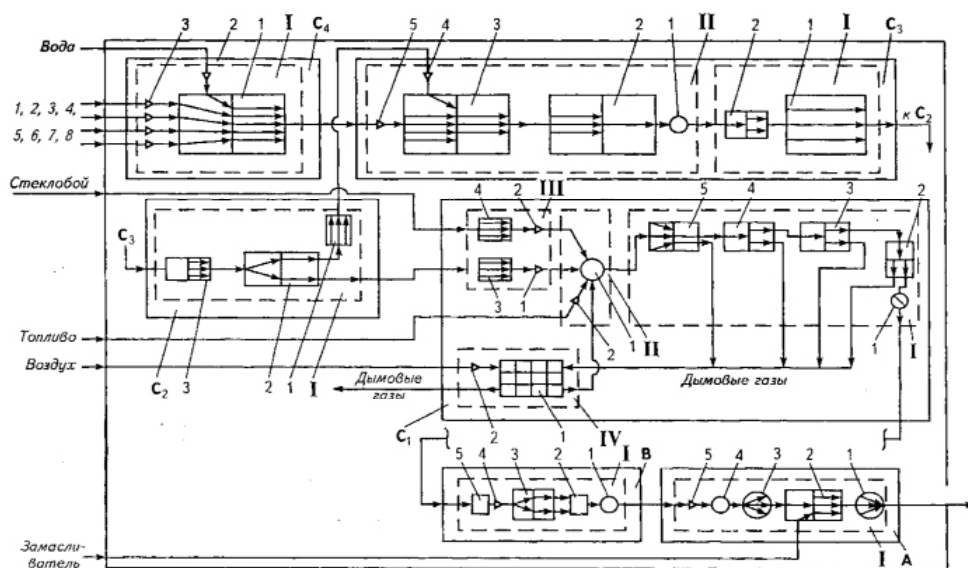


Рис. 2.6. Операторная модель линии производства стекловолокна:
компоненты шихты: 1 – песок; 2 – глинозем; 3 – мел; 4 – доломит;
5 – борная кислота; 6 – нитрат кальция; 7 – плавиковый шпат; 8 – мышьяк,
остальные пояснения – в тексте

Для подсистемы образования шихты с заданными свойствами оператор образования плитки (валковой пресс) может быть охарактеризован группой параметров, определяющих протекание физико-химических процессов и состояние подсистемы в текущий момент времени.

Аналогичным образом анализируется операторная модель с эколого-экономических позиций (проводят ранжирование факторов экологической безопасности и ресурсосбережения, сопоставляют параметры и т. п.).

2.3. Технологическая и экологическая безопасность химического оборудования

Современное развитие общества в системе «биосфера – человек – техносфера» все в большей мере сталкивается с проблемой обеспечения безопасности и защиты человека и окружающей среды от воздействия природных и техногенных (в первую очередь) вредных и опасных факторов. Промышленное производство, сконцентрировав в себе колоссальные запасы различных видов энергии, вредных веществ и воздействий, стало постоянным источником техногенных опасностей и возникновения аварий, переходящих в чрезвычайные ситуации. *Внедрение в производство новых технологий не снижает уровень опасности, а лишь влечет за собой появление качественно новых видов риска.* Известно, что наибольшую техногенную опасность несут в себе аварии и катастрофы на радиационно и химически опасных объектах.

Аксиома о потенциальной опасности любой деятельности положена в основу научной проблемы обеспечения безопасности человека. Из этой

аксиомы следует, по меньшей мере, два важных вывода, необходимых для формирования систем безопасности: невозможно разработать (найти) абсолютно безопасный вид деятельности человека (например, рассматривая производственную деятельность человека, невозможно создать абсолютно безопасную технику или технологический процесс); ни один вид деятельности не может обеспечить абсолютную безопасность для человека (*нулевых рисков не бывает*).

Безопасность производственного процесса определяется в ГОСТ 12.0.002-80 как «...свойство производственного процесса сохранять соответствие требованиям безопасности труда в условиях, установленных нормативно-технической документацией...» (НТД), а *безопасность производственного оборудования* – как его свойство «...сохранять соответствие требованиям безопасности труда при выполнении заданных функций в условиях, установленных НТД».

Опасность – 1) ситуация, которая может привести к травмам или нанести вред здоровью пользователя (работающего) (ГОСТ 12.2.009-99); 2) возможная причина травмы или нанесения вреда здоровью (ГОСТ 12.2.009-99); 3) ситуация, которая может привести к травмам или нанести вред здоровью работающего (ГОСТ 12.2.017.4-2003); 4) потенциальная возможность возникновения процессов или явлений, способных вызывать поражение людей, наносить материальный ущерб и разрушительно воздействовать на окружающую атмосферу (ГОСТ Р 12.3.047-98); 5) производственный фактор, который может быть причиной вреда или ущерба здоровью человека; 6) возможность нанесения вреда, имущественного (материального), физического или морального (духовного) ущерба личности, обществу, государству; 7) ситуация (в природе или техносфере), в которой возможно возникновение явлений или процессов, способных поражать людей, наносить материальный ущерб, разрушительно действовать на окружающую человека среду.

Опасность – это процессы, явления, предметы, оказывающие негативное влияние на жизнь и здоровье человека.

Все виды опасностей (негативных воздействий), формируемых в процессе трудовой деятельности, разделяют в соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 на следующие группы: физические, химические, биологические и психофизиологические (социальные).

Физические опасные и вредные производственные факторы: движущиеся машины и механизмы; различные транспортно-подъемные устройства и перемещаемые грузы; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования (приводные и передаточные механизмы, режущие инструменты, вращающиеся и перемещающиеся приспособления и др.); отлетающие части обрабатываемого материала и инструмента; электрический ток; повышенная температура поверхностей оборудования и обрабатываемых материалов и т. д.

Вредными для здоровья физическими факторами являются: повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; высокие влажность и скорость движения воздуха; повышенные уровни шума, вибраций, ультразвука и различных излучений – тепловых, ионизирующих, инфракрасных и др.; запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; недостаточная освещенность рабочих мест, проходов и проездов; повышенная яркость света и пульсация светового потока.

Химические опасные и вредные производственные факторы по характеру действия на организм человека подразделяются на следующие группы: общетоксические, раздражающие, sensibilizing (вызывающие аллергические заболевания), канцерогенные (вызывающие развитие опухолей),

мутагенные (действующие на половые клетки организма). В эту группу входят многочисленные пары и газы: пары бензола и толуола, оксид углерода, сернистый ангидрид, оксиды азота, аэрозоли свинца и др., токсичные пыли, образующиеся, например, при обработке резанием бериллия, свинцовистых бронз, латуней и некоторых пластмасс. Сюда относятся также агрессивные жидкости (кислоты, щелочи), которые могут причинить химические ожоги кожного покрова при соприкосновении с ним.

Биологические опасные и вредные производственные факторы: микроорганизмы (бактерии, вирусы и т. д.) и макроорганизмы (растения и животные), воздействие которых на работающих вызывает травмы или заболевания.

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы: физические перегрузки (статические и динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов слуха, зрения и др.).

Опасности, создаваемые деятельностью человека, имеют два важных для практики качества: они носят потенциальный характер (могут быть, но не приносить вреда) и имеют ограниченную зону воздействия (зона действия опасности).

Источниками формирования опасностей в конкретной сфере деятельности являются:

- сам человек как сложная система «организм–личность», в которой неблагоприятная для здоровья человека наследственность, физиологические ограничения возможностей организма, психологические расстройства и антропометрические показатели человека бывают непригодны для реализации конкретной деятельности;
- процессы взаимодействия человека и элементов среды обитания (техносферы).

Различают следующие режимы работы оборудования.

Регламентный (расчетный) – режим работы оборудования, в котором опасные параметры процесса находятся в расчетном диапазоне.

Аварийный – режим работы оборудования, в котором опасные параметры процесса выходят за расчетный диапазон и системой регулирования не могут быть возвращены в исходное состояние.

Авария – это разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемый взрыв и (или) выброс опасных веществ (Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» № 116-ФЗ от 21.07.1997 г.).

Безотходный – режим (способ) производства продукции, при котором сырье и энергия в цикле «сырьевые ресурсы–производство–потребление вторичных сырьевых ресурсов» используются наиболее рационально и комплексно – таким образом, что любые воздействия на окружающую среду не нарушают ее нормального функционирования (ЕЭК ООН). Другими словами, *безотходная технология* – это идеальная система, к которой должен стремиться всякий реальный технологический цикл, и чем больше будет это приближение, тем меньше будет экологически опасный след.

Экологическая безопасность промышленных (инженерных) объектов при авариях и ТЧС определяется вероятностью возникновения поражающих факторов и уровнем воздействия вредных веществ, проявляющегося в процессе эксплуатации. Уровень опасности и принцип обеспечения безопасности во многом связаны со свойствами перерабатываемых веществ.

При работе с нейтральными твердыми и жидкими веществами, парами и газами оборудование должно обеспечивать:

- санитарные и гигиенические нормы в рабочей зоне помещения по температуре, запыленности, содержанию паров воды и других жидкостей за счет герметизации при загрузке и разгрузке веществ и при проведении технологического процесса, а при необходимости – за счет отвода пыли и паров общеобменной или внешней вентиляцией;

- защиту от разрушения под давлением сжатых нейтральных паров или газов (воздуха, азота, аргона и т. п.), при внезапном нерегламентированном повышении давления в ходе выполнения технологических операций (например, вследствие перегрева и вскипания жидкости), а также при нерегламентированном повышении давления от внешних источников – сжатого воздуха, азота, пара и т. п.

При эксплуатации оборудования с горючими жидкостями (масла, дистилляты, диэтиленгликоль и др.), легковоспламеняющимися жидкостями (спирты, бензины, гексан, гептан, изопрен, ацетон и др.) и горючими газами, в том числе сжиженными (этан, этилен, пропан, бутан, бутилен, метан и др.), имеет место более высокий уровень опасности за счет возможного пожара или взрыва этих веществ. Оборудование при работе с этими веществами должно обеспечить (в дополнение к указанным) исключение возможности:

- образования пожаро- и взрывоопасных концентраций веществ за счет выбора соответствующих технологических режимных параметров, вентиляции, продувки или подачи флегматизаторов;

- появления источников зажигания за счет применения соответствующего уровня и вида взрывозащиты электрооборудования, предупреждения возникновения искр от трения или удара;

- самовоспламенения окружающей взрывоопасной смеси от нагретых поверхностей;

- нерегламентированного подъема температуры при нарушении условий проведения экзотермических реакций;

- разрушения его под давлением при выполнении технологических операций или при нарушении правил эксплуатации.

Широко применяемым на практике в ЕС (Европейском сообществе) элементом государственного регулирования промышленной безопасности является процедура декларирования безопасности, регламентированная Международной организацией труда в Конвенции № 174 «О предотвращении крупных промышленных аварий» (1993 г.). В соответствии с этой процедурой руководство каждого опасного предприятия (объекта, установки) должно предоставлять в органы власти Декларацию безопасности (*Safety Report*) – единый документ, объединяющий вопросы идентификации и оценки основных опасностей и обоснования принятых мер для безопасной эксплуатации промышленного объекта, а также мер, применяемых в случае аварий.

С 1993 г. по инициативе Госгортехнадзора России (ныне Федеральная служба РФ по экологическому, технологическому и атомному надзору – Ростехнадзор РФ) начато активное внедрение процедуры декларирования безопасности в России. Для ее практической реализации разработаны и приняты нормативно-правовые документы федерального уровня: федеральные законы РФ «О промышленной безопасности», «Об экологической экспертизе», Постановление Правительства РФ «О декларации безопасности промышленного объекта Российской Федерации» и т. д.

Предписано МЧС и Госгортехнадзору определить порядок и обеспечение практического внедрения процедуры декларирования безопасности. Комплекс работ по созданию нормативной базы, регламентирующей процедуру декларирования безопасности, ведется федеральным государственным

унитарным предприятием «Научно-технический центр по безопасности в промышленности» Ростехнадзора РФ (ФГУП НТЦ «Промышленная безопасность»). Приняты порядок разработки и экспертизы декларации безопасности промышленных объектов Российской Федерации, положение о Регистре особо опасных промышленных объектов Российской Федерации и ряд других нормативов.

В РФ принята *предупредительная система обеспечения безопасности* производственного оборудования, когда производитель работ, связанных с созданием, разработкой и эксплуатацией потенциально опасных производств, обязан доказать и поддерживать свою организационно-техническую готовность к их выполнению.

В связи с этим технические доказательства по инженерному объекту сопровождаются доказательством организационно-технической готовности предприятия выполнять потенциально опасные виды работ и включают получение:

- лицензии (в частности, в Ростехнадзоре РФ) на проектирование технического средства;
- лицензии (Ростехнадзора РФ) на производство технического средства;
- сертификата подтверждения типа средств измерений (Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии РФ – Ростехрегулирование РФ);
- сертификата соответствия (Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии РФ – Ростехрегулирование РФ);
- разрешения на применение технического средства (Ростехнадзор РФ) и др.

В подавляющем большинстве случаев перед принятием решения федеральным органом исполнительной власти проводится экспертиза представляемой документации независимой экспертной организацией.

Обобщая требования стандартов, технических условий, общих и отраслевых правил химической и смежных с ней отраслей промышленности, получим следующие общие наиболее характерные требования по обеспечению безопасности в зависимости от типа оборудования.

Требования к оборудованию для переработки пожаро- и взрывоопасных и токсичных веществ

Оборудование должно обеспечивать условия взрывобезопасности технологического процесса (операции) путем исключения создания взрывоопасных концентраций веществ и их смесей:

- оснащение дозирующими устройствами, обеспечивающими подачу компонентов со скоростью и точностью, устраняющими возможность отклонения их соотношений от регламентированных значений и образование взрывоопасных концентраций в оборудовании;
- выбор гидродинамических параметров (способов и режима перемещения среды и смешения компонентов, напора и скорости потока), теплообменных характеристик (теплового напора, поверхности теплообмена и т. п.) процесса и геометрических характеристик аппаратов.

Оборудование, в котором при регламентном режиме или при отклонении от регламентного режима невозможно избежать вероятности образования взрывоопасных сред и возникновения источников энергии, величина которой превышает минимальную энергию зажигания обращающихся в процессе веществ, оснащается системами подачи в него инертных газов, флегматизирующих добавок, и других продуктов, локализирующих или предотвращающих

образование взрывоопасных концентраций, а также стандартизированными системами взрывопредупреждения и взрывоподавления.

Количество инертного газа выбирается с учетом особенностей работы всей технологической установки и системы транспортирования. При использовании инертного газа для подготовки оборудования, проведения операций по обработке твердых горючих материалов с возможным образованием взрывоопасных концентраций технологической среды в оборудовании и трубопроводах предусматривается автоматизированный контроль за содержанием кислорода и автоматическая остановка операции при достижении значений концентрационных пределов взрываемости.

Оборудование, в котором обрабатываются вещества, способные к разложению, самовоспламенению при длительном пребывании в аппаратуре, а также коммуникации для транспортировки таких веществ не должны иметь мест, в которых возможны застои, залеживание, скопление, коркообразование, а поверхность оборудования должна быть гладкой и легкоочищаемой.

Требования к оборудованию, характеризующемуся выделением тепла

Оборудование для проведения процессов, сопровождающихся выделением конвекционного и лучистого тепла (плавильные, нагревательные печи, сушильные камеры и т. п.), необходимо обеспечивать экранированием, теплоизоляцией, устройствами и приспособлениями для отвода тепла, предотвращающими или резко ограничивающими выделение тепла в рабочее помещение. При этом температура нагретых поверхностей оборудования или ограждений должна соответствовать требованиям пожарной безопасности (СТ СЭВ 383-87). В случае использования оборудования для работы с пожаро- и взрывоопасными веществами температура нагрева поверхности не должна превышать 0,8 температуры самовоспламенения (ГОСТ 12.2.020-76).

Температура нагретой поверхности аппарата, теплоизоляции или защитного кожуха, где возможен контакт работающего с поверхностью, не должна превышать 45 °С согласно ГОСТ 12.4.113-82. Устройства теплозащиты должны включаться в проект оборудования, поставляться и монтироваться с ним одновременно.

Требования к оборудованию для работы при отрицательных температурах

Оборудование с применением низких температур должно иметь теплоизоляцию, обеспечивающую санитарные нормы на рабочем месте и исключаящую обморожения. Конструкция арматуры, трубопроводов и теплоизоляция должны исключать их замерзание и приток тепла, способный вызвать фазовый переход за счет быстрого вскипания и создания недопустимых давлений. Оборудование для продуктов разделения воздуха создается в соответствии с требованиями «Правил безопасности при производстве и потреблении продуктов разделения воздуха ПБПРВ-88».

Требования к оборудованию, характеризующемуся вибрацией

Оборудование, создающее вибрации, разрабатывается и поставляется в комплекте с виброизоляторами, рассчитанными на типовые условия установки. Значения вибрационных характеристик устанавливаются исходя из обеспечения безопасности конструкции оборудования и с учетом требований гигиенических норм вибрации по ГОСТ 12.1.012-90.

В паспорт или инструкцию по эксплуатации оборудования вносят значения вибрационных характеристик, измеренные, согласно ГОСТ 12.1.043-84,

в ходе испытаний. Динамические нагрузки, передаваемые основанию, не должны превышать 50 Н. Уровни вибрации при конструировании аппаратов могут быть значительно снижены путем применения вибропоглощающих и виброизолирующих устройств и материалов. Устранение вибрации работающего оборудования, вызванной неуравновешенностью деталей, достигается статической и динамической балансировкой. Особое внимание обращается на защиту оборудования и трубопроводов от разрушения при воздействии вибрационных нагрузок и на выполнение установленных норм вибрации для устранения этой опасности.

Требования к оборудованию, связанному с возникновением шума

Предельно допустимые значения шумовых характеристик в процессе разработки оборудования или при экспертизе применимости определяются в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.003-89 и ГОСТ 12.1.029-80 с учетом условий размещения и допускаемых уровней звукового давления в октавных полосах частот. В качестве нормируемой шумовой характеристики допускается применять эквивалентный уровень звука, измеренный по характеристике «А» шумомера по ГОСТ 17187-81. Для уменьшения уровня шума в конструкции используются экраны и звукоизолирующие кожухи, звукоизолирующие и вибродемпфирующие покрытия, глушители аэродинамических шумов, подшипники повышенного качества, балансировка движущихся частей, надежное крепление отдельных узлов и частей оборудования. Оборудование снабжается паспортом с указанием спектра излучаемой звуковой мощности.

Требования к оборудованию, характеризующемуся излучением электромагнитных полей высоких, ультравысоких и сверхвысоких частот

Оборудование, которое при работе создает электромагнитные поля, должно выпускаться в таком исполнении, чтобы рассеяние и потери энергии были минимальными. Интенсивность электромагнитных полей радиочастот на рабочем месте не должна превышать величин, указанных в «Санитарных нормах и правилах при работе с источниками электромагнитных полей высоких, ультравысоких и сверхвысоких частот» и ГОСТ 12.1.006-84.

Для снижения интенсивности излучения до предельно допустимых величин в конструкции оборудования используется экранирование элементов, являющихся источниками излучения (конденсаторов, ВЧ-трансформаторов, индукторов и т. п.), поглотителей, ослабителей и делителей мощности, волноводных разветвлений. Оборудование с электровакуумными приборами с рабочим напряжением выше 10 кВ должно обеспечивать защиту от воздействия мягкого рентгеновского излучения в соответствии с требованиями «Санитарных правил работы с источниками мягких рентгеновских лучей».

Оборудование, являющееся возможным источником излучения электромагнитных полей радиочастот, снабжается паспортом с указанием в нем уровня излучения для проектного режима работы, измеренного заводом-изготовителем.

Требования к оборудованию, характеризующемуся низкой механической прочностью

Аппаратура и трубопроводы из стекла, керамики и других хрупких материалов должны быть защищены от механического воздействия и разрушения, должна быть исключена возможность случайных ударов и неосторожного обращения во время эксплуатации. Указанные требования выполняются за счет:

- введения в конструкцию защитных ограждений кожухов и т. п.;
- надежного закрепления элементов оборудования на кронштейнах и других основаниях, исключающего перемещения и излишние нагрузки;
- введения усиления элементов и мягких прокладок в местах крепления;
- развязки и монтажа трубопроводов (если это допустимо по условиям прочности, герметичности и коррозионной стойкости) через гибкие элементы;
- исключения воздействия вибрации на аппаратуру и трубопроводы;
- удобной компоновки оборудования, трубопроводов и переключающих (запорных) элементов (кранов и т. п.), обеспечивающей защиту от неосторожного воздействия персонала при монтаже, работе и при проведении заключительных операций по очистке, нейтрализации, продувке;
- сборки при подготовке к работе и разборки после окончания работы без применения металлических инструментов.

Применение такого оборудования для пожаро- и взрывоопасных веществ запрещено.

Выделим *группы некоторых свойств различного типа оборудования.*

1. *Герметичность.* Оборудование, содержащее вредные вещества (газы, пары, жидкости) и предназначенное для проведения процессов, например, бромирования, хлорирования, цианирования и других, с применением метанола, для работы с ртутью, ее смесями и подобными опасными веществами, должно быть герметичным. Такое оборудование должно быть оснащено устройствами проверки герметичности перед проведением операций с вредными веществами.

Условие безопасности параметров воздушной среды в рабочем помещении определяется соотношением:

$$C_{\text{вв}}^{\text{р.з}} \leq C_{\text{вв}}^{\text{пдк}}, \quad (2.1)$$

где: $C_{\text{вв}}^{\text{р.з}}$ – концентрация вредного вещества в рабочей зоне; $C_{\text{вв}}^{\text{пдк}}$ – предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ разнонаправленного действия ПДК остаются такими же, как и при изолированном воздействии этих веществ. При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия сумма отношений концентраций каждого из них ($C_1, C_2, \dots, C_n$) в воздухе к их ПДК ($\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$) не должна превышать единицы.

Оборудование, работающее под давлением вредных веществ (жидкостей и газов), должно испытываться на герметичность. Степень герметичности оборудования задается при проектировании, обычно $\Delta p = (0,1 \div 0,5)\%$ в час.

2. *Оснащенность поглотительными системами.* Оборудование для хлорирования, цианирования, бромирования, арсенирования, сульфирования, хлорсульфирования, нитрозирования, нитрования, диазотирования, фосгенирования, метилирования, аминирования и аналогичных опасных процессов снабжается нейтрализующей или улавливающей системой для поглощения паров и газов, выделяющихся в процессе реакции. Вместимость такого оборудования обеспечивает надежное и бесперебойное выполнение цикла технологических операций, в том числе с учетом времени нейтрализации и очистки самой поглотительной системы. Поглотительная система должна быть включена постоянно. В случае использования вредных газов применяются поглотительную систему, работающую под разрежением. При необходимости в поглотительную систему подают реагенты (вода, газообразный

аммиак и т. п.) в соответствии с химизмом процесса. В оборудовании, оснащенном поглотительной системой, предусматриваются соответствующие узлы подсоединения и управления ими.

Оборудование для переработки вредных веществ с использованием вакуума оснащается ловушками перед вакуум-насосом для поглощения паров и газов (например, в процессах хлорирования, хлорсульфирования, фосгенирования и т. п.). Поглотительные и нейтрализующие системы и ловушки необходимо оснащать средствами контроля их работоспособности (наличие нейтрализующих и сорбирующих сред и т. п.).

Трубопроводы для сжиженных газов, взрыво- и пожароопасных и вредных веществ должны иметь фланцевые или иные разъемы в исполнении, обеспечивающем герметичность стыка.

3. *Электробезопасность.* Все электроприводы, средства контроля, сигнализации и блокировок по исполнению должны соответствовать условиям среды помещений, в которых они устанавливаются, и отвечать требованиям ПУЭ и ГОСТ 22782.0-81, ГОСТ 22782.7-81. Исполнение пультов и щитов управления производится в соответствии с требованиями ГОСТ 14255-69. Электротехнические изделия должны обеспечивать безопасную эксплуатацию в соответствии с ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.2.007.12-88.

Защитное заземление, зануление, защитное отключение оборудования, приборов, средств сигнализации и блокировки производятся в соответствии с требованиями стандартов и ПУЭ. На оборудовании предусматривается контактная площадка и наносится знак по ГОСТ 21130-75. Оборудование с использованием электротехнологий, электродвигателей и встроенных электроприборов должно иметь соответствующую степень защиты. Степень защиты обуславливается категорией технологического блока и классом зоны.

Статическое электричество. От оборудования и трубопроводов необходимо осуществлять отвод статического электричества в соответствии с требованиями «Правил защиты от статического электричества в производствах химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности». При использовании электризующихся легковоспламеняющихся жидкостей применяются меры по снижению накопления и отводу зарядов статического электричества. Для случая повышенной опасности электризации части оборудования должны иметь плавные отводы и исключать заостренные элементы, способствующие разряду статического электричества. Части оборудования и трубопроводов из неметаллических материалов, на которых вероятны генерация, накопление и разряды статического электричества, считаются электростатически заземленными, если сопротивление любой точки внутренней и внешней поверхности относительно контура заземления не превышает 10^7 Ом.

Устройства для подавления аварий. Выбор методов и средств для предупреждения и предотвращения развития аварий (противоаварийные устройства: запорная, запорно-регулирующая арматура, клапаны, отсекающие и другие отключающие устройства, предохранительные устройства от повышения давления, средства подавления и локализации пламени, автоматические системы подавления взрыва), разработка последовательности и времени срабатывания элементов системы защиты определяются по результатам анализа схем возможного развития аварий так, чтобы исключалось опасное развитие процесса.

При срабатывании средств защиты должна быть предотвращена возможность искрообразования, травмирования обслуживающего персонала, вы-

броса взрывоопасных продуктов в рабочую зону и воздействия вредных веществ на окружающую среду.

Выбор, расчет и эксплуатация средств защиты аппаратов и коммуникаций от превышения давления производятся в соответствии с действующей нормативной документацией.

При установке предохранительных устройств на аппаратах (трубопроводах) с взрыво- и пожароопасными продуктами предусматриваются меры и средства (в том числе автоматическое регулирование процесса), обеспечивающие минимальную частоту их срабатывания.

Средства защиты от распространения пламени (огнепреградители, пламеотсекатели, жидкостные затворы) должны устанавливаться на дыхательных и стравливающих линиях аппаратов и резервуаров с ЛВЖ и ГЖ, а также на трубопроводах ЛВЖ и ГЖ, в которых возможно распространение пламени, в том числе работающих периодически или при незаполненном сечении трубопровода, на трубопроводах от оборудования с раскаленным катализатором, пламенным горением и другими источниками зажигания.

Оборудование оснащается автоматическими системами противоаварийной защиты, которые должны предупреждать образование взрывоопасной среды при отклонении от предусмотренных допустимых значений параметров процесса и обеспечивать безопасную остановку или перевод процесса в безопасное состояние.

Все оборудование системы аварийного останова должно быть соединено в распределительных коробах в исполнении, соответствующем категории помещения и наружных установок.

Предусматривается возможность трех видов аварийной остановки оборудования:

- полная ручная остановка с панели системы аварийной остановки, находящаяся в операторной, при этом в системе не должно быть никакой блокировки для ручной остановки с панели в операторной; срабатывание ручной остановки блокирует любую действующую в этот момент противоаварийную защиту – ПАЗ (включая системы блокировки автоматического управления при работе и ремонте);
- остановка группы систем или группы оборудования, инициированная датчиками на установке и ручными переключателями на панели системы аварийной остановки;
- остановка одной позиции, инициированная датчиками на установке.

В документации на оборудование, оснащенное средствами взрывозащиты, локализации пламени и другими противоаварийными устройствами, должен быть указан способ подтверждения взрывозащищенности оборудования (испытания промышленного образца, модельные испытания). Для взрывоопасных технологических объектов системы контроля, управления и ПАЗ должно проходить комплексное апробирование по специальным программам.

С точки зрения потенциальных возможностей загрязнения биосферы предприятия можно условно разделить на три группы. К I группе относятся предприятия с преобладанием химических технологических процессов, к II группе – предприятия с преобладанием механических (машиностроительных) технологических процессов, к III группе – предприятия, на которых осуществляется как добыча, так и химическая переработка сырья.

Предприятия химической промышленности (I группа) отличаются разнообразием токсичных газовых выбросов и жидких стоков. Главные из них – органические растворители, амины, альдегиды, хлор и его производные, ок-

сиды азота, циановодород, фториды, сернистые соединения (диоксид серы, сероводород, сероуглерод), металлоорганические соединения, соединения фосфора, мышьяка, ртуть.

К числу отходов химической промышленности и производства минеральных удобрений относятся гипсосодержащие отходы (фосфогипс и др.), фосфорные шлаки, пиритные огарки, галитовые отходы и глинистые шламы, содовые сплавы, отходы нефтехимии и др. Отвалы и шламохранилища, заполненные отходами химических производств, занимают тысячи гектаров земли.

Крупнотоннажными гипсосодержащими отходами являются в первую очередь фосфо-, боро- и фторогипс, титаногипс, а также сульфогипс.

Предприятия механического профиля (II группа), включающие заготовительные и кузнечно-прессовые цеха, цеха термической и механической обработки металлов, цеха покрытий, литейное производство, выделяют значительное количество газов, жидких стоков и твердых отходов. Например, в закрытых чугунолитейных вагранках производительностью 5–10 т/ч на 1 т выплавленного чугуна выделяется 11–13 кг пыли, 190–200 кг оксида углерода, 0,4 кг диоксида серы, 0,7 кг углеводородов и др. Концентрация пыли в отходящих газах составляет 5–20 г/м³ при эквивалентном размере частиц 35 мкм.

При литье расплавленного (жидкого) металла и при охлаждении форм из формовочных смесей выделяются бензол, фенол, аммиак, формальдегид и др.

Токсичные вещества в окрасочных цехах выделяются в процессе обезжиривания поверхностей органическими растворителями перед окраской, при подготовке лакокрасочных материалов, при нанесении их на поверхность изделия и сушке покрытия.

Нефтегазовые и горнодобывающие объекты, металлургическое производство и теплоэнергетику условно относят к предприятиям III группы.

При нефтегазовом строительстве основным источником техногенных воздействий является опорно-двигательная часть машин, механизмов и транспорта. Она разрушает растительный покров почвы любого типа за один-два прохода или проезда. На этих же этапах происходит максимальное физико-химическое загрязнение почв, грунтов, поверхностных вод горюче-смазочными материалами, твердыми отходами, бытовыми стоками и др. Плановые потери добытой нефти составляют в среднем 50 %.

Далее приведен перечень веществ (в скобках дан класс их опасности по ГОСТ 12.1.007-76), выбрасываемых:

а) *в атмосферный воздух*: диоксид азота (2), бенз(а)пирен (1), сернистый ангидрид (3), оксид углерода (4), сажа (3), ртуть металлическая (1), свинец (1), озон (1), аммиак (4), хлороводород (2), серная кислота (2), сероводород (2), ацетон (4), оксид мышьяка (2), формальдегид (2), фенол (1) и др.;

б) *в сточные воды*: аммония сульфат (3), аммиак (3), бензин (3), бенз(а)пирен (1), керосин (4), ацетон (3), уайтспирит (3), сульфат (4), фосфор (1), хлориды (4), хлор активный (3), этилен (3), нитраты (3), фосфаты (2), масла и др.

В теплоэнергетике мощным источником твердых отходов и газообразных выбросов являются теплоэлектростанции, паросиловые установки, то есть любые промышленные и коммунально-бытовые предприятия, связанные с процессом сжигания топлива.

В состав отходящих дымовых газов входят диоксид углерода, диоксид и триоксид серы и др. «Хвосты» углеобогащения, зола и шлаки формируют состав твердых отходов. Отходы углеобогащательных фабрик содержат 55–60 % SiO₂, 22–26 % Al₂O₃, 5–12 % Fe₂O₃, 0,5–1,0 % CaO, 4,0–4,5 % K₂O и Na₂O и до 5 % С. Они поступают в отвалы, и степень их использования не превышает 1–2 %.

Опасно применение бурых и других углей, содержащих радиоактивные

элементы (уран, торий и др.), в качестве топлива, так как часть этих элементов уносится с отходящими газами в атмосферу, а часть через золоотвалы поступает в литосферу.

Комбинированная (промежуточная) группа предприятий (I + II + III группы) включает в себя муниципальное производство и объекты коммунально-городского хозяйства. Современные города выбрасывают в атмосферу, литосферу и гидросферу около 1000 химических соединений.

Атмосферные выбросы текстильной промышленности содержат оксид углерода, сульфиды, нитрозамины, технический углерод, серную и борную кислоты, смолы, а обувные фабрики выделяют аммиак, этилацетат, сероводород и кожевенную пыль. При производстве строительных материалов и конструкций, например, выделяется от 140 до 200 кг пыли на 1 т произведенных строительного гипса и извести соответственно, а отходящие газы содержат оксиды углерода, серы, азота, углеводороды. Всего предприятия по производству стройматериалов в нашей стране выбрасывают ежегодно 38 млн. т пыли, 60 % которой составляет цементная.

Загрязнения в сточных водах находятся в виде взвесей, коллоидов и растворов. До 40 % загрязнений составляют минеральные вещества: частицы грунта, пыли, минеральные соли (фосфаты, азот аммонийный, хлориды, сульфаты и др.). В состав органических соединений входят жиры, белки, углеводы, клетчатка, спирты, органические кислоты и т. д. Особый вид загрязнения сточных вод – бактериальный.

Наиболее опасными и трудноудаляемыми из стоков являются СПАВ (иначе – детергенты) – сильные токсиканты, устойчивые к процессам биологического разложения. В водоемы сбрасывается до 50–60 % их первоначального количества.

К опасным загрязнениям антропогенного характера, способствующим серьезному ухудшению качества окружающей среды и жизни человека, следует отнести радиоактивные вещества. Естественная радиоактивность – это закономерное явление, обусловленное двумя причинами: наличием в атмосфере радона ^{222}Rn и продуктов его распада, а также воздействием космических лучей. Объединяясь в группы, эти вещества затем через поры почвы проникают в приземной слой атмосферы, создавая так называемую естественную (природную) радиоактивность. Что касается антропогенных факторов, то они связаны главным образом с искусственной (техногенной) радиоактивностью (ядерные взрывы, производство ядерного топлива, аварии на атомных электростанциях).

Таким образом, радиоизотопы так или иначе попадают в атмосферу и многие из них, по существу, вечны. В связи с этим важной является проблема обезвреживания отходов ядерной энергетики. При этом необходимо знать, насколько в результате обезвреживания уменьшится ущерб, наносимый экологической деятельностью здоровью человека.

К числу техногенных загрязнений, представляющих экологическую опасность для биосферы и человека, относятся и электромагнитные излучения (ЭМИ) и поля (ЭМП). Они являются весьма сложным загрязнением – как с учетом анализа, так и с позиций ограничения интенсивности облучения. Кроме того, органы чувств человека не воспринимают ЭМП до частот видимого диапазона, в связи с чем оценить степень опасности облучения практически невозможно. Бурное развитие научно-технического прогресса привело к тому, что созданные человеком ЭМП в сотни раз выше среднего естественного фона. В условиях современных производств и городов на организм человека оказывают влияние ЭМП, источниками которых являются различные радио-

передающие устройства, производственная электроэнергетика, линии электропередачи, электрифицированный транспорт, офисная и бытовая техника. Интенсивность ЭМП зависит от следующих причин: близость к электроэнергетическим источникам, расписание работы радиостанций, состояние ионосферы и др. Воздействие ЭМП может быть следующих видов:

- изолированное (от одного источника);
- сочетаемое (от двух и более источников одного частотного диапазона);
- смешанное (от двух и более источников различных частотных диапазонов);
- комбинированное (в случае дополнительного воздействия какого-либо другого неблагоприятного фактора).

Шум, инфразвук, ультразвук и вибрация оказывают самые различные воздействия на живой организм; в подавляющем большинстве они являются нежелательными. На основании классических методов оценки звука интенсивность не только является наиболее важной характеристикой любого вида шума, но и в значительной мере определяет степень его вредного воздействия.

На предприятиях источниками шума являются вентиляционные установки, компрессорные станции, газотурбинные установки и другие устройства. Наиболее значительные уровни шума наблюдаются на частотах 500–1000 Гц, то есть в зоне наибольшей чувствительности органа слуха. В возрасте до 27 лет на шум болезненно реагируют 46,3 % людей, в возрасте 28–37 лет – 57 %, в возрасте 38–57 лет – 62,4 %, а в возрасте 58 лет и старше – 72 %.

Установлено, что потеря слуха обычно наступает при воздействии шума в диапазоне частот 3000–6000 Гц, а нарушение разборчивости речи – при частоте 1000 – 2000 Гц. За счет негативных акустических воздействий общая заболеваемость населения, например, в городах возрастает на 30 %.

Источниками вибрации являются промышленные установки, технологические трубопроводы, строительные и другие объекты, в которых доминируют динамические процессы, вызванные ударами, резкими ускорениями и т. п. Разрушительное влияние вибрации с сопутствующим ей фактором – шумом – одна из самых трудноразрешимых проблем промышленной безопасности.

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте определение понятиям «химическая система», «химико-технологическая система». Рассмотрите их структуры.
2. Цель проектирования технических систем.
3. Какие изменения в технических системах приводят к утрате их работоспособности и от чего они зависят?
4. Надежность: определение, средства и метод определения, структура, показатели надежности.
5. Классификация характеристик состояния ТС.
6. В результате каких событий объект ТС может переходить из одного состояния в другое?
7. Виды отказов технических систем.
8. Системный анализ: определение, положения системного анализа.
9. Применение математического моделирования в ТС и требования к моделям.
10. Уровни иерархии производства и ТС.
11. Для чего используют результаты системного анализа ТС?
12. Приведите пример выявления ключевых недостатков работы технических систем.
13. Почему внедрение в производство новых технологий не снижает уровень опасности, а лишь влечет за собой появление качественно иных видов риска?

14. Дайте определение понятиям: «безопасность производственного процесса», «безопасность производственного оборудования».
15. Охарактеризуйте классификацию видов опасностей в соответствии с ГОСТ 12.0.003-74.
16. Какие вы знаете режимы работы оборудования?
17. Дайте определение понятию «безотходная технология».
18. Как определяется экологическая безопасность промышленных объектов при авариях и ТЧС?
19. Предупредительная система обеспечения безопасности. Декларирование промышленной безопасности.
20. Требования к оборудованию для переработки пожаро- и взрывоопасных и токсичных веществ.
21. Требования к оборудованию, характеризующемуся выделением тепла.
22. Требования к оборудованию для работы при отрицательных температурах.
23. Требования к оборудованию, характеризующемуся вибрацией.
24. Требования к оборудованию, связанному с возникновением шума.
25. Требования к оборудованию, характеризующемуся излучением электромагнитных полей высоких, ультравысоких и сверхвысоких частот.
26. Требования к оборудованию, характеризующемуся низкой механической прочностью.
27. Какие вы можете охарактеризовать свойства оборудования?
28. Перечислите виды аварийной остановки оборудования.
29. Как характеризуют промышленные предприятия с точки зрения потенциальных возможностей загрязнения биосферы?
30. Перечислите приоритетные вещества и виды воздействий промышленных предприятий на состояние и качество окружающей природной среды.

Интерактивные формы занятий

1. Работа по группам.

Цель занятия: продемонстрировать сходство или различия определенных явлений при решении заданных задач, при этом выработать стратегию или разработать план, а также выяснить отношение различных групп участников к одному и тому же вопросу.

Задание № 1. Разработать иерархическую структуру химико-технологической системы (ХТС), выполняющую определенные функции в последовательности процессов переработки сырья в продукты на примере ООО «Сахалинская газовая энергетическая компания» (основными направлениями деятельности которой являются: производство и передача электрической энергии;

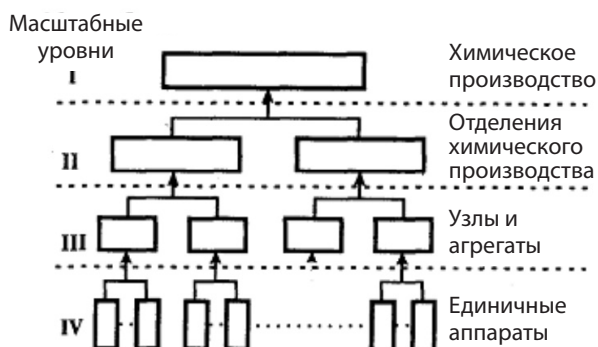


Схема 1

и передача тепловой энергии; подъем, очистка и передача холодной воды; перекачка, очистка и транспортировка сточных вод; транспортировка газа по распределительным сетям конечным потребителям) по схеме 1.

Анализ ХТС должен заключаться в получении сведений о состоянии ХТС, показателях ее эффективности и функционировании системы, а также о влиянии на эти данные химической схемы, структуры технологических связей, свойств и состояния элементов и подсистем, условий эксплуатации.

Общее ознакомление с существующими производствами предприятия осуществляется путем организации экскурсий и изучения развития предприятия и его отдельных производств, сравнения технологических схем со схемами других предприятий и описанных в литературе.

Задание № 2. Студентам предлагается подробное изучение одного из цехов или отделений цеха промышленного предприятия. При этом изучаются: назначение цеха, его связь с другими цехами завода, область применения готовой продукции; свойства и качество исходного сырья, вспомогательных материалов и готового продукта, технические условия, ГОСТы, методы контроля; химизм процесса, влияние технологических параметров на качество получаемой продукции, обоснование технологической схемы процесса, конструкции основных и вспомогательных аппаратов, компоновка оборудования; режим работы оборудования, автоматизация и механизация процесса, обеспечение устойчивых режимов в аппаратах; компоновка цеха; противопожарные мероприятия, вентиляция, освещение, отопление; источники снабжения энергией, использование вторичных ресурсов; автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП); механическая служба цеха; работа цеховой лаборатории.

Задание № 3. Распределите предприятия по группам: заготовительные цеха, целлюлозно-бумажное производство, кузнечно-прессовые цеха, производства минеральных удобрений, шламохранилища, цеха термической и механической обработки металлов, предприятия пищевой промышленности, цеха покрытий, литейное производство, черная металлургия, газовая цветная металлургия, нефтегазовые объекты, горнодобывающие объекты, металлургическое производство, теплоэнергетика.

Предприятия с преобладанием химических технологических процессов (I группа)	Предприятия с преобладанием механических технологических процессов (II группа)	Предприятия, на которых осуществляется как добыча, так и химическая переработка сырья (III группа)

2. Творческое задание.

Цель задания: найти свое собственное «правильное» решение при проведении системного анализа опасного производственного объекта (ООО «Ремстройсервис-1», ООО «Сахалинтехгаз», ООО «Сахалинский водоканал»), основанное на своем персональном опыте и опыте своего коллеги.

Студентам предлагается проведение системного анализа опасного производственного объекта по всем стадиям технологического процесса на основании плана:

- общее знакомство с производством, отражающее следующие вопросы: сведения о заводе (цеха, производства, виды выпускаемой продукции); внутризаводские и внутрицеховые связи, маршруты движения материальных

потоков; описание производственного цеха (какие производства, почему они объединены в этом цехе);

- подробное изучение и описание одного из производств цеха: принципиальная технологическая схема производства; схема движения материальных потоков сырья и продуктов; контрольно-измерительные приборы и средства автоматизации и защиты от чрезвычайных ситуаций, а также средства автоматизированного управления производством.

Выводы (должны содержать результаты анализа производства с указанием узких мест и возможные пути их устранения).

3. Дискуссии на тему:

Цель: достижение убедительного обоснования причинно-следственных связей представленных ниже ситуаций, не имеющих первоначальной ясности для всех участников дискуссии.

Ситуации следующие:

- уровень развития и масштабы применения сложных энергоемких технологических процессов в промышленности и энергетике, в том числе с использованием опасных веществ, привели к тому, что в настоящее время техника и технологии стали для граждан, общества и государства как основой жизнедеятельности, так и одним из основных источников опасности;

- от состояния промышленной безопасности (противоаварийной устойчивости) опасных производственных объектов предприятий топливно-энергетической, горно-металлургической, химической и других промышленных отраслей зависит надежное обеспечение потребителей всеми видами ресурсов и продукции, необходимыми для нормального функционирования общества и государства;

- проблемы обеспечения промышленной безопасности технологически связаны с производственной деятельностью организаций и оказывают существенное влияние на результаты их работы;

- в Российской Федерации существенно сокращен перечень видов деятельности, связанных с эксплуатацией опасных объектов, для осуществления которых требуется наличие лицензии.

Используемая литература

1. Федеральный закон от 10.02.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

2. Федеральный закон от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

3. ГОСТ 20444-85 (1994) Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики.

4. ГОСТ Р ИСО 14050-99 Управление окружающей средой. Словарь.

5. Абрамова, С. В. Безопасность жизнедеятельности: теория, методика, практика, культура : словарь-справочник / авт.-сост.: С. В. Абрамова, Е. Н. Бояров, А. С. Ломов. – Южно-Сахалинск : СахГУ, 2011. – 536 с.

6. Азизов, Б. М. Производственная санитария и гигиена труда : учебное пособие / Б. М. Азизов, И. В. Чепегин. – Казань : изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2009. – 565 с.

7. Арустамов, Э. А. Безопасность жизнедеятельности / Э. А. Арустамов. – М. : Академия, 2009. – 274 с.

8. Белов, С. В. Ноксология : учебник для бакалавров / С. В. Белов, Е. Н. Симанова ; под общ. ред. С. В. Белова. – М. : изд-во Юрайт, 2012. – 429 с. – (Серия : Бакалавр. Базовый курс).

9. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей

среды (техносферная безопасность) : учебник / С. В. Белов. – М. : изд-во Юрайт ; ИД Юрайт, 2010. – 671 с. – (Основы наук).

10. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности. Терминология : учебное пособие / С. В. Белов, В. С. Ванаев, А. Ф. Козьяков ; под ред. С. В. Белова. – М. : КНОРУС, 2008. – 400 с.

11. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) / С. В. Белов. – М. : Юрайт, 2011. – 682 с.

12. Колесников, С. И. Экологические основы природопользования / С. И. Колесников. – М. : Дашков и Ко, 2011. – 295 с.

13. Калыгин, В. Г. Промышленная экология / В. Г. Калыгин. – М. : Академия, 2004. – 432 с.

14. Мазур, И. И. Курс инженерной экологии : учеб. для вузов / И. И. Мазур, О. И. Молдаванов ; под ред. И. И. Мазура. – М. : Высш. шк., 1999. – 447 с.

15. Машины и аппараты химических и нефтехимических производств / под ред. М. Б. Генералова. – Т. IV–12. – М. : Машиностроение, 2004. – 832 с.

16. Медведев, В. Т. Охрана труда и промышленная экология / В. Т. Медведев, С. Г. Новиков, А. В. Каралюнец. – М. : Академия, 2010. – 321 с.

17. Мишукова, Д. М. Настольная книга эколога предприятия. Экологические требования: схемы и пояснения / Д. М. Мишукова. – М. : ООО «Юридический центр промышленной экологии», 2011. – 376 с.

18. Оглезнев, А. В. Промышленная безопасность опасных производственных объектов : методическое пособие / А. В. Оглезнев. – Пермь : А-Припит, 2008. – 120 с.

19. Семенова, И. В. Промышленная экология : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / И. В. Семенова. – М. : изд. центр «Академия», 2009. – 528 с.

20. Тотай, А. В. Экология / А. В. Тотай. – М. : Юрайт-Издат, 2011. – 293 с.

РАЗДЕЛ III. АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОПАСНОСТЕЙ

3.1. Определение, цель и задачи анализа риска опасностей на производстве

Государственная политика в области промышленной безопасности и новые концепции обеспечения безопасности и безаварийности производственных процессов на объектах экономики предусматривают, в первую очередь, объективную оценку опасностей и позволяют наметить пути борьбы с ними.

Возможность крупных техногенных катастроф в промышленных центрах России в настоящее время реальна как никогда. Возрастающая концентрация запасов горючих, радиоактивных, токсичных и взрывчатых веществ в непосредственной близости от жилой зоны поселков и городов, возрастающие масштабы социальной напряженности, отсутствие достаточных сил и эффективных систем реагирования на чрезвычайные ситуации – все это таит в себе опасность катастроф регионального и трансграничного масштабов.

Наибольшую опасность в техногенной сфере представляют транспортные аварии при перевозке опасных грузов, аварии с выбросом химически и биологически опасных веществ, взрывы и пожары, гидродинамические аварии, аварии на электроэнергетических системах и очистных сооружениях.

Идентификация опасностей и оценка их рисков возникновения проводится, в первую очередь, для опасных промышленных объектов. Принятый Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.0.230-2007 «Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования» требует, чтобы риски и опасности производственной деятельности проводились для всех организаций, где они существуют или возможны.

В частности, перед любым изменением или применением новых приемов труда, материалов, процессов или оборудования должны быть выполнены определение опасностей и оценка рисков на рабочих местах. Такая оценка должна быть сделана с учетом обсуждения с участием работников, их представителей и комитета (комиссии) по охране труда, где это необходимо.

Организация должна установить, внедрить и соблюдать процедуры для постоянной идентификации опасностей, оценки риска и выбора необходимых способов контроля.

Понятие «*опасность*» очень часто путают с понятием «*риск*». Для того, чтобы не путать значение данных терминов, приведем пример из повседневной жизни. С опасностями мы встречаемся каждый день: мы ездим в транспорте, переходим проезжую часть, железнодорожные пути и пользуемся электрическими приборами – все это источники риска ухудшения здоровья. Иными словами, опасность – это источник, от которого и возникают риски несчастного случая. Например, автомобиль расценивают как средство передвижения повышенной опасности, то есть движущийся автомобиль – это опасность, а риск – это уже потенциальное опасное событие – дорожно-транспортное происшествие (ДТП) с ухудшением состояния здоровья человека (травмы или смерть).

Рассмотрим, например, трактовку опасности, связанной со скользким полом. Кто-то расценивает ее как источник, кто-то – как ситуацию («ходьба по скользкому полу»), кто-то – как действие (например, «мытьё полов»). В итоге риск получения травмы от падения на скользком полу на практике может возникнуть от нескольких источников (опасностей).

Мы придерживаемся, как было сказано ранее, следующих определений: *опасность* – ситуация, которая может привести к травмам или нанести вред здоровью работающего (ГОСТ 12.2.009-99); *риск* – вероятность наступления нежелательного события, при котором реализуется опасность (ГОСТ Р 12.4.218-99).

Кроме этого, риск – 1) возможная опасность какой-либо неудачи, возникающая в связи с предпринимаемыми действиями, а также сами действия, при которых достижение желаемого результата связано с такой опасностью; 2) количественная мера реализации опасности; 3) мера количественного измерения опасности, представляющая собой векторную (то есть многокомпонентную) величину, измеренную с помощью статистических данных или рассчитанную с помощью имитационных моделей, включающих количественные показатели ущерба от воздействия того или иного опасного фактора; вероятности возникновения (частоты) рассматриваемого опасного фактора; неопределенности в величинах ущерба и вероятности.

Анализ риска аварий на опасных производственных объектах является составной частью управления промышленной безопасностью. Анализ риска заключается в систематическом использовании всей доступной информации для идентификации опасностей и оценки риска возможных нежелательных событий.

В «Методических указаниях по проведению анализа риска опасных производственных объектов» РД 03-418-01 *понятие риска* рассматривается как мера опасности, характеризующая возможность возникновения аварии на опасном производственном объекте и тяжесть ее последствий.

Цель управления риском заключается в предотвращении или уменьшении травматизма, разрушений материальных объектов, потерь имущества и вредного воздействия на окружающую среду.

Основной задачей анализа риска аварий на опасных производственных объектах являются: представление лицам, принимающим решения, объективной информации о состоянии промышленной безопасности объекта, сведений о наиболее опасных, «слабых» местах с точки зрения безопасности, обоснованных рекомендаций по уменьшению риска.

Результатом анализа риска является возможность сравнить полученную величину со степенью риска обычных условий человеческой жизни, для того чтобы получить представление о приемлемом уровне риска и иметь основу для принятия соответствующих решений.

Результаты анализа риска используются при:

- декларировании промышленной безопасности опасных производственных объектов;
- экспертизе промышленной безопасности;
- обосновании технических решений по обеспечению безопасности;
- страховании;
- экономическом анализе безопасности по критериям «стоимость – безопасность – выгода»;
- оценке воздействия хозяйственной деятельности на окружающую природную среду и при других процедурах, связанных с анализом безопасности.

Анализ риска должен дать ответы на три основных вопроса:

- что плохого может произойти? (идентификация опасностей);
- как часто это может случаться? (анализ частоты);
- какие могут быть последствия? (анализ последствий).

Процесс проведения анализа риска включает следующие основные этапы:

- 1) планирование и организация работ;
- 2) идентификация опасностей;
- 3) оценка риска;
- 4) разработка рекомендаций по уменьшению риска.

3.2. Этапы планирования работ при анализе риска опасностей на производстве

1. На этапе планирования работ при анализе риска следует:

Δ определить анализируемый опасный производственный объект и дать его общее описание;

Δ описать причины и проблемы, которые вызвали необходимость проведения анализа риска;

Δ подобрать группу исполнителей для проведения анализа риска;

Δ определить и описать источники информации об опасном производственном объекте;

Δ указать ограничения исходных данных, финансовых ресурсов и другие обстоятельства, определяющие глубину, полноту и детальность проводимого анализа риска;

Δ четко определить цели и задачи проводимого анализа риска;

Δ обосновать используемые методы анализа риска;

Δ определить критерии приемлемого риска.

Для обеспечения качества анализа риска следует использовать знание закономерностей возникновения и развития аварий на опасных производственных объектах. Если существуют результаты анализа риска для подобного опасного производственного объекта или аналогичных технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, то их можно применять в качестве исходной информации. Однако при этом следует показать, что объекты и процессы подобны, а имеющиеся отличия не будут вносить значительных изменений в результаты анализа.

Цели и задачи анализа риска могут различаться и конкретизироваться на разных этапах жизненного цикла опасного производственного цикла.

Пример: на этапе размещения (обоснования инвестиций или проведения предпроектных работ) или проектирования опасного производственного объекта целью анализа риска, как правило, являются:

1) выявление опасностей и априорная количественная оценка риска с учетом воздействия поражающих факторов аварии на персонал, население, имущество и окружающую природную среду;

2) обеспечение учета результатов при анализе приемлемости предложенных решений и выборе оптимальных вариантов размещения опасного производственного объекта, применяемых технических устройств, зданий и сооружений опасного производственного объекта с учетом особенностей окружающей местности, расположения иных объектов и экономической эффективности;

3) обеспечение информацией для разработки инструкций, технологиче-

ского регламента и планов ликвидации (локализации) аварийных ситуаций на опасном производственном объекте;

4) оценка альтернативных предложений по размещению опасного производственного объекта или техническим решениям.

На этапе ввода в эксплуатацию (вывода из эксплуатации) опасного производственного объекта целью анализа риска может быть:

- выявление опасностей и оценка последствий аварий, уточнение оценок риска, полученных на предыдущих этапах функционирования опасного производственного объекта;
- проверка соответствия условий эксплуатации требованиям промышленной безопасности;
- разработка и уточнение инструкций по вводу в эксплуатацию (выводу из эксплуатации).

На этапе эксплуатации или реконструкции опасного производственного объекта целью анализа риска может быть:

- проверка соответствия условий эксплуатации требованиям промышленной безопасности;
- уточнение информации об основных опасностях и рисках (в том числе при декларировании промышленной безопасности);
- разработка рекомендаций по организации деятельности надзорных органов;
- совершенствование инструкций по эксплуатации и техническому обслуживанию, планов ликвидации (локализации) аварийных ситуаций на опасном производственном объекте;
- оценка эффекта изменения в организационных структурах, приемах практической работы и технического обслуживания в отношении совершенствования системы управления промышленной безопасностью.

На этапе планирования выявляются управленческие решения, которые должны быть приняты, а также требующиеся для этого исходные и выходные данные.

Традиционная техника базируется на категорическом императиве: обеспечить безопасность, не допустить никаких аварий. Как показывает практика, такая концепция не адекватна законам техносферы, так как *обеспечить нулевой риск в действующих технологических системах невозможно*.

Современная промышленность отвергла концепцию абсолютной безопасности и пришла к концепции приемлемого (допустимого) риска, заключающейся в стремлении к такой безопасности, которую приемлет общество в данный период времени.

Приемлемый риск сочетает в себе технические, экономические, социальные, политические аспекты и представляет некоторый компромисс между безопасностью и возможностями ее достижения. В некоторых странах, например в Голландии, приемлемые риски установлены в законодательном порядке. Максимально приемлемым уровнем индивидуального риска обычно считается $1 \cdot 10^{-6}$ год⁻¹, пренебрежимо малым – индивидуальный риск поражающих воздействий $1 \cdot 10^{-8}$ год⁻¹.

Помимо *прямого риска* R_{np} , создаваемого данным оборудованием (на уменьшение которого направлены мероприятия по обеспечению безопасности), существует еще и косвенный риск R_k . *Косвенный риск* обусловлен созданием предохранительных устройств, средств автоматики, их эксплуатацией и т. п. С ростом расходов N на обеспечение безопасности прямой риск уменьшается, а косвенный риск растет, причем начиная с некоторого уровня этих расходов при их дальнейшем росте будет расти *полный риск* $R_n = R_{np} + R_k$.

Эффективным средством снижения величины риска, связанного с эксплуатацией, обслуживанием и ремонтом производственного оборудования, является *повышение надежности технического объекта*. Основой для этого служит комплекс мер, применяемых на стадиях проектирования, монтажа и эксплуатации.

Основной источник суждения о надежности оборудования – сведения об отказах, полученных в процессе технической эксплуатации. Однако статистика отказов – это лишь обратная связь, дающая представление о желаемых показателях надежности. Поэтому не статистические данные, а расчет и прогнозирование возможного поведения оборудования в процессе его эксплуатации являются основой для управления надежностью и обеспечения ее требуемого уровня. В настоящее время для достижения необходимого уровня надежности все более актуальной становится проблема прогнозирования ресурса на стадии эксплуатации, поскольку в отличие от стадии проектирования оно выполняется для конкретно существующего оборудования.

В производственных условиях технический риск неотделим от социально-экономического риска, который, в свою очередь, подразделяется на индивидуальный, коллективный и территориальный (потенциальный).

Индивидуальный риск характеризует опасность определенного вида деятельности для конкретного индивидуума. Используемые в нашей стране показатели производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, такие, как частота несчастных случаев и профессиональных заболеваний, являются выражением индивидуального риска.

Коллективный риск – это вероятность травмирования или гибели двух человек и более от воздействия опасных и вредных производственных факторов.

Территориальный (потенциальный, ожидаемый, прогнозируемый) риск – это частота реализации поражающих факторов для конкретных объектов воздействия в рассматриваемой точке территории.

Классификация источников опасности и уровней риска смерти человека в промышленно развитых странах (по литературным источникам) представлена в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Классификация источников и уровней риска смерти человека в промышленно развитых странах

Источник	Причины	Среднее значение риска ($R_{\text{ср}}$), чел. $\cdot$ год $^{-1}$
Внутренняя среда организма человека	Генетические и соматические заболевания, старение	$R_{\text{ср}} = (0,6 \div 1) \cdot 10^{-2}$
Естественная среда обитания	Несчастные случаи от стихийных бедствий (землетрясения, ураганы, наводнения и др.)	$R_{\text{ср}} = 1 \cdot 10^{-6}$; наводнения – $4 \cdot 10^{-5}$; землетрясения – $3 \cdot 10^{-5}$; грозы – $6 \cdot 10^{-7}$; ураганы – $3 \cdot 10^{-8}$
Техносфера	Несчастные случаи в быту, на транспорте, заболевания от загрязнений окружающей среды	$R_{\text{ср}} = 1 \cdot 10^{-3}$

Источник	Причины	Среднее значение риска (R_{cp}), чел. ⁻¹ ·год ⁻¹
Профессиональная деятельность	Профессиональные заболевания, несчастные случаи на производстве (при профессиональной деятельности)	Профессиональная деятельность: безопасная $R_{cp} < 10^{-4}$; относительно безопасная $R_{cp} = 10^{-4} \div 10^{-3}$; опасная $R_{cp} = 10^{-3} \div 10^{-2}$; особо опасная $R_{cp} > 10^{-2}$
Социальная среда	Самоубийства, самопожертвования, преступные действия, военные действия и т. д.	$R_{cp} = (0,5 \div 1,5) \cdot 10^{-4}$

2. Процесс идентификации опасностей

Все мероприятия по идентификации опасностей должны быть направлены на выявление рисков, опасных для производственного процесса и безопасности работников, а также для разработки целей и задач в области управления охраной здоровья персонала и производственной безопасности и составления программ улучшения условий труда.

Для идентификации опасностей контроля рисков могут быть организованы следующие мероприятия:

- классификация видов деятельности по критерию опасности;
- проведение мониторинга условий труда;
- проведение надзора и контроля за объектами повышенной опасности;
- приемка реконструированных сооружений и оборудования в соответствии с требованиями нормативных документов и локальных актов предприятия;
- обеспечение работников специальной одеждой, специальной обувью и другими СИЗ;
- обеспечение работников обеззараживающими и смывающими средствами;
- обеспечение работников молоком и профилактическим питанием;
- проведение обязательных предварительных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров (обследований) для определения пригодности этих работников к выполнению поручаемой работы;
- аттестация рабочих мест по условиям труда.

Идентификация опасностей в технологических операциях – один из самых трудоемких этапов.

Для качественной идентификации опасностей необходимо проанализировать огромное количество информации, а именно:

- 1) документацию существующей системы управления организацией;
- 2) законодательную и нормативную документацию в области охраны труда, применимую к вашей организации в целом и в частности к отдельным технологическим процессам и операциям;
- 3) действующую техническую документацию предприятия (технологические и рабочие инструкции, инструкции по эксплуатации оборудования, ситуационные планы и др.);
- 4) записи по учету опасных веществ и материалов (если есть);

5) записи по расследованию несчастных случаев, инцидентов и аварий (в том числе на аналогичных предприятиях);

6) отчеты по мониторингу и измерениям в области охраны труда (физические факторы);

7) наблюдения об осуществлении «материальных» процессов (производство, логистика и т. п.);

8) интервью с сотрудниками, осуществляющими процессы;

9) сообщения заинтересованных сторон (общество, государство) и др.

Таким образом, мы получим перечень опасностей (источников риска) для каждого конкретного технологического процесса (операции). Для более эффективной работы необходимо привлекать экспертов в области ОТ (в том числе и сторонних) и руководителей подразделений. Работу по идентификации опасностей также можно разбить на отдельные этапы в зависимости от масштаба предприятия.

3. Оценка риска – выявление опасностей, существующих на производстве, определение масштабов этих опасностей и их возможных последствий; один из способов предупреждения несчастных случаев на производстве и повышения безопасности труда.

Необходимо выяснить:

- где и какие опасности существуют;
- с чем связана конкретная опасность;
- кто подвергается опасности;
- каковы возможные последствия опасности;
- какие меры нужны для предотвращения опасности.

В процессе оценки риска должны участвовать различные группы персонала по принципу коллективной деятельности, хотя их участие не может быть одновременным и одинаковым. Главное – ответственность всех сторон и работа по достижению общей цели, то есть путем принятия действенных мер, чтобы улучшить условия труда.

Важно, чтобы в оценке рисков участвовали работники, так как именно они могут оказаться пострадавшими. Их опыт поможет выявить опасности, существующие на рабочих местах. Самый простой способ выявления опасностей – заполнять контрольные листы, где перечислены возможные опасные факторы (обычно по тематическому принципу). Используя такой список, можно быстро определить, существуют ли указанные опасности на данном рабочем месте.

Выявление опасностей должно осуществляться в отношении как обычных обстоятельств, так и чрезвычайных, и редких. Особое внимание следует уделять опасностям в таких обстоятельствах:

- выходные и праздничные дни;
- использование труда стажеров или лиц, вышедших на подмену;
- сверхурочная работа и ночные смены;
- запланированные или незапланированные остановки;
- изменение режима работы;
- проведение ремонтных работ;
- ошибочные действия.

Вероятность опасного происшествия зависит от многих факторов: повторяемости и длительности опасного происшествия, возможности его предвидеть и др.

Маловероятные риски: редко происходят несчастные случаи (напр., зимой места прохода покрываются льдом и возникает опасность поскользнуться).

Вероятные риски: иногда происходят несчастные случаи (напр., изделия приходится снимать с ленты конвейера вручную).

Реальные риски: часто происходят несчастные случаи (напр., постоянное движение грузовиков в рабочей зоне).

Последствия. Необходимо определить, насколько серьезны последствия опасных происшествий.

Легкие последствия: не требуется оказание медицинской помощи; в худшем случае трехдневное отсутствие на работе (напр., головная боль или ушиб).

Тяжелые последствия: необходимо посетить пункт оказания первой медицинской помощи; отсутствие на работе от 3 до 30 дней (напр., порезы или ожоги).

Очень тяжелые последствия: происшествие вызывает серьезное (неизлечимое) повреждение; требуется лечение в больнице; отсутствие на работе более 30 дней (напр., заболевание в связи с трудовой деятельностью, частичная или полная утрата трудоспособности, смерть).

Уровень риска можно определить, учитывая вероятность и последствия опасных происшествий (несчастных случаев) (см. табл. 3.2).

Таблица 3.2

**Вероятность и последствия опасных происшествий
(несчастных случаев)**

Вероятность происшествия (риска)	Последствия происшествия		
	легкие	тяжелые	очень тяжелые
Маловероятные риски	Несущественный риск	Приемлемый риск	Средний риск
Вероятные риски	Приемлемый риск	Средний риск	Существенный риск
Реальные риски	Средний риск	Существенный риск	Неприемлемый риск

Использование риска в качестве единого индекса вреда при оценке действия различных негативных факторов на человека начинает в настоящее время применяться для обоснованного сравнения безопасности различных отраслей экономики и типов работ, аргументации социальных преимуществ и льгот для определенной категории лиц.

Достижение некоторого приемлемого индекса вреда риска является, по мнению специалистов в области безопасности труда, не только оценкой безопасности в какой-то одной отрасли промышленности, но и оценкой изменения уровня безопасности со временем и при различных условиях труда. Это также важно для количественного установления диапазона риска по всей промышленности в целом, так чтобы безопасность пределов воздействия различных производственных факторов могла быть должным образом оценена в части перспективы профессионального риска вообще, его изменения и сокращения. Ожидаемый (прогнозируемый) риск R – это произведение частоты реализации конкретной опасности (f) на произведение вероятностей нахождения человека в «зоне риска» (Pr) при различных регламентных режимах технологического процесса:

$$R = f \prod_{i=1}^n p_i (i = 1, 2, 3, \dots, n), \quad (3.1)$$

где: f – число несчастных случаев (смертельных исходов) от данной опасности, чел.⁻¹ · год⁻¹ (для отечественной практики: $f = K_4 \cdot 10^{-3}$, то есть соответствует значению коэффициента частоты несчастного случая (K_4), деленного на 1000); $\prod_{i=1}^n p_i$ – произведение вероятностей нахождения работника в «зоне риска»; p_1 – вероятность нахождения работника в цехе в течение года (отношение числа рабочих дней в году к общему числу дней в году); p_2 – вероятность работы человека на производстве в течение недели (отношение числа рабочих дней в неделе к числу дней недели, то есть к семи); p_3 – вероятность выполнения работником технологического задания непосредственно на оборудовании (отношение времени выполнения задания к продолжительности рабочей смены) и т. п., то есть $P_1, \dots, P_n$ – это вероятности участия работника в производственной деятельности.

Использование формулы 3.1 для оценки вероятности производственного риска удобно тем, что, основываясь на имеющихся на производстве данных о частоте несчастных случаев (подлежат обязательному хранению), можно прогнозировать величину возможного риска, так как регламент технологических процессов дает четкие сведения о времени взаимодействия человека с производственными опасностями в течение рабочего дня, недели, года, то есть позволяет определить вероятность нахождения работника в «зоне риска». Такой прогноз очень полезен при формировании мероприятий по улучшению условий труда на производстве, так как использование формулы 3.1 позволяет определить величины рисков воздействия различных негативных факторов для конкретного технологического процесса производства, проводить оценку значимости каждого фактора с позиции безопасности, что и является основой формирования мероприятий по улучшению условий труда.

Пример определения приемлемого риска представлен на рис. 3.1. При увеличении затрат на совершенствование оборудования технический риск снижается, но растет социальный. Суммарный риск имеет минимум при определенном соотношении между инвестициями в техническую и социальную сферы. Это обстоятельство надо учитывать при выборе приемлемого риска. Подход к оценке приемлемого риска очень широк. Так, график, представленный на рис. 3.1, в одинаковой мере приемлем как для государства, так и для конкретного предприятия. В первом случае главным является выбор приемлемого риска для общества, а во втором – для коллектива предприятия.

В настоящее время в соответствии с международной договоренностью принято считать, что риск, связанный с действием техногенных опасностей (технический риск), должен находиться в пределах 10^{-7} – 10^{-6} смертельных случаев/(чел. · год), а величина 10^{-8} является максимально допустимым (приемлемым) уровнем индивидуального риска. В национальных нормативных документах величина 10^{-6} используется для оценки пожарной безопасности и радиационной безопасности, а также опасности сосудов, работающих под давлением.

В России в настоящее время нет жестких требований по установлению

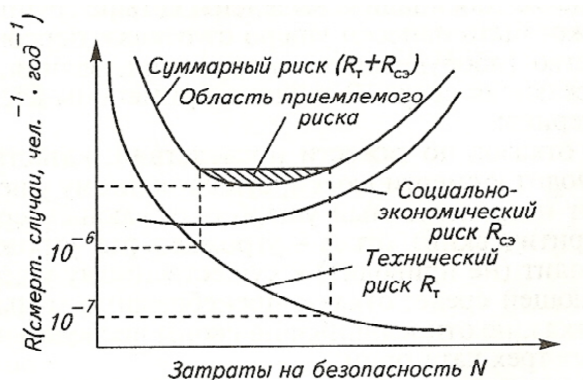


Рис. 3.1. Определение приемлемого риска (зависимость риска R , создаваемого некоторым оборудованием, от расходов на обеспечение безопасности N)

уровней риска. Согласно «Временным требованиям и критериям оценки риска при нормальной эксплуатации и авариях на промышленных объектах», приняты следующие нормативные значения индивидуального риска в расчете на человека в год:

Персонал предприятий.....	$1 \cdot 10^{-5}$
Население, находящееся в санитарно-защитной зоне	$1 \cdot 10^{-6}$
Население региона	$1 \cdot 10^{-6}$

При обобщении оценок риска следует по возможности проанализировать неопределенность и точность полученных результатов. Имеется много неопределенностей, связанных с оценкой риска. Как правило, основными источниками неопределенностей являются неполнота информации по надежности оборудования и человеческим ошибкам, принимаемые предположения и допущения используемых моделей аварийного процесса. Чтобы правильно интерпретировать результаты оценки риска, необходимо понимать характер неопределенностей и их причины. Источники неопределенности следует идентифицировать (например, «человеческий фактор»), оценить и представить в результатах.

4. *Разработка рекомендаций по уменьшению риска* является заключительным этапом анализа риска. В рекомендациях представляются обоснованные меры по уменьшению риска, основанные на результатах оценок риска. Меры по уменьшению риска могут иметь технический и (или) организационный характер. В выборе типа меры решающее значение имеет общая оценка ответственности и надежности мер, оказывающих влияние на риск, а также размер затрат на их реализацию.

При разработке мер по уменьшению риска необходимо учитывать, что вследствие возможной ограниченности ресурсов в первую очередь должны разрабатываться простейшие и связанные с наименьшими затратами рекомендации, а также меры на перспективу. В большинстве случаев первоочередными мерами обеспечения безопасности, как правило, являются меры предупреждения аварии. Выбор планируемых для внедрения мер безопасности имеет следующие приоритеты:

1) меры уменьшения вероятности возникновения аварийной ситуации, включающие:

- меры уменьшения вероятности возникновения инцидента;

- меры уменьшения вероятности перерастания инцидента в аварийную ситуацию;

2) меры уменьшения тяжести последствий аварии, которые, в свою очередь, имеют следующие приоритеты:

а) меры, предусматриваемые при проектировании опасного объекта (например, выбор несущих конструкций, запорной арматуры);

б) меры, относящиеся к системам противоаварийной защиты и контроля (например, применение газоанализаторов);

в) меры, касающиеся готовности эксплуатирующей организации к локализации и ликвидации последствий аварий.

Для определения приоритетности выполнения мер по уменьшению риска в условиях заданных средств или ограниченности ресурсов следует:

- определить совокупность мер, которые могут быть реализованы при заданных объемах финансирования;

- ранжировать эти меры по показателю «эффективность – затраты»;

- обосновать и оценить эффективность предлагаемых мер.

В зависимости от уровня риска (УР) определяют, какие требуются действия (ряд действий) и средства для предотвращения опасности, снижения риска.

Несущественный УР: нет необходимости принимать какие-либо меры.

Приемлемый УР: необходимо следить за ситуацией (держат риск под контролем).

Средний УР: необходимо принять меры по снижению риска (составить график; если риск может вызвать серьезные последствия, понадобится дополнительный анализ).

Существенный УР: необходимо срочно приостановить работу в опасных условиях и не возобновлять ее, пока УР не станет ниже.

Неприемлемый УР: необходимо устранить риск; опасный труд должен быть прерван, может быть возобновлен лишь после устранения риска.

Можно использовать следующие критерии:

Δ повышение уровня безопасности: меры тем лучше, чем больше они сокращают самые опасные риски;

Δ степень эффективности: чем больше рисков и лиц затрагивают эти меры, тем лучше;

Δ соответствие требованиям: если с помощью этих мер можно устранить недостатки, мешающие соблюдению требований законодательства, заинтересованных сторон или достижению собственных целей, то имеет смысл осуществить эти меры;

Δ улучшение работы: если в результате реализации данной меры работа пойдет лучше, то ее следует проводить в жизнь, даже если безопасность от этого улучшится незначительно;

Δ снижение затрат: самые лучшие меры не обязательно самые дорогие – часто даже самые небольшие улучшения, не стоящие почти ничего, могут дать существенный эффект.

Предпочтение следует отдавать тем мероприятиям, которые дают в целом наибольший возможный эффект. При их определении и осуществлении должны соблюдаться следующие общие принципиальные требования:

- ✓ устранять опасности;

- ✓ оценивать те опасности, которые нельзя устранить;

- ✓ устранять источник опасностей;

- ✓ организовывать работу в соответствии с конкретными условиями, особенно в плане обустройства рабочих мест, выбора оборудования, технологии производства и метода работы;

- ✓ решать вопросы по снижению монотонности и темпа труда, а также ограничению вреда, который может вызвать такая работа;
- ✓ заменять опасные факторы безопасными или менее опасными;
- ✓ выработать единую комплексную политику профилактики, охватывающую технологию, организацию труда, УТ, социальные отношения и производственную окружающую среду;
- ✓ использовать прежде всего общие, а не индивидуальные меры защиты;
- ✓ давать работникам необходимые знания.

3.3. Методы анализа риска опасностей на производстве

Ниже рассмотрены основные методы (метод «проверочного листа» и анализ «что будет, если...?» – МПЛ и АЧБЕ; анализ видов и последствий отказов – АВПО; анализ опасности и работоспособности – АОР; логико-графические методы анализа «деревьев отказов» и «деревьев событий» – АДО и АДС; методы количественного анализа риска – КАР), рекомендуемые для проведения анализа риска, – АВПО.

АВПО применяется для качественного анализа опасности рассматриваемой технической системы. Существенной чертой этого метода является рассмотрение каждого аппарата (установки, блока, изделия) или составной части системы (элемента) на предмет того, как он стал неисправным (вид и причина отказа) и какое было бы воздействие отказа на техническую систему.

Анализ видов и последствий отказа можно расширить до количественного анализа видов, последствий и критичности отказов (АВПКО). В этом случае каждый вид отказа ранжируется с учетом двух составляющих критичности – вероятности (или частоты) и тяжести последствий отказа. Определение параметров критичности необходимо для выработки рекомендаций и приоритетности мер безопасности.

Результаты анализа представляют в виде таблиц с перечнем оборудования, видов и причин возможных отказов, с частотой, последствиями, критичностью, средствами обнаружения неисправности (сигнализаторы, приборы контроля и т. п.) и рекомендациями по уменьшению опасности.

Систему классификации отказов по критериям вероятности – тяжести последствий следует конкретизировать для каждого объекта или технического устройства с учетом его специфики.

В табл. 3.3 в качестве примера приведены показатели (индексы) уровня и критерии критичности по вероятности и тяжести последствий отказа.

Таблица 3.3

Матрица «вероятность – тяжесть последствий»

Отказ	Частота возникновения отказа, год ⁻¹	Тяжесть последствий отказа			
		катастрофический отказ	критический отказ	некритический отказ	отказ с пренебрежимо малыми последствиями
Частый	>1	А	А	А	С

Отказ	Частота возникновения отказа, год ⁻¹	Тяжесть последствий отказа			
		катастрофический отказ	критический отказ	некритический отказ	отказ с пренебрежимо малыми последствиями
Вероятный	$1 - 10^{-2}$	A	A	B	C
Возможный	$10^{-2} - 10^{-4}$	A	B	B	C
Редкий	$10^{-4} - 10^{-6}$	A	B	C	D
Практически невероятный	$< 10^{-6}$	B	C	C	D

Для анализа выделены четыре группы объектов, которым может быть нанесен ущерб от отказа:

- персонал;
- население;
- имущество (оборудование, сооружения, здания, продукция и т. п.);
- окружающая среда.

В таблице применены следующие варианты критериев:

1) критерии отказов по тяжести последствий:

- катастрофический отказ – приводит к смерти людей, существенному ущербу имуществу, наносит невосполнимый ущерб окружающей среде;
- критический (некритический) отказ – угрожает (не угрожает) жизни людей, приводит (не приводит) к существенному ущербу имуществу, окружающей среде;
- отказ с пренебрежимо малыми последствиями – отказ, не относящийся по своим последствиям ни к одной из первых трех категорий;

2) категории (критичность) отказов:

A – обязателен количественный анализ риска или требуются особые меры обеспечения безопасности;

B – желателен количественный анализ риска или требуется принятие определенных мер безопасности;

C – рекомендуется проведение качественного анализа опасностей или принятие некоторых мер безопасности;

D – анализ и принятие специальных (дополнительных) мер безопасности не требуются.

Методы АВПО, АВПКО применяются, как правило, для анализа проектов сложных технических систем или технических решений. Выполняются группой специалистов (три-семь человек) различного профиля (например, специалисты по технологии, химическим процессам, инженер-механик) в течение нескольких дней, недель.

Рекомендации по выбору методов анализа риска для различных видов деятельности и этапов функционирования опасного производственного объекта представлены в табл. 3.4.

Методы могут применяться изолированно или в дополнение друг к другу, причем методы качественного анализа могут включать количественные критерии риска (в основном по экспертным оценкам с использованием, например, матрицы «вероятность – тяжесть последствий» ранжирования опасности). По возможности полный количественный анализ риска должен

Рекомендации по выбору методов анализа

Метод	Вид деятельности				
	предпроектные работы	проектирование	ввод или вывод из эксплуатации	эксплуатация	реконструкция
Анализ «что будет, если...?»	0	+	++	++	+
Метод «проверочного листа»	0	+	+	++	+
Анализ опасности и работоспособности	0	++	+	+	++
Анализ видов и последствий отказов	0	++	+	+	++
Анализ «деревьев отказов» и «событий»	0	++	+	+	++
Количественный анализ риска	++	++	0	+	++

* В таблице приняты следующие обозначения: 0 – наименее подходящий метод анализа; + – рекомендуемый метод; ++ – наиболее подходящий метод.

использовать результаты качественного анализа опасностей. Примеры применения некоторых методов анализа риска приведены в конце раздела 3.

Сравнение риска и экономических выгод сопряжено со многими трудностями, так как отсутствует общая мера этих показателей. Страховые компании оценивают вероятность риска промышленных предприятий в значительной степени на основе опыта эксплуатации технологического оборудования, поскольку для современных технологий необходимая статистика аварий отсутствует и может быть заменена лишь расчетно-теоретическими исследованиями. Умножая меру финансовых последствий аварий на частоту возникновения подобных событий, страховые компании могут оценить размер ожидаемых ежегодных выплат, а также размер страховой прибыли.

Федеральный закон «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» № 125-ФЗ от 24.07.1998 г. устанавливает правовые, экономические и организационные основы обязательного социального страхования, а также порядка возмещения вреда, причиненного жизни и здоровью работника при исполнении им трудовых обязанностей. Закон вводит механизм заинтересованности работодателей в создании безопасных и безвредных условий труда за счет дифференциации страховых тарифов в зависимости от класса «профессионального риска», так как впервые между работником (субъектом страхования) и работодателем (страхователем) встает страховщик – Фонд социального страхования. В дополнение к этому закону был принят Федераль-

ный закон «О страховых тарифах на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» № 17-ФЗ от 12.02.01 г. В соответствии с этим законом страховые тарифы устанавливаются по классам «профессионального риска» в интервале 0,2–10 % от фонда оплаты труда на предприятии (в организации).

Размер страхового тарифа зависит от трех факторов:

- принадлежности к отрасли;
- индивидуальных материальных последствий травматизма, профессиональных заболеваний и инвалидности;
- отнесения предприятия к классу профессионального риска, устанавливаемого по результатам сертификации предприятия на соответствие требованиям безопасности труда.

Анализ степени риска технологического оборудования можно проводить используя следующие *методические подходы*:

1) *инженерный*, опирающийся на статистические данные, расчет частот, вероятностный анализ безопасности, построение «деревьев опасности»;

2) *модельный*, основанный на построении модели воздействия вредных (опасных) факторов на обслуживающий персонал;

3) *экспертный*, когда вероятность неблагоприятных событий определяется на основе опроса экспертов (квалифицированных специалистов).

Перечисленные методы отражают разные аспекты риска, поэтому применять их необходимо в комплексе. *Повышение уровня безопасности оборудования осуществляется по трем направлениям*:

- совершенствование технических систем и объектов;
- подготовка квалифицированного персонала;
- локализация чрезвычайных ситуаций.

Один из эффективных элементов комплекса мероприятий по обеспечению безопасности – *декларирование безопасности промышленных объектов*. Декларация позволит повысить безопасность проектируемых и действующих промышленных объектов, ответственность предприятий, будет способствовать предотвращению крупных промышленных аварий.

Раздел декларации «Анализ безопасности промышленного объекта» включает в себя важный пункт – «анализ опасностей и риска». Он содержит следующие позиции:

- Δ сведения об известных авариях;
- Δ анализ условий возникновения и развития аварий;
- Δ оценка риска аварий и чрезвычайных ситуаций;
- Δ блок-схема анализа вероятных сценариев возникновения и развития аварий;
- Δ выводы.

Процедура декларирования безопасности должна быть подкреплена необходимой нормативной базой, устанавливающей порядок разработки декларации безопасности промышленного объекта РФ.

Таким образом, в настоящее время оценка технологического риска выделилась из области надежности в отдельную область, так же, как и другие виды оценок рисков, например, экологического риска.

Приведенная типизация достаточно условна, но может быть полезна при начальной идентификации, а также при выборе механизмов управления рисками.

Экологический риск является одной из наиболее общих и важных характеристик экологической опасности химического оборудования. Эта область знания возникла и развивается на базе классической и промышленной экологии. Она изучает техногенные чрезвычайные ситуации (ТЧС) и их послед-

ствия для здоровья населения и направлена на поиски путей сведения к минимуму ущерба для биосферы.

Экологический риск представляет собой категорию риска, описываемую следующими подходами или критериями, используемыми на практике:

- медико-гигиеническим;
- экологическим;
- экономическим;
- и совокупным.

Экологический риск – это возможность возникновения неблагоприятных экологических последствий, вызванных опасными природными или антропогенными, в том числе техногенными, факторами – факторами риска.

Факторы экологического риска – это природные и антропогенные воздействия, которые способны вызвать нежелательные, опасные изменения состояния окружающей среды и здоровья человека. Факторы экологического риска тают в себе экологическую опасность. Главными из них являются два:

- ✓ само опасное явление (природные и техногенные катастрофы);
- ✓ уязвимость населения (степень подготовленности к этим явлениям, реакция на них, организация мер предупреждения и т. п.).

Выделяют и множество других факторов риска, связанных с особенностями природного явления или деятельности человека.

Важно, что все факторы риска изменяются в пространстве и во времени.

Оценка риска. *Оценкой риска* называют всякую деятельность по выявлению, анализу, систематизации факторов риска и т. д., но ее основой все же служат две главные составляющие – это анализ риска и управление риском.

Анализ риска. Под *анализом экологического риска* подразумевается процесс выявления и оценки возможных негативных последствий, которые могут возникнуть вследствие нарушений в каких-либо элементах экосистемы, и количественное выражение этих последствий. В контексте проблемы экологического риска рассматривают также риск, связанный с опасностью промышленных и техногенных катастроф, стихийных бедствий, поскольку они связаны с возможностью существенного загрязнения окружающей среды, опасного для здоровья человека и природных экосистем.

Количественные подходы к анализу экологического риска основаны на оценке последствий негативного события через величину прогнозируемого (потенциального) ущерба. Зависимость можно выразить формулой, где риск (R) характеризует возможность нанесения этого ущерба (Y) и рассчитывается как произведение последнего на вероятность (P) наступления события:

$$R = PY. \quad (3.2)$$

Из формулы следует, что не только масштабные катастрофы, которые относительно хорошо прогнозируются, но и маловероятные негативные события, влекущие за собой большой ущерб, сопряжены со значительным риском.

Результат расчетов риска для природных экосистем выражают различными способами. Например, в расчетах риска для заповедных территорий это может быть процент уменьшения популяции живых организмов, в частности, диких видов животных и растений на единицу воздействия. К таким воздействиям обычно относят загрязнение окружающей природной среды тем или иным химическим веществом или суммой веществ при их различной концентрации.

На практике для природных экосистем чаще всего рассматривают экологический риск антропогенного загрязнения. Для расчетов риска загрязнения

используют различные индексы и коэффициенты, например, коэффициент экологической опасности, предложенный Л. Хокансоном. Его рассчитывают по коэффициентам загрязнения (на основе сравнения содержания химического вещества с установленным нормативом – ПДК) с учетом опасности вещества для данной экосистемы (например, его токсичности). Коэффициент экологической опасности равен произведению коэффициентов загрязнения всех химических веществ. Еще один показатель риска – *индекс экологической опасности*; он представляет собой сумму коэффициентов экологической опасности всех химических веществ.

Управление риском. Важнейшая часть оценки риска – управление риском; это действия по предотвращению опасной ситуации или уменьшению вероятности развития такой ситуации. В более широком плане *управление риском* – это поиск наиболее эффективных путей по сокращению риска, планирование мер по ослаблению последствий опасных явлений и действия непосредственно в момент возникновения опасной ситуации.

Управление риском как природных, так и антропогенных опасных явлений включает следующие элементы:

- 1) зонирование территории по степени опасности, составление карт риска;
- 2) организация хозяйственного освоения территории с учетом риска (в частности, сооружение химических предприятий в наименее опасных для населения районах);
- 3) регулярный мониторинг опасных явлений;
- 4) адекватное образование, обучение и информация населения;
- 5) создание защитных средств;
- 6) оперативное противодействие опасному явлению со стороны администрации всеми доступными мерами накануне и во время его развития.

Общим в анализе и управлении риском является то, что они представляют собой две стадии единого процесса принятия решения, основанного на характеристике риска и выделении приоритетов действий, направленных на сведение риска к минимуму. Анализ риска строится на фундаментальном исследовании источников и факторов риска, подверженности риску объекта с учетом особенностей экологической обстановки. Управление риском опирается на экономический и социологический анализ, а также на правовые рычаги.

Результаты предварительного ранжирования экологических критериев позволили выделить следующие проблемы с различной степенью риска:

- проблемы средней и высокой степени совокупного риска: загрязнение воздуха «традиционными» загрязняющими веществами; истощение озонового слоя; загрязнение продуктов питания остаточными количествами пестицидов; смыв в природные воды и попадание в атмосферу пестицидов;
- проблемы высокой степени медицинского риска и малой степени экологического риска: загрязнение воздуха вредными или токсичными загрязняющими веществами; загрязнение воздуха помещений радоном; другие виды загрязнения воздуха; ухудшение качества питьевой воды; снижение безопасности потребительских товаров; воздействие на персонал химических веществ;
- проблемы малой степени медицинского риска и высокой степени экологического и экономического риска: глобальное потепление климата; загрязнение поверхностных вод; физико-механическое разрушение водной среды обитания и их загрязнение отходами горных разработок;
- проблемы малой и средней степеней совокупного риска (проблемы подземных вод): действующие свалки опасных отходов; заброшенные свалки опасных отходов; подземные хранилища отходов;

- проблемы малой и средней степеней риска различных типов: загрязнение активного ила; аварийные выбросы токсичных веществ; аварийные разливы нефти; попадание в окружающую среду организмов с измененной генетической структурой (биологическое загрязнение, создание биотехнологической продукции).

Окончательный анализ позволяет заключить, что для России ранжирование экологических проблем по степени риска будет следующим:

1) проблемы высокой степени медицинского риска: загрязнение атмосферного воздуха городов, неудовлетворительное качество питьевой воды, загрязненность продуктов питания, отходы, радиоактивное загрязнение территорий;

2) проблемы высокой степени экологического риска: потеря биоразнообразия, уменьшение лесных запасов, убыль стратосферного озона;

3) проблемы высокой степени экономического риска: изменение климата, нарушение плодородия и деградация земель, загрязнение поверхностных вод.

Экологический риск может выражаться в вероятностных величинах или в виде математического ожидания ущерба. В общем виде экологический риск R является статистической оценочной категорией, представляющей собой векторную многокомпонентную величину (см. рис. 3.2):

$$R_s = \{S, P_s, W\}, \quad (3.3)$$

где: S – описание сценариев риска; P_s – вероятность реализации риска; W – ущерб (потери).

Анализ антропогенного воздействия на сообщества живых организмов, выполненный А. А. Быковым и Н. В. Мурзиным, позволил им предложить в качестве показателя взаимодействия, на основе которого можно было бы определить величину экологического риска, функцию благополучия.

Основным видом взаимодействия, которое в данном случае следует принимать во внимание, является трофическое, поскольку именно отклик доминирующих на каждом трофическом уровне видов сообществ на изменения потока поступающей энергии и питательных веществ характеризует жизнеспособность сообщества.

Функция же благополучия сообщества живых организмов определяется как разность между утилизированной сообществом энергией и энергией, потраченной непосредственно на поддержание жизнедеятельности сообщества в течение определенного отрезка времени.

Значение функции благополучия, как и удельная значимость видов организмов, является величиной случайной и зависящей от многих внешних и внутренних для данного сообщества факторов. В общем виде формула для определения риска негативного изменения взаимосвязей в сообществе и снижения уровня благополучия может быть записана как:

$$R_s = \int \int_D f(F, C) dF dC, \quad (3.4)$$

где: R_s – вероятность негативного изменения взаимосвязей и снижения уровня благополучия сообщества живых организмов до уровня ниже критерияльного; $f(F, C)$ – функция распределения случайных величин F и C ; F – функция благополучия; C – уровень техногенного воздействия, в частном случае – кон-

центрация того или иного ингредиента; D – область значений случайных величин, для которых определяется вероятностная величина экологического риска; она охватывает множество значений F и C , при которых показатель разнообразия выходит за установленный критериальный уровень.

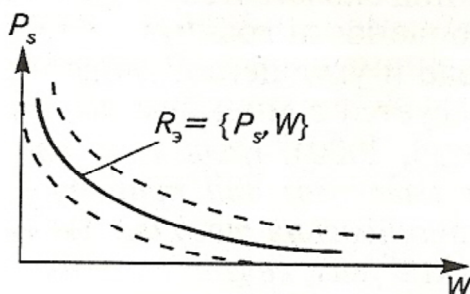


Рис. 3.2. Графическое представление величины риска:
 R_3 – экологический риск; P_s – вероятность реализации риска; W – ущерб (потери)

Таким образом, *экологический риск* – это вероятность возникновения неблагоприятных для природной среды и человека последствий осуществления хозяйственной или иной деятельности (см. Приложение к приказу Минприроды РФ № 539 от 29.12.95 г. «Инструкция по экологическому обоснованию хозяйственной или иной деятельности») или вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера (см. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10.01.2002 г.).

Трудности применения концепций технологического и экологического рисков в практике государственного управления при выработке технической политики связаны с отсутствием важнейших нормативов и критериев в области промышленной, экологической безопасности и ТЧС.

Абсолютно безопасного технологического процесса и оборудования разработать невозможно, но должны быть приняты меры на уровне научных исследований, проектно-конструкторских работ и в процессе эксплуатации, снижающие опасность травмы и материального ущерба до допустимого уровня.

Например, в процессе переработки горючих материалов всегда существует вероятность взрыва горючей смеси в аппарате и последующего или предшествующего ему пожара. При этом оборудование (аппарат), как правило, разрушается с образованием разлетающихся осколков, ударной волны и токсичных продуктов переработки. Последствия такой аварии – травма людей и материальный ущерб.

Чем больше объем перерабатываемого горючего материала, тем больший риск несчастного случая и большие экономические потери можно предполагать. Появление опасной ситуации, аварии определяется вероятностью достижения предельных значений технологических параметров, отказа систем защиты, а также ошибкой обслуживающего персонала в принятии решения. Причины аварии должны быть выявлены, последствия их определены и приняты решения о снижении суммарного риска до допустимого уровня.

Основой для принятия решения о мерах достаточной безопасности служат данные, полученные в результате анализа (оценки) опасностей, возникающих в процессе эксплуатации оборудования.

ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ОПАСНОСТИ И ОЦЕНКИ РИСКА

Пример 1. Анализ «дерева событий»

Пример «дерева событий» для количественного анализа различных сценариев аварий на установке переработки нефти представлен на рис. 3.3. Цифры рядом с наименованием события показывают условную вероятность возникновения этого события. При этом вероятность возникновения инициирующего события (выброс нефти из резервуара) принята равной единице. Значение частоты возникновения отдельного события или сценария пересчитывается путем умножения частоты возникновения инициирующего события на условную вероятность развития аварии по конкретному сценарию.



Рис. 3.3. «Дерево событий» аварий на установке
первичной переработки нефти

Пример 2. Анализ «дерева отказа»

«Дерево отказов» (аварий, происшествий, последствий, нежелательных событий, несчастных случаев и пр.) лежит в основе логико-вероятностной модели причинно-следственных связей отказов системы с отказами ее элементов и другими событиями (воздействиями). При детальном анализе выявлено, что возникновение отказа состоит из последовательностей и комбинаций нарушений и неисправностей. Следовательно, «дерево отказов» представляет собой многоуровневую графологическую структуру причинных взаимосвязей, полученных в результате прослеживания опасных ситу-

аций в обратном порядке, для того чтобы отыскать возможные причины их возникновения (см. рис. 3.4).

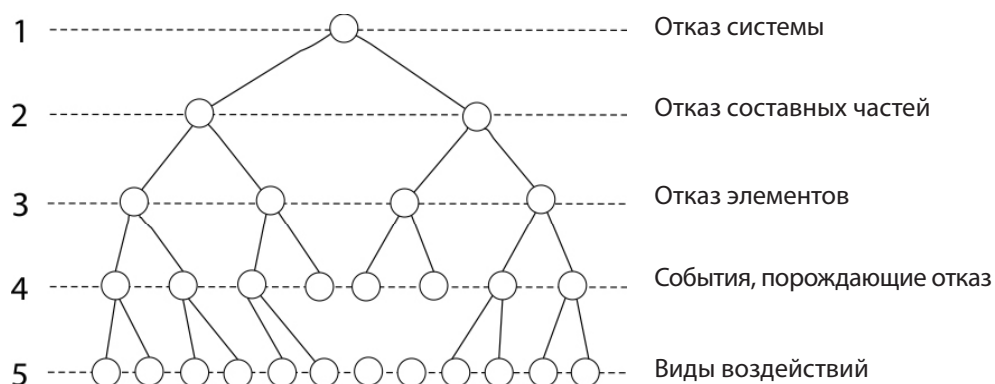


Рис. 3.4. Общий вид «дерева отказов»

Практическая ценность анализа методом «дерева отказов» заключается в следующем:

- позволяет показать в явном виде ненадежные места;
- обеспечивается графикой и представляет наглядный материал для той части сотрудников (специалистов), которые принимают участие в обслуживании системы;
- дает возможность выполнять качественный или количественный анализ надежности системы;
- позволяет специалистам поочередно сосредотачиваться на отдельных конкретных отказах системы;
- обеспечивает глубокое представление о поведении системы и проникновение в процесс ее работы;
- помогает дедуктивно выявлять отказы;
- дает конструкторам, эксплуатантам и руководителям возможность наглядно обосновывать конструктивные изменения или установления степени соответствия конструкции системы заданным требованиям и анализа компромиссных решений;
- упрощает анализ надежности сложных технических систем, делает его доступным для широкого круга специалистов.

Чтобы отыскать и наглядно представить причинную взаимосвязь с помощью «дерева отказов», необходимы элементарные блоки, подразделяющие и связывающие большое число событий.

Пример «дерева отказов», используемого для анализа причин возникновения аварийных ситуаций при автоматизированной заправке емкости, приведен на рис. 3.5. Структура «дерева отказов» включает одно головное событие (аварию, инцидент), которое соединяется с набором соответствующих последующих событий (ошибок, отказов, неблагоприятных внешних воздействий), образующих причинные цепи (сценарии аварий). Для связи между событиями в узлах «деревьев» используются знаки «И» и «ИЛИ». Логический знак «И» означает, что предыдущее событие инициирует одновременное наступление последующих событий (это соответствует перемножению их вероятностей для оценки вероятности последующего события). Знак «ИЛИ» означает, что предыдущее событие может произойти вследствие возникновения одного из последующих.

На «дереве», представленном на рис. 3.5, прямоугольниками изображены промежуточные события; в нижней части «деревя» кругами с цифрами показаны постулируемые исходные события, предпосылки, наименование и нумерация которых приведены в табл. 3.5.

Анализ «деревя отказов» позволяет выделить ветви прохождения сигнала к головному событию (в нашем случае на рис. 3.5 их три), а также указать связанные с ними минимальные пропускные и отсечные сочетания.

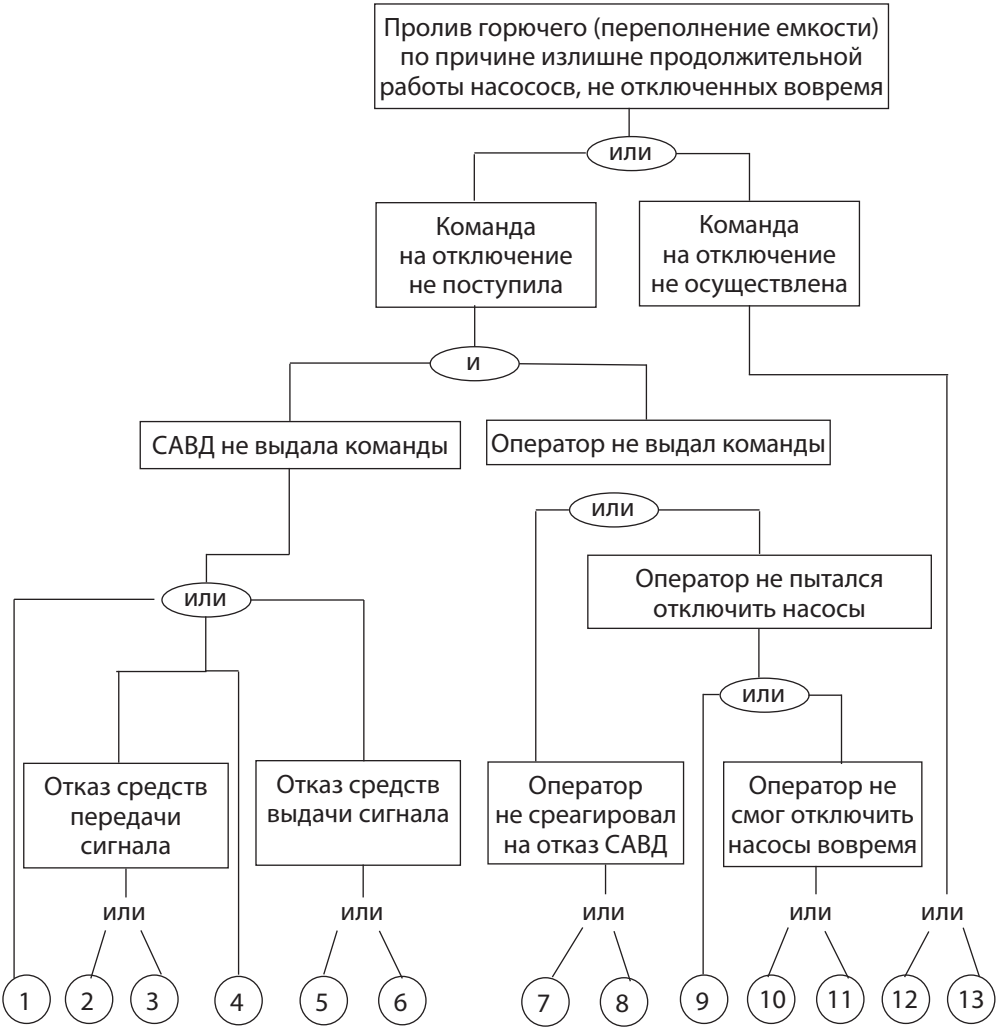


Рис. 3.5. «Дерево отказа» заправочной станции

Таблица 3.5

Исходные события «деревя отказа» (согласно рис. 3.5)

№ п/п	Событие или состояние модели	Вероятность события P_i
1.	Система автоматической выдачи дозы (САВД) оказалась отключенной (ошибка контроля исходного положения)	0,0005

№ п/п	Событие или состояние модели	Вероятность события P_i
2.	Обрыв цепей передачи сигнала от датчиков объема дозы	0,00001
3.	Ослабление сигнала выдачи дозы помехами (внешнее воздействие отличается от расчетного)	0,0001
4.	Отказ усилителя-преобразователя сигнала выдачи дозы	0,0002
5.	Отказ расходомера	0,0003
6.	Отказ датчика уровня	0,0002
7.	Оператор не заметил световой сигнализации о неисправности САВД	0,005
8.	Оператор не услышал звукового сигнала об отказе САВД	0,001
9.	Оператор не знал о необходимости отключения насоса по истечении заданного времени	0,001
10.	Оператор не заметил индикации хронометра об истечении установленного времени заправки	0,004
11.	Отказ хронометра	0,00001
12.	Отказ автоматического выключателя электропривода насоса	0,00001
13.	Обрыв цепей управления приводом насоса	0,00001

Минимальные пропускные сочетания – это набор исходных событий-предпосылок (на рис. 3.5 отмечены цифрами), обязательное (одновременное) возникновение которых достаточно для появления головного события (аварии). Для «дерева», отображенного на рис. 3.5, такими событиями и (или) сочетаниями являются: {12}, {13}, {1 · 7}, {1 · 8}, {1 · 9}, {1 · 10}, {1 · 11}, {2 · 7}, {2 · 8}, {2 · 9}, {2 · 10}, {2 · 11}, {3 · 7}, {3 · 8}, {3 · 9}, {3 · 10}, {3 · 11}, {4 · 7}, {4 · 8}, {4 · 9}, {4 · 10}, {4 · 11}, {5 · 6 · 7}, {5 · 6 · 8}, {5 · 6 · 9}, {5 · 6 · 10}, {5 · 6 · 11}.

Минимальные отсечные сочетания – набор исходных событий, который гарантирует отсутствие головного события при условии невозникновения ни одного из составляющих этот набор событий: {1 · 2 · 3 · 4 · 5 · 12 · 13}, {1 · 2 · 3 · 4 · 6 · 12 · 13}, {7 · 8 · 9 · 10 · 11 · 12 · 13}. «Деревья отказа» используются главным образом для определения наиболее эффективных мер предупреждения аварии путем выявления слабых мест технического объекта.

Вопросы для самоконтроля:

1. В каком случае и на основании чего проводится идентификация опасностей и оценка их рисков на производстве?
2. Дайте определение понятию «опасность».
3. Риск: определение, анализ риска и его задачи, цель управления риском.
4. Где используются результаты анализа риска?
5. Этапы планирования работ при анализе риска опасностей на производстве.

6. Охарактеризуйте следующие виды рисков: приемлемый, косвенный, полный.

7. Эффективное средство снижения величины риска, связанного с эксплуатацией, обслуживанием и ремонтом производственного оборудования.

8. Роль социально-экономического риска при анализе опасностей.

9. Вероятность и последствия опасных происшествий (несчастных случаев).

10. Какие вы знаете нормативные значения индивидуального риска?

11. Методы анализа риска опасностей на производстве.

Интерактивные формы занятий

1. «Мозговой штурм»

Предлагается тема для обсуждения, например:

- опасные и вредные факторы на объекте (рабочем месте) делятся в соответствии с требованиями промышленной безопасности на следующие: участие в производственном процессе или возможность образования при проведении процесса опасных химических веществ (вредных, пожаровзрывоопасных); высокие давления; высокие температуры; движущиеся части оборудования и механизмов (включая вращающиеся и вибрирующие части); опасные значения электрического напряжения; шум, вибрация и др.;

- риск возникновения опасности имеется практически на каждом рабочем месте;

- согласно ст. 212 ТК РФ, работодатель обязан информировать работников о риске повреждения здоровья;

- алгоритм анализа профессионального риска для защиты персонала от несчастных случаев и профессиональных заболеваний на рабочем месте начинается с идентификации опасностей.

Затем необходимо высказать свои мысли по каждой теме. Завершить работу, спросив участников, какие, по их мнению, выводы можно сделать из получившихся результатов и как это может быть связано с предлагаемой темой. Необходимо обсудить все варианты ответов, выбрать главные и второстепенные.

2. Работа в малых группах

Цель занятия: продемонстрировать сходство или различия определенных явлений при решении заданных задач, при этом выработать стратегию или разработать план, а также выяснить отношение различных групп участников к одному и тому же вопросу.

Задача № 1. Ниже в таблице приведен ряд профессий по степени индивидуального риска фатального исхода в год. Используя данные таблицы, методом экспертных оценок охарактеризуйте любую профессиональную деятельность и условия ее работы.

Для решения следующих задач используйте формулу определения индивидуального риска:

$$P = n/H, \quad (3.5)$$

где: P – индивидуальный риск (травмы, гибели, болезни и пр.);

n – количество реализации опасности с нежелательными последствиями за определенный период времени (день, год и т. д.);

H – общее число участников (людей, приборов и пр.), на которых распространяется опасность.

Классификация профессиональной безопасности

Категория	Условия профессиональной деятельности	Риск смерти (на человека в год)	Профессия
1	Безопасные	$1 \cdot 10^{-4}$	Текстильщики, обувщики, работники лесной промышленности, бумажного производства и др.
2	Относительно безопасные	$1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-3}$	Шахтеры, металлурги, судостроители и др.
3	Опасные	$1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-2}$	Рыболовы, пожарные, трактористы и др.
4	Особо опасные	Больше $1 \cdot 10^{-2}$	Летчики-испытатели, летчики реактивных самолетов

После обсуждения письменно сформулируйте свою оценку.

Пример решения задачи по формуле (3.5).

Условие. Ежегодно неестественной смертью гибнет 250 тыс. человек. Определить индивидуальный риск гибели жителя страны при населении в 150 млн. человек.

Решение:

$$P_{\text{ж}} = 2,5 \cdot 10^5 / 1,5 \cdot 10^8 = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ или будет } 0,0017.$$

Иначе можно сказать, что ежегодно примерно 17 человек из 10000 погибает неестественной смертью. Если пофантазировать и предположить, что срок биологической жизни человека равен 1000 лет, то, по нашим данным, оказывается, что уже через 588 лет ($1 : 0,0017$) вероятность гибели человека неестественной смертью близка к 1 (или 100 %).

Примечание: здесь и в задачах № 2, 3 данные приближены к России.

Задача № 2. Опасность гибели человека на производстве реализуется в год 7 тыс. раз. Определить индивидуальный риск погибших на производстве при условии, что всего работающих 60 млн. человек. Сравните полученный результат с вашей экспертной оценкой из задачи 1.

Задача № 3. Определить риск погибших в дорожно-транспортном происшествии (ДТП), если известно, что ежегодно гибнет в ДТП 40 тыс. человек при населении 150 млн. человек.

Задача № 4. Используя данные индивидуального риска фатального исхода в год для населения США (данных по России нет), определите свой индивидуальный риск фатального исхода на конкретный год. При этом можно субъективно менять коэффициенты и набор опасностей. Сравнить полученный результат с результатом примера решения.

Индивидуальный риск гибели в год

Причина	Риск	Причина	Риск
Автомобильный транспорт	$3 \cdot 10^{-4}$	Воздушный транспорт	$9 \cdot 10^{-6}$
Падения	$9 \cdot 10^{-5}$	Падающие предметы	$6 \cdot 10^{-6}$
Пожар и ожог	$4 \cdot 10^{-5}$	Электрический ток	$6 \cdot 10^{-6}$

Причина	Риск	Причина	Риск
Утопление	$3 \cdot 10^{-5}$	Железная дорога	$4 \cdot 10^{-6}$
Отравление	$2 \cdot 10^{-5}$	Молния	$5 \cdot 10^{-7}$
Огнестрельное оружие	$1 \cdot 10^{-5}$	Все прочие	$4 \cdot 10^{-5}$
Водный транспорт	$9 \cdot 10^{-6}$	Ядерная энергетика (пре- небрегаемо мал. риск)	$2 \cdot 10^{-10}$

Риск общий для американца: $P_{общ.} = 6 \cdot 10^{-4}$.

3. Творческое задание

Задание: осуществить предварительный анализ опасности, пользуясь данными таблицы «Источники, процессы и условия, создающие опасности», по следующему плану:

- аппаратура или функциональный элемент, подвергаемые анализу;
- соответствующая фаза работы системы или вид операции;
- анализируемый элемент аппаратуры или операция, являющиеся по своей природе опасными;
- состояние, нежелаемое событие или ошибка, которые могут быть причиной того, что опасный элемент вызовет определенное опасное состояние;
- опасное состояние, которое может быть создано в результате взаимодействия элементов в системе и системы в целом;
- нежелательные события или дефекты, которые могут вызвать опасное состояние, ведущее к определенному типу возможной аварии;
- любая возможная авария, которая возникает в результате определенного опасного состояния;
- возможные последствия потенциальной аварии в случае ее возникновения;
- качественная оценка потенциальных последствий для каждого опасного состояния в соответствии с классами: класс I – безопасный; класс II – граничный; класс III – критический; класс IV – катастрофический;
- рекомендуемые защитные меры для исключения или ограничения выявленных опасных состояний и (или) потенциальных аварий; рекомендуемые превентивные меры должны включать требования к элементам конструкции, введение защитных приспособлений, изменение конструкции, введение специальных процедур и инструкции для персонала;
- следует регистрировать введенные превентивные мероприятия и следить за состоянием остальных действующих превентивных мероприятий.

Цель задания: попытаться выявить оборудование (элементы) технической системы (в ее начальном варианте) и отдаленные события, которые могут привести к возникновению опасностей.

Форма, заполняемая при предварительном анализе опасностей

1. Подсистема или операция	2. Ситуация	3. Опасный элемент	4. Событие, вызывающее опасное состояние	5. Опасные условия	6. События, вызывающие опасные условия	7. Потенциальная авария	8. Последствия	9. Класс опасности	10. Мероприятия для предотвращения аварии			11. Предварительная оценка
									оборудование	процедура	персонал	

В заключение следует ответить на вопросы:

- Были ли реализованы рекомендованные решения?
- Оказались ли эти решения эффективными?

Источники, процессы и условия, создающие опасности

Источники энергии	Процессы и условия
1. Обычное топливо 2. Двигательное топливо 3. Иницирующие взрывчатые вещества (ВВ) 4. Бризантные ВВ 5. Заряженные электрические конденсаторы 6. Аккумуляторные батареи 7. Статические электрические заряды 8. Емкости под давлением 9. Пружинные механизмы 10. Подвесные устройства 11. Газогенераторы 12. Электрические генераторы 13. Источники высокочастотной энергии 14. Радиоактивные источники энергии 15. Падающие предметы 16. Катапультированные предметы 17. Нагревательные приборы 18. Насосы, воздуходувки, вентиляторы 19. Вращающиеся механизмы 20. Приводные устройства 21. Ядерная техника и т. д.	1. Разгон 2. Загрязнения 3. Коррозия 4. Химическая диссоциация 5. Электрический: поражение током, ожог, непредусмотренные включения, отказы источника питания 6. Электромагнитные излучения 7. Взрывы 8. Пожары 9. Нагрев и охлаждение: высокая температура, низкая температура, изменение температуры 10. Утечки 11. Влага: высокая влажность, низкая влажность 12. Окисление 13. Давление: высокое, низкое, быстроизменяющееся 14. Радиация: термическая, электромагнитная, ионизирующая, ультрафиолетовое излучение 15. Химическое замещение 16. Механические удары и т. д.

4. Задача

Предполагается, что поражение человека электрическим током L является результатом одновременного наложения трех условий: появления электрического потенциала высокого напряжения на металлическом корпусе электроустановки (утюга, стиральной машины) (событие H), нахождения человека на токопроводящем основании, соединенном с землей (событие I), и касания какой-либо частью его тела корпуса электроустановки (событие K).

В свою очередь, событие H будет следствием любого из двух других событий – предпосылок A и B (например, снижения сопротивления изоляции или касания токоведущими частями электроустановки ее корпуса по какой-либо причине); событие I также обусловлено двумя предпосылками – C и D (нахождением человека на токопроводящем полу или его касанием заземленных элементов); событие K – следствие одной из трех предпосылок – E , F и G (например, необходимости ремонта, технического обслуживания или использования электроустановки по назначению).

Нарисовать «дерево отказов», описывающее сценарии поражения человека электрическим током.

Примечание: аналитическое представление рассмотренного происшествия может быть представлено записью:

$$L = (A + B)(C + D)(E + F + G).$$

Используемая литература

1. Алымов, В. Т. Техногенный риск: Анализ и оценка : учебное пособие для вузов / В. Т. Алымов, Н. П. Тарасов. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2006. – 118 с.
2. Арустамов, Э. А. Безопасность жизнедеятельности / Э. А. Арустамов. – М. : Академия, 2009. – 274 с.
3. Белов, П. Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / П. Г. Белов. – М. : изд. центр «Академия», 2003. – 512 с.
4. Белов, С. В. Ноксология : учебник для бакалавров / С. В. Белов, Е. Н. Симанова; под общ. ред. С. В. Белова. – М. : изд-во Юрайт, 2012. – 429 с. – (Серия: Бакалавр. Базовый курс).
5. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности : учебник для вузов / С. В. Белов. – М. : Академия, 2009. – 329 с.
6. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) : учебник / С. В. Белов. – М. : изд-во Юрайт : ИД Юрайт, 2010. – 671 с. – (Основы наук).
7. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности. Терминология : учебное пособие / С. В. Белов, В. С. Ванаев, А. Ф. Козьяков / под ред. С. В. Белова. – М. : КНОРУС, 2008. – 400 с.
8. Бутырин, П. А. Электротехника : учебник / П. А. Бутырин, О. В. Толчеев. – М. : Академия, 2010. – 247 с.
9. Дэвид Дж., Смит. Безотказность, ремонтпригодность и риск. Практические методы для инженеров, включая вопросы оптимизации надежности и систем, связанных с безопасностью / Дэвид Дж. Смит. – М. : Группа ИДТ, 2007. – 423 с.
10. Колесников, С. И. Экологические основы природопользования / С. И. Колесников. – М. : Дашков и К°, 2011. – 295 с.
11. Косолапова, Н. В. Основы безопасности жизнедеятельности : учебник / Н. В. Косолапова. – М. : Академия, 2010. – 287 с.
12. Крюков, Р. В. Безопасность жизнедеятельности : конспект лекций / Р. В. Крюков. – М. : А-Приор, 2011. – 263 с.
13. Кукин, П. П. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда) : учебное пособие для вузов / П. П. Кукин, В. Л. Лапин. – М. : Высш. шк., 2006. – 279 с.
14. Макдональд, Д. Промышленная безопасность, оценивание риска и системы аварийного останова / Д. Макдональд. – М. : Группа ИДТ, 2007. – 416 с.
15. Машины и аппараты химических и нефтехимических производств / под ред. М. Б. Генералова. – Т. IV–12. – М. : Машиностроение, 2004. – 832 с.
16. Мишукова, Д. М. Настольная книга эколога предприятия. Экологические требования: схемы и пояснения / Д. М. Мишукова. – М. : ООО «Юридический центр промышленной экологии», 2011. – 376 с.
17. Монахов, А. Ф. Безопасность жизнедеятельности : лабораторный практикум / А. Ф. Монахов. – М. : изд. дом МЭИ, 2009. – 371 с.
18. Попов, Ю. П. Экспертиза безопасности оборудования химико-технологических производств / Ю. П. Попов. – М. : МГАХМ, 1996. – 144 с.

19. Роздин, И. А. Безопасность производства и труда на химических предприятиях / И. А. Роздин, Е. И. Хабарова, О. Н. Вареник. – М. : Химия, КолосС, 2005. – 254 с.
20. Семенова, И. В. Промышленная экология : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / И. В. Семенова. – М. : изд. центр «Академия», 2009. – 528 с.
21. Сынзыныс, Б. И. Экологический риск : учебное пособие для вузов / Б. И. Сынзыныс, Е. Н. Тянтова, О. П. Мелехова ; под ред. Г. В. Козьмина. – М. : Логос, 2005. – 168 с.
22. Корольченко, А. Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения / А. Я. Корольченко. – М. : Пожнаука, 2004. – 321 с.
23. Тотай, А. В. Экология / А. В. Тотай. – М. : Юрайт-Издат, 2011. – 293 с.
24. Чура, Н. Н. Техногенный риск : учебное пособие / Н. Н. Чура ; под ред. В. А. Девисилова. – М. : КНОРУС, 2011. – 280 с.
25. Хван, Т. А. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие для студентов вузов / Т. А. Хван. – Ростов н/Д. : Феникс, 2007. – 328 с.

РАЗДЕЛ IV. СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ. ПОЖАРО- И ВЗРЫВООПАСНЫЕ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВ, МАТЕРИАЛОВ

4.1. Общие сведения о горении

Горение – сложный физико-химический процесс взаимодействия горючего вещества и окислителя, характеризующийся самоускоряющимся превращением и сопровождающийся выделением большого количества тепла и света.

Пожар – неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства.

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

Воспламенение – начало пламенного горения под воздействием источника зажигания.

Самовозгорание – возгорание в результате самоинициирующихся экзотермических процессов.

Самовоспламенение – самовозгорание, сопровождающееся пламенем.

Тление – беспламенное горение материала.

Пожарная безопасность – состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных ценностей.

Взрывобезопасность – состояние производственного процесса, при котором исключается возможность взрыва, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей вызываемых им опасных и вредных факторов и обеспечивается сохранение материальных ценностей.

В обычных условиях горение представляет собой процесс окисления или взаимодействия горючего вещества с кислородом воздуха. Окислителями в процессе горения могут быть также хлор, бром, азотная кислота, бертолетова соль, пероксид натрия и некоторые другие вещества.

Для возникновения и развития процесса горения необходимы горючее вещество, окислитель и источник зажигания, инициирующий реакцию между горючим и окислителем. Источник зажигания должен обладать определенным запасом энергии и иметь температуру, достаточную для начала реакции. Горючее и окислитель должны находиться в определенных соотношениях друг с другом. Горение, как правило, происходит в газовой фазе, поэтому горючие вещества, находящиеся в конденсированном состоянии (жидкости, твердые материалы), для возникновения и поддержания горения должны подвергаться газификации (испарению, разложению), в результате которой образуются горючие пары и газы в количестве, достаточном для горения. Горючие пары и газы образуют с окислителем горючую смесь.

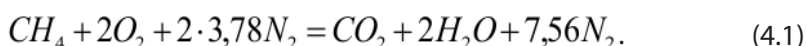
В зависимости от агрегатного состояния горючих веществ горение может

быть гомогенным и гетерогенным. *Гомогенное горение* характерно для горючих смесей, в которых компоненты находятся в газообразном состоянии. Причем если компоненты предварительно перемешаны, то такое горение называют кинетическим. Если компоненты предварительно не перемешаны, то происходит *диффузионное горение*. Горение, характеризующееся наличием поверхности раздела фаз в горючей системе, является гетерогенным.

Горение различается также по скорости распространения пламени. В зависимости от этого фактора оно может быть *дефлаграционным* (скорость пламени в пределах нескольких м/с), *взрывным* (скорость пламени до сотен м/с) и *детонационным* (скорость пламени порядка тысяч м/с).

Различают также ламинарное и турбулентное горение. *Ламинарное горение* характеризуется послойным распространением фронта пламени по свежей горючей смеси. *Турбулентное горение* характеризуется перемешиванием слоев потока и повышенной скоростью сгорания.

В зависимости от соотношения горючего и окислителя горючие смеси подразделяются на *бедные* (содержащие в избытке окислитель по сравнению со стехиометрическим соотношением компонентов) и *богатые* (содержащие в избытке горючее). *Стехиометрическим* называется исходное соотношение компонентов горючей смеси, при сгорании которой ни один из исходных компонентов не остается в избытке в продуктах реакции. Например, для реакции сгорания метана в воздухе (в котором на один объем кислорода приходится 3,78 объема азота) стехиометрическое соотношение компонентов составляет:



Согласно этому уравнению, стехиометрическое содержание метана составляет:

$$C_{ст} = \frac{100}{1 + 2 + 7,56} = 9,5 [\%(об.)]. \quad (4.2)$$

Расчет стехиометрического содержания горючего вещества для наиболее распространенного класса горючих веществ – углеводов и их производных – осуществляют по формуле:

$$C_{ст} = \frac{100}{1 + 4,84\beta} [\%(об.)], \quad (4.3)$$

где: $\beta = n_c + \frac{n_h}{4} - \frac{n_o}{2}$ (здесь n_c , n_h , n_o – соответственно числа атомов C, H и O в молекуле горючего).

Реальные пожары характеризуются, как правило, диффузионным, гетерогенным, турбулентным и дефлаграционным горением.

Взрывное горение может иметь место в предварительно приготовленных смесях горючих газов с воздухом (например, при утечке горючего газа из трубопровода или испарении пролитой горючей жидкости), а также в жидких и твердых горючих аэрозолях (взвешенные в воздухе капли горючих жидкостей или горючие пыли).

Горение может осуществляться в двух режимах: в *режиме самовоспламе-*

нения, заключающемся в самопроизвольном возникновении пламенного горения предварительно нагретой до некоторой критической температуры горючей смеси (называемой температурой самовоспламенения) и проявляющемся в одновременном (в виде вспышки) сгорании всей горючей смеси, и в *режиме распространения волны горения* (распространения фронта пламени) по холодной смеси при ее локальном зажигании (воспламенении) внешним источником.

Пламя – это видимая зона горения, в которой наблюдаются свечение и излучение тепла. Возникшее в результате воспламенения пламя само становится источником потока тепла и химически активных частиц в прилегающие слои свежей горючей смеси, за счет чего обеспечивается перемещение фронта пламени.

Для получения представления о распространении волны горения поместим гомогенную горючую смесь в стеклянную трубку, открытую с одного конца (см. рис. 4.1), и воспламеним ее внешним источником у открытого конца.

Свежая горючая смесь и продукты сгорания разделены узкой зоной, называемой фронтом пламени, представляющим собой тонкий сферический слой (толщиной менее 10^{-6} м), в котором происходят прогрев горючей смеси и быстрая химическая реакция. Тепло из зоны реакции благодаря теплопроводности распространяется в исходную холодную смесь и нагревает ее. Происходит также диффузия продуктов реакции и активных радикалов из зоны реакции в исходную смесь и исходной смеси в зону реакции. Таким образом, зона реакции перемещается в направлении исходной горючей смеси.

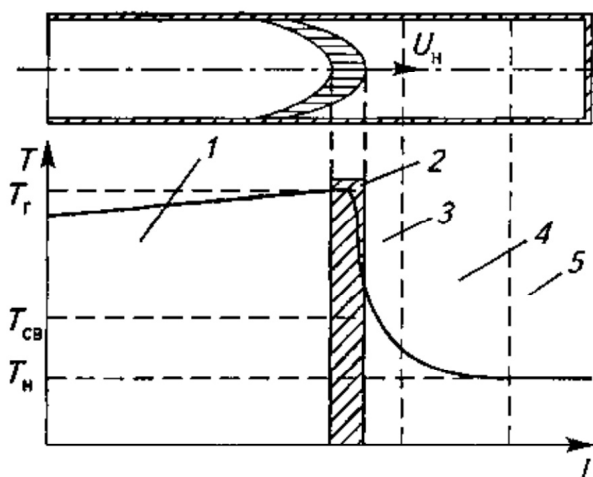


Рис. 4.1. Изменение температуры перед фронтом пламени и за ним:

1 – зона продуктов горения; 2 – фронт пламени; 3 – зона воспламенения;
4 – зона предварительного прогрева; 5 – исходная смесь

Пламя распространяется по неподвижной горючей смеси от каждой точки фронта пламени к нормали его поверхности. Такое ламинарное горение называется *нормальным*, а скорость перемещения пламени по неподвижной смеси вдоль нормали к его поверхности – *нормальной скоростью распространения пламени* U_n . Величина U_n , являясь физико-химической константой горючей смеси, представляет собой минимально возможную величину, которая не зависит от условий, а определяется лишь химическим составом горючей смеси и соотношением горючего и окислителя.

Если закрыть свободный конец трубки, то горячие продукты сгорания будут, как поршень, давить на пламя и увеличивать скорость его перемещения. Суммарная скорость такого перемещения фронта пламени называется видимой скоростью распространения пламени (U_B) и определяется формулой:

$$U_B = U_H \varepsilon, \quad (4.4)$$

где: ε – степень расширения продуктов сгорания, рассчитываемая по формуле:

$$\varepsilon = \frac{T_r}{T_0} \eta, \quad (4.5)$$

где: T_r и T_0 – температура горения и температура начальная; η – отношение числа молей продуктов сгорания к числу молей исходной смеси (для углеводородных горючих веществ значение η близко к единице).

При воспламенении горючей смеси в длинной трубе в результате расширения продуктов сгорания возникают волны сжатия; фронт пламени вместе с горючей смесью вовлекается в быстрое движение со скоростью, в 10–20 раз превышающей U_H .

Дальнейшее развитие процесса связано с турбулизацией потока газа перед фронтом пламени и увеличением скорости распространения пламени. Прогрессивное увеличение скорости распространения пламени происходит до тех пор, пока в волне сжатия не возникают условия для адиабатического самовоспламенения горючей смеси, то есть для *детонации*.

Таким образом, при детонации пламя распространяется не в результате теплопроводности, а вследствие ударной волны, приводящей к быстрому нагреву и самовоспламенению смеси. За ударной волной возникает зона быстрой реакции; вместе они образуют детонационную волну, которая распространяется со скоростью 1,5–3,5 км/с.

В случае диффузионного горения, схема которого показана на рис. 4.2, пламя как бы стоит на месте, а в него втекают с одной стороны (область а) горючие пары, а с другой стороны (область в) – воздух. Наиболее характерным примером диффузионного пламени является горящая свеча.

Важнейшей особенностью процесса горения является самоускоряющийся характер химического превращения, переходящего в реакцию горения. Такой процесс возникновения горения называется *самовоспламенением*. Самовоспламенение может быть тепловое и цепное. При *тепловом самовоспламенении* причиной ускорения реакции окисления и возникновения горения является превышение скорости выделения тепла над скоростью теплоотвода, а при *цепном* – превышение вероятности разветвления цепей над вероятностью их обрывов. Теории механизмов самоускоряющихся превращений при горении разработаны лауреатом Нобелевской премии академиком Н. Н. Семеновым.

Рассмотрим сущность теории теплового самовоспламенения химически однородной горючей смеси, находящейся в сосуде объемом V .

При низкой температуре T_0 реакция между горючим и окислителем практически не протекает, так как отсутствуют активные молекулы. Для того чтобы они появились и началась реакция окисления, нужно горючую смесь нагреть до более высокой температуры T_1 .

Возникшая при этом реакция окисления сопровождается выделением

тепла, за счет чего горючая смесь нагревается. Скорость выделения тепла q_1 будет пропорциональна скорости реакции окисления и теплоте сгорания смеси:

$$q_1 = Q k_0 c^v e^{\frac{E}{RT_1}}, \quad (4.6)$$

где: Q – теплота сгорания горючего вещества; V – объем горючей смеси; k_0 – предэкспоненциальный множитель; c – концентрация горючего в смеси; v – суммарный порядок реакции; e – основание натурального логарифма; E – энергия активации; R – универсальная газовая постоянная.

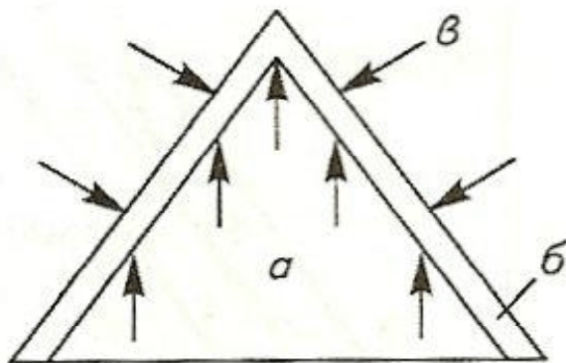


Рис. 4.2. Схема диффузного ламинарного горения:

a – зона горючих паров; b – зона горения; $в$ – окружающая среда (воздух)

Однако как только температура горючей смеси превысит температуру стенок сосуда и внешней среды T_1 и поднимется, например, до T_2 , возникнет теплоотвод от горючей смеси к стенкам сосуда и далее к внешней среде. Скорость теплоотвода q_2 в первом приближении можно считать пропорциональной разности температур горючей смеси и стенок сосуда:

$$q_2 = \alpha S (T_2 - T_1), \quad (4.7)$$

где: α – коэффициент теплоотдачи от горючей смеси к стенкам сосуда; S – общая поверхность стенок сосуда; T_2 – температура горючей смеси; T_1 – температура стенок сосуда.

При создавшейся разности температур дальнейший нагрев горючей смеси будет зависеть от соотношения скоростей тепловыделения и теплоотвода. Если $q_1 > q_2$, горючая смесь, окисляясь, будет саморазогреваться до возникновения горения; если же $q_1 = q_2$, она будет окисляться при постоянной температуре T_2 и горение не возникнет.

Представим это графически (см. рис. 4.3). По оси абсцисс отложим температуру стенки сосуда и горючей смеси, а по оси ординат – скорости тепловыделения и теплоотвода. На графике зависимость скорости тепловыделения q_1 от температуры выразится кривой линией (см. формулу 4.6), а теплоотвода q_2 – прямой (см. формулу 4.7). Угол наклона прямой теплоотвода зависит от численного значения множителя αS , а местоположение ее определяется температурой стенки сосуда.

При температуре стенки, а значит, и начальной температуре горючей смеси T''_0 , $q_1 > q_2$, следовательно, происходит саморазогрев горючей смеси до возникновения горения, то есть самовоспламенение.

При температуре же стенки T'_0 саморазогрев горючей смеси происходит только до температуры T (точка А), где $q_1 = q_2$. Выше этой температуры нагревание невозможно, так как $q_1 < q_2$. Границей между областями неограниченного и ограниченного разогрева горючей смеси является прямая теплоотвода при температуре стенки T_c . Эта прямая касается кривой тепловыделения в точке С, где существует неустойчивое тепловое равновесие. Даже незначительное повышение температуры T'_c вызовет прогрессивный саморазогрев смеси, приводящий к самовоспламенению.

Следовательно, температурой самовоспламенения является та минимальная температура горючей смеси, при которой начинается саморазогрев, приводящий к возникновению горения.

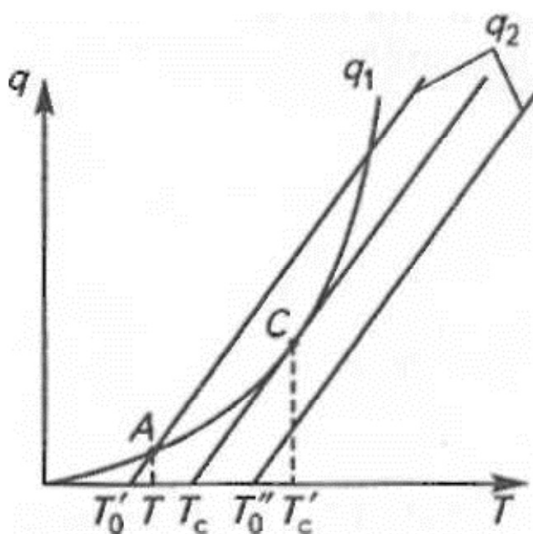


Рис. 4.3. График зависимости скоростей тепловыделения (q_1) и теплоотвода (q_2) от температуры (T)

Температура самовоспламенения горючей смеси обычно относится к горючему веществу. Она не является постоянной для одного и того же горючего вещества и зависит от его концентрации, давления, от размеров, формы и материала сосудов и других факторов. Определяется температура самовоспламенения экспериментальным путем при нормальном давлении и стехиометрической концентрации горючих газов или паров в воздухе.

При цепном самовоспламенении причиной ускорения реакции окисления является превышение скорости разветвления цепей над скоростью их обрыва.

Чисто цепное самовоспламенение — довольно редкое явление, так как оно протекает при таких низких давлениях (значительно ниже 0,1 МПа), когда отсутствуют заметный разогрев за счет реакции и его влияние на самоускорение реакции.

4.2. Показатели пожаро-, взрывоопасности веществ и материалов

Отечественная система оценки пожарной опасности веществ и материалов регламентирована ГОСТ 12.1.044-89. В соответствии с этим стандартом при оценке пожарной опасности веществ различают:

- газы – вещества, абсолютное давление паров которых при 50 °С равно или более 300 кПа или критическая температура которых менее 50 °С;
- жидкости – вещества с температурой плавления ниже 50 °С;
- твердые вещества и материалы с температурой плавления более 50 °С;
- пыли – диспергированные твердые вещества и материалы с частицами размером менее 850 мкм.

Перечень показателей, характеризующих пожаро- и взрывоопасность веществ и материалов, приведен в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Показатели, характеризующие пожаро-, взрывоопасность веществ и материалов

Показатели	Применимость показателей			
	для газов	для жидкостей	для твердых веществ	для пылей
Группа горючести	+	+	+	+
Температура вспышки	–	+	–	–
Температура воспламенения	–	+	+	+
Температура самовоспламенения	+	+	+	+
Нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени	+	+	–	+
Температурные (нижний и верхний) пределы распространения пламени	–	+	–	–
Температура саморазогрева	–	–	+	+
Температура тления	–	–	+	+
Температурные условия теплового самовозгорания	–	–	+	+
Минимальная энергия зажигания	+	+	–	+
Кислородный индекс	–	–	+	–
Способность взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами	+	+	+	+

Показатели	Применимость показателей			
	для газов	для жидкостей	для твердых веществ	для пылей
Нормальная скорость распространения пламени	+	+	–	–
Скорость выгорания	–	+	–	–
Коэффициент дымообразования	–	–	+	–
Индекс распространения пламени	–	–	+	–
Показатели токсичности продуктов горения полимерных материалов	–	–	+	–
Минимальное взрывоопасное содержание кислорода	+	+	–	+
Минимальная флегматизирующая концентрация флегматизатора	+	+	–	+
Максимальное давление взрыва	+	+	–	+
Скорость нарастания давления при взрыве	+	+	–	+

Примечание: знак «+» означает применимость, знак «–» – неприменимость показателя.

Вещества и материалы по способности к горению подразделяют на следующие:

- негорючие – не способные к горению, тлению, обугливанию под действием ИВ;
- трудногорючие – загораются под действием ИВ, но не способны к самостоятельному горению после его удаления;
- горючие – загораются от ИВ и продолжают гореть после его удаления.

По агрегатному состоянию различают:

- горючие газы (ГГ);
- жидкости, способные к горению;
- твердые вещества (ТВ);
- горючие пыли (ГП).

ТВ и ГП принадлежат к разным агрегатным группам, поскольку размельчение твердого вещества в пыль резко изменяет взрывопожароопасные свойства. Примеры: кусок каменного угля на воздухе горит несколько минут; то же количество угля, превращенное в пыль, сгорает за доли секунды (взрывается). Железо, алюминий в компактном состоянии – негорючие вещества; железная, алюминиевая пыль на воздухе взрывается.

Из всех показателей пожарной опасности веществ и материалов рассмотрим только основные, характеризующие процесс возникновения горения веществ и материалов во всех агрегатных состояниях и сам процесс горения.

На рис. 4.4 показана последовательность процессов, предшествующих самовоспламенению горючих веществ и заканчивающихся горением последних.

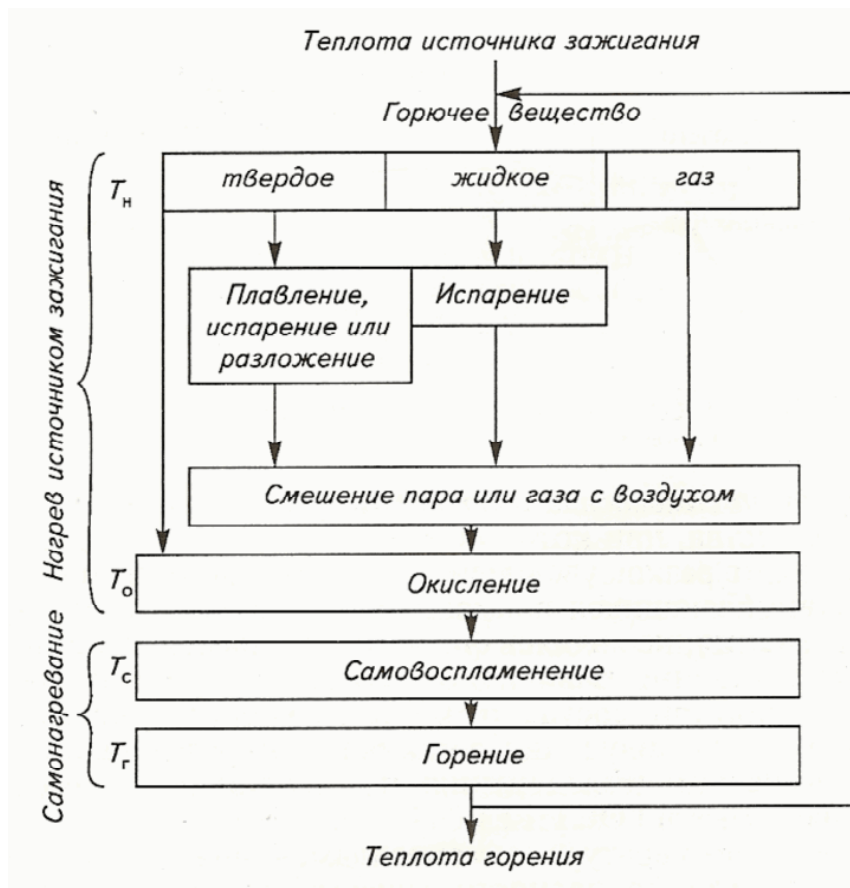


Рис. 4.4. Схема процессов, протекающих при горении

Для горючих газов (ацетилен, нефтяной газ, водород, коксовый газ, сероводород, природный газ и т. д.) основными показателями пожарной опасности являются:

- концентрационные пределы распространения пламени;
- температура самовоспламенения;
- нормальная скорость распространения пламени;
- минимальная энергия зажигания;
- максимальное давление взрыва.

Производными от них являются: скорость нарастания давления взрыва, минимальное взрывоопасное содержание кислорода.

Наименьшая (наибольшая) концентрация горючих газов, паров жидкостей или пылей в смеси с воздухом, при которой смесь уже (еще) может воспламениться от источника зажигания и пламя распространяется на весь объем горючей смеси, называется нижним (верхним) концентрационным пределом распространения пламени – НКПР (ВКПР). Горение возможно в области концентрации между НКПР и ВКПР, называемой областью воспламенения (см. рис. 4.5). Вне этой области горение в режиме распространения пламени невозможно. Концентрационные пределы распространения пламени измеряют в % (об.) или в г/м³.

Чем шире область воспламенения, тем опаснее горючее вещество.

Концентрационные пределы распространения пламени используют в расчетах допустимых концентраций газов внутри технологического оборудования, систем рекуперации, вентиляции, а также при расчете предельно допустимой взрывобезопасной концентрации газов, паров жидкостей и пылей в воздухе рабочей зоны при работе с потенциальными источниками зажигания.

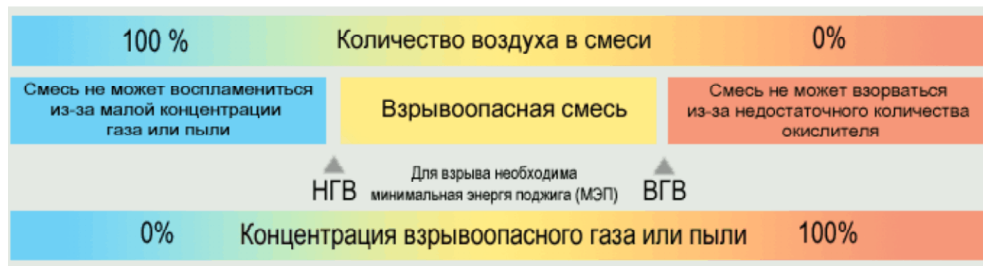


Рис. 4.5. Схема концентрационных пределов распространения пламени

Температура самовоспламенения ($t_{\text{самовоспл}}$) – самая низкая температура вещества, при которой в условиях специальных испытаний происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающихся пламенным горением. Температура самовоспламенения, не являясь физико-химической константой вещества, существенно зависит от формы, объема и состояния стенок реакционного сосуда, от материала сосуда и других факторов. Поэтому для получения сопоставимых результатов при пожарно-технических исследованиях применяют установку и методику, приводимые в ГОСТ 12.1.044-89.

Данные о температуре самовоспламенения применяют при оценке пожаровзрывоопасности веществ, при определении группы взрывоопасной смеси для выбора типа взрывозащищенного электрооборудования, при разработке мероприятий для обеспечения пожаровзрывобезопасности технологических процессов.

Предельно допустимая температура безопасного нагрева неизолированных поверхностей технологического и электрического оборудования не должна превышать минимальной температуры самовоспламенения – наименьшей температуры, до которой нагревают горючую смесь газов и паров с воздухом, чтобы произошло ее воспламенение без внесения в смесь внешнего источника зажигания.

Нормальная скорость распространения пламени (U_n , м/с) – скорость перемещения плоского фронта пламени относительно несгоревшей горючей смеси в направлении, перпендикулярном к его поверхности.

Для определения U_n создают газо- или паровоздушную смесь стехиометрического состава, зажигают ее и измеряют скорость перемещения фронта пламени.

Данные о нормальной скорости распространения пламени применяют в расчетах скорости нарастания давления взрыва газо- и паровоздушных смесей, критического (гасящего) диаметра, при разработке мероприятий для обеспечения пожаровзрывобезопасности технологических процессов.

Минимальная энергия зажигания ($W_{\text{мин}}$, Дж) – наименьшее значение энергии электрического разряда, способной воспламенить наиболее легковоспламеняющуюся смесь газа, пара или пыли с воздухом.

Данные о минимальной энергии зажигания применяют при разработке мероприятий для обеспечения пожаровзрывобезопасных условий переработки горючих веществ и электростатической искробезопасности технологических процессов.

Максимальное давление взрыва ($P_{\text{макс}}$, кПа) – наибольшее давление, возникающее при дефлаграционном взрыве газо-, паро- или пылевоздушной смеси в замкнутом сосуде (аппарате) при начальном давлении смеси 101,3 кПа.

Величину $P_{\text{макс}}$ применяют в расчетах на взрывоустойчивость аппаратов с горючими газами, жидкостями и пылями; в расчетах предохранительных мембран, оболочек взрывозащищенного электрооборудования взрывоне-проницаемого исполнения.

Скорость нарастания давления взрыва (dP/dt , кПа/с) – производная давления взрыва по времени на восходящем участке зависимости давления взрыва газо-, паро- или пылевоздушной смеси в замкнутом сосуде (аппарате) от времени. Различают максимальную и среднюю скорости нарастания давления.

Данные о скорости нарастания давления взрыва применяют при расчетах предохранительных мембран, при разработке мероприятий пожаровзрывобезопасности технологических процессов.

Минимальное взрывоопасное содержание кислорода [МВСК, % (об.)] – концентрация кислорода в горючей смеси, ниже которой воспламенение и горение смеси становятся невозможными.

Данные о минимальном взрывоопасном содержании кислорода применяют при расчетах пожаровзрывобезопасных режимов работы технологического оборудования, выборе режимов работы систем «азотного дыхания», выборе безопасных условий работы пневмотранспорта, а также при конструировании систем и установок для взрывоподавления и тушения пожаров.

При оценке пожароопасности жидкостей (ацетон, масло трансформаторное, бензин, мазут, керосин, масло турбинное, спирт этиловый и т. д.) перечисленные выше показатели дополняются следующими: температура вспышки, температура воспламенения, температурные пределы распространения пламени.

Температура вспышки ($t_{\text{вспл}}$, °C) – самая низкая температура горючего вещества, при которой в условиях специальных испытаний над его поверхностью образуются пары или газы, способные вспыхивать от источника зажигания, но при этом скорость их образования еще недостаточна для возникновения устойчивого горения.

Согласно ГОСТ 12.1.004-91, жидкости, способные гореть, подразделяются на *легковоспламеняющиеся (ЛВЖ)* и *горючие (ГЖ)*.

ЛВЖ – это жидкости, имеющие температуру вспышки не выше 61 °C (в закрытом тигле) или 66 °C (в открытом тигле).

ГЖ – это жидкости, имеющие температуру вспышки выше 61 °C (в закрытом тигле) или 66 °C (в открытом тигле).

Температура вспышки является экспресс-параметром, ориентировочно указывающим на температурные условия, при которых горючее вещество становится огнеопасным (в открытом тигле).

Температуру вспышки горючих веществ учитывают при категорировании помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности по НПБ 105-03.

Температура воспламенения ($t_{\text{воспл}}$, °C) – наименьшая температура горючего вещества, при которой в условиях специальных испытаний вещество выделяет горючие пары или газы с такой скоростью, что после их зажигания возникает устойчивое пламенное горение. Для ЛВЖ $t_{\text{воспл}}$ обычно на 1–5 °C выше температуры вспышки, а для ГЖ эта разница может достигать 30–35 °C.

Температурные пределы распространения пламени – нижний (НТПР) и верхний (ВТПР) – такие температуры вещества, при которых его насыщенные пары образуют концентрации, равные соответственно нижнему и верхнему концентрационным пределам распространения пламени (НКПР и ВКПР).

Температурные пределы распространения пламени учитывают при расчете безопасных температурных режимов закрытых технологических аппаратов с жидкостями и летучими твердыми веществами, работающими при атмосферном давлении.

Безопасной в отношении возможности образования взрывоопасных паровоздушных смесей следует считать температуру индивидуального вещества на 10 °С ниже нижнего или на 10 °С выше верхнего температурных пределов распространения пламени.

Если аппарат работает между НТПР и ВТПР хотя бы непродолжительное время, то необходимо предусматривать меры по флегматизации горючих смесей инертными газами, специальными флегматизирующими веществами.

Зависимость между НТПР (ВТПР) и НКПР (ВКПР) выражается следующим образом:

$$НКПР = \frac{P_{НТПР}}{P_{атм}} \cdot 100 [\% (об.)]; \quad (4.8)$$

$$ВКПР = \frac{P_{ВТПР}}{P_{атм}} \cdot 100 [\% (об.)], \quad (4.9)$$

где: $P_{НТПР}$, $P_{ВТПР}$ – давления насыщенных паров при НТПР и ВТПР соответственно; $P_{атм}$ – атмосферное давление.

При оценке пожаровзрывоопасности горючих пылей (нафталин, какао, древесная, пшеничная, ржаная, гороховая мука и т. д.), находящихся во взвешенном состоянии, пользуются следующими показателями: НКПР, $W_{мин}'$, $P_{макс}'$, МВСК и скоростью нарастания давления при взрыве (dP/dt).

Для горючих пылей, находящихся в осажденном состоянии, ГОСТ 12.1.044-89 устанавливает следующие показатели: $t_{воспл}'$, $t_{самовоспл}'$; температура саморазогрева ($t_{саморазогр}'$); температура тления ($t_{тлен}'$); температурные условия теплового самовозгорания; $W_{мин}'$; способность гореть и взрываться при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами.

Температура саморазогрева ($t_{самовоспл}'$) – самая низкая температура вещества, при которой самопроизвольный процесс его нагревания не приводит к тлению или пламенному горению.

Данные о температуре саморазогрева применяют при выборе безопасных условий нагрева вещества, при разработке мероприятий для обеспечения пожаробезопасности технологических процессов в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004–91.

Безопасная температура длительного нагрева вещества – температура, не превышающая 90 % температуры саморазогрева.

Температура тления ($t_{тлен}'$) – температура вещества, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций окисления, заканчивающихся возникновением тления.

Данные о температуре тления следует применять при экспертизах

причин пожаров, при выборе взрывозащищенного электрооборудования (температура поверхности электрооборудования должна быть не менее чем на 50 °С ниже температуры тления пыли), при разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технологических процессов в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004-91.

4.3. Склонность веществ к самовозгоранию

Склонность к *самовозгоранию* характеризует способность ряда веществ и материалов самостоятельно загораться при нагревании до сравнительно невысоких температур или контакте с другими веществами, а также при воздействии тепла, выделяемого микроорганизмами в процессе их жизнедеятельности. В соответствии с этим различают *тепловое, химическое и микробиологическое самовозгорание*.

Склонность к тепловому самовозгоранию характеризуют температурами саморазогрева и тления, а также зависимостью температуры среды, при которой наблюдается самовозгорание, от размеров и формы образца материала.

Склонность к самовозгоранию учитывают при разработке профилактических мероприятий для обеспечения безопасных условий хранения и переработки самовозгорающихся веществ, транспортировки, сушки и т. п.

Схема развития процесса самовозгорания твердых веществ и материалов представлена на рис. 4.6. Самовозгорание наблюдается при резком увеличении скорости экзотермических реакций в объеме вещества, когда скорость выделения тепла превышает скорость его рассеивания.

Резкое первоначальное увеличение скорости экзотермических реакций в объеме вещества связано в основном с ростом температуры в зоне реакций под воздействием теплового, химического или микробиологического импульсов.

Самовозгорающие вещества – это, прежде всего, твердые горючие вещества с развитой поверхностью и малой теплопроводностью. Процесс развивается по следующим схемам:

- развитая поверхность – адсорбированный слой воздуха, обогащенный кислородом – окислительный процесс;
- малая теплопроводность – малая отдача тепла в окружающую среду – повышение температуры в массе вещества – ускорение экзотермической реакции – самовоспламенение.

Вещества, склонные к самовозгоранию, можно разбить на четыре группы:

- 1) вещества растительного происхождения (например, недосушенные продукты – сено, опилки и т. п.);
- 2) торф и ископаемые угли;
- 3) масла и жиры (наиболее опасны растительные масла и жиры, содержащие непредельные органические соединения, способные легко окисляться и полимеризоваться, ткани, пропитанные данными веществами);
- 4) химические вещества и смеси.

Самовоспламеняются при взаимодействии с воздухом белый фосфор, цинковая и алюминиевая пыль, сернистые металлы (сульфиды), свежий древесный уголь, сажа. Например, сульфиды железа образуются на стенках резервуаров при хранении и переработке сернистых нефтей; при соприкос-

новении с воздухом они могут самовоспламеняться. Самовоспламеняются при соприкосновении с водой щелочные металлы и их карбиды. Самовоспламеняются при взаимодействии друг с другом органические вещества и окислители (кислород, галогены, азотная кислота, хлорная известь, селитры). Например, ацетилен, водород, этилен при взаимодействии с хлором взрываются на свету.

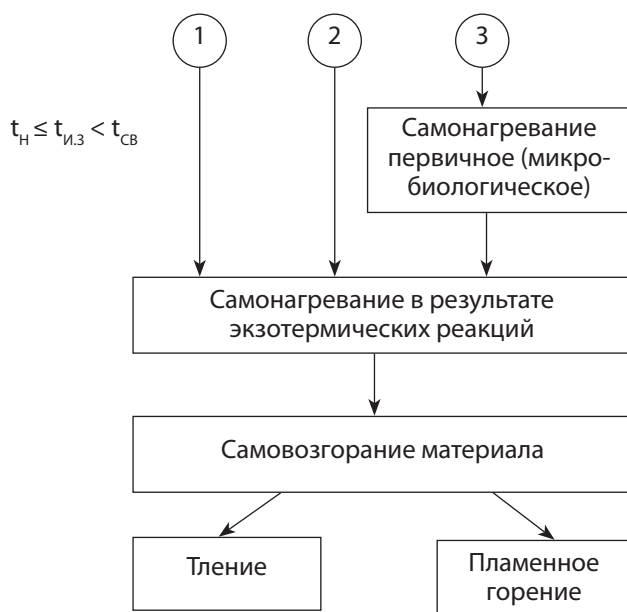


Рис. 4.6. Схема развития процесса самовозгорания твердых веществ и материалов:

1, 2, 3 – импульсы саморазогрева (самовозгорания) – соответственно тепловой, химический, микробиологический; $t_{и.з}$, $t_{с.в}$ – температуры источника зажигания и вещества при возгорании; t_n – минимальная температура окружающей среды при самовозгорании определенного объема вещества в данных условиях (источника нагревания)

Тепловое самовозгорание возникает при нагревании вещества до температуры, обеспечивающей его термическое разложение и дальнейший процесс спонтанного саморазогрева за счет тепла экзотермических реакций в объеме.

При этом большую роль играют реакции окисления продуктов термического разложения. Горение в объеме твердого дисперсного вещества протекает в форме тления, которое при доступе воздуха переходит в пламенное горение.

Склонность веществ к самовозгоранию определяют экспериментально путем выявления зависимости между температурой окружающей среды, массой вещества и временем до момента его самовозгорания.

Испытания проводят в термостате. Образцы помещают в «ячейки» кубической формы, выполненные из сетки из нержавеющей стали с размерами ребер 35, 50, 70, 100, 140 и 200 мм и обеспечивающие свободное проникновение воздуха к материалу. Каждую ячейку снабжают тремя термопарами для изме-

рения температуры в центре, на поверхности образца и в окружающей зоне на расстоянии 30 мм от спая термопары, расположенного на поверхности.

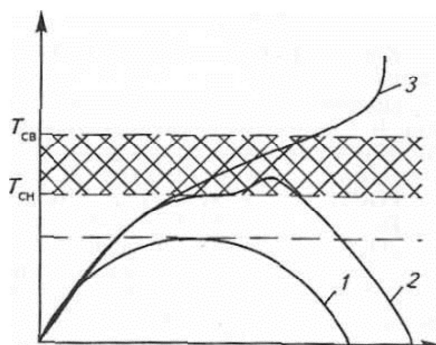


Рис. 4.7. Схема теплового самовозгорания

На рис. 4.7 представлены температуры, развивающиеся в материале в процессе этих испытаний. При весьма умеренном нагреве (кривая 1) в материале не происходят изменения. За время, определяемое разностью между температурой в термостате и температурой окружающей среды, а также теплоемкостью и массой материала, температура материала достигнет температуры термостата, а после отключения термостата температура материала возвратится к исходному значению. Такая картина будет наблюдаться при размещении материала в термостате и с более высокой температурой – до тех пор, пока не будет достигнута некоторая начальная температура саморазогрева $T_{\text{саморазогр}}$, при которой начинаются экзотермические превращения в материале (разложение, окисление и др.), ведущие к саморазогреву материала (кривая 2), в процессе которого возможны две ситуации:

а) интенсивность саморазогрева невелика, и материал после окисления охладится до температуры термостата (кривая 2);

б) в результате саморазогрева будет достигнута температура самовозгорания $T_{\text{св}}$, начиная с которой произойдет рост скорости реакции и температуры и возникнет горение (кривая 3).

Реализация той или иной ситуации зависит от состава материала и условий аккумуляции в нем тепла в процессе саморазогрева (масса материала, его теплопроводность и др.). Область температур между $T_{\text{саморазог}}$ и $T_{\text{самовозгор}}$ является потенциально опасной. Возможность самовозгорания материалов, нагретых до температур этой области, определяется с помощью системы уравнений:

$$\lg T_{\text{окр}} = a - b \lg \tau; \quad (4.10)$$

$$\lg T_{\text{окр}} = n + m \lg S, \quad (4.11)$$

где: $T_{\text{окр}}$ – температура окружающей среды, при которой происходит самовозгорание, °C; τ – время, ч; S – удельная поверхность материала, м²/г; a, b, n, m – константы, определяемые свойствами материала и содержащиеся в справочнике «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения».

Химическое самовозгорание. Ускорению процесса самовозгорания способствуют такие факторы, как повышенная аккумуляция тепла, развитая поверхность материала и его легкая воспламеняемость. Особую роль эти факторы играют при химическом самовозгорании. Известно, что скорость химических реакций, как правило, резко возрастает с увеличением температуры. Это обстоятельство имеет большое значение при химическом самовозгорании. Поскольку процессы окисления экзотермичны, в условиях затрудненного теплоотвода выделяющееся тепло идет на нагрев массы материала, ускоряя тем самым достижение критических условий самовозгорания.

Дисперсные материалы обладают всеми свойствами, которые благоприятно влияют на развитие самовозгорания, и поэтому самовозгорание, вызванное контактом дисперсных материалов с различными веществами, достаточно часто служит причиной возникновения пожаров.

Известно, что хлопок склонен к самовозгоранию. Присутствие в хлопке различных веществ способствует ускорению процесса.

Самовозгорание развивается в результате присутствия в веществе примесей. Например, чистая аммиачная селитра не проявляет склонности к самовозгоранию. Температура ее разложения находится в пределах 468–478 К. Однако смеси аммиачной селитры с горючими органическими материалами (древесиной, льном, торфом и др.) склонны к самовозгоранию, что определяется возможностью протекания экзотермических реакций нитрования. В присутствии органических веществ при температуре порядка 370 К за счет тепла реакции нитрования начинается автокаталитическое разложение аммиачной селитры, в результате которого смесь самовозгорается. Катализаторами экзотермического разложения аммиачной селитры являются также примеси порошкообразных металлов.

Микробиологическое самовозгорание. Этот вид самовозгорания характерен для органических дисперсных и волокнистых материалов, внутри которых возможна жизнедеятельность микроорганизмов. Начальное самонагревание органического материала происходит за счет тепла, выделяемого микроорганизмами. Вызванное этим процессом повышение температуры обеспечивает ускорение экзотермической реакции, которая может закончиться возникновением тления (а затем и пламенного горения) в самой нагретой части объема.

Причиной выделения тепла при хранении продуктов растительного происхождения (зерна, сена, семян масленичных культур) является поглощение кислорода воздуха грибами и бактериями, которые присутствуют в этих материалах и интенсивно размножаются во влажной среде.

Повышение температуры, связанное с биологической активностью микроорганизмов, обусловлено разностью между скоростью выделения тепла и теплоотводом. Зафиксированы две стадии жизнедеятельности микроорганизмов, разделенные между собой некоторым промежутком времени. Первая стадия завершается при температуре 40–45 °С. В процессе ее протекания выделение тепла происходит за счет жизнедеятельности так называемых мезофильных организмов (в основном грибов), которые погибают при температуре 45–50 °С. Вторая стадия, завершающаяся при 75–85 °С, характеризуется жизнедеятельностью термофильных организмов (в основном бактерий). Обычно эти два типа микроорганизмов развиваются одновременно и являются ответственными за процессы самонагревания растительных материалов. На процессы самонагревания решающее влияние оказывают два фактора: размер популяции микроорганизмов и влагосодержание органического материала.

При температуре 85–88 °С жизнедеятельность микроорганизмов прекращается; они погибают, а накопленное в системе тепло при определенных условиях может привести к дальнейшему развитию процесса самовозгорания.

4.4. Оценка пожаровзрывоопасности среды внутри технологических аппаратов

4.4.1. Аппараты с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями (ЛВЖ И ГЖ)

При наличии паровоздушного пространства в закрытых аппаратах с горючими однородными жидкостями область воспламенения паровоздушной смеси определяется соотношением рабочей температуры жидкости и ее температурных пределов распространения пламени. Горючая (взрывоопасная) паровоздушная смесь образуется в случае, когда рабочая температура жидкости ($t_{\text{раб}}$) находится в интервале между нижним и верхним температурными пределами распространения пламени, то есть:

$$\text{НТПР} \leq t_{\text{раб}} \leq \text{ВТПР}. \quad (4.12)$$

Так как температурные пределы распространения пламени, взятые из справочных пособий, могут не в полной мере соответствовать свойствам данной жидкости и, кроме того, в реальных условиях возможно неравномерное распределение концентрации в паровом объеме аппарата, то необходимо учитывать определенный запас надежности. Применительно к температурным пределам запас надежности как бы расширяет зону взрывоопасности на 10 °С ниже нижнего и на 10 °С выше верхнего температурных пределов распространения пламени. Тогда второе условие, необходимое для образования взрывоопасных концентраций, будет следующим:

$$(\text{НТПР} - 10^\circ\text{C}) \leq t_{\text{раб}} \leq (\text{ВТПР} + 10^\circ\text{C}). \quad (4.13)$$

В случае, когда $t_{\text{раб}}$ жидкости в аппарате находится в области опасных температур, предусматривают один из следующих способов противопожарной защиты:

а) *ликвидация паровоздушного объема аппарата*, когда горючая жидкость находится под защитным слоем негорючей жидкости (например, сероуглерод CS_2 под слоем воды, см. рис. 4.8, а) или над слоем негорючей жидкости (например, бензин над слоем воды, см. рис. 4.8, б); применение резервуаров с плавающими крышами или плавающими понтонами (см. рис. 4.9); использование полых микрошариков, способных плавать на поверхности горючей жидкости;

б) *создание в аппарате температурных условий*, исключающих образование взрывоопасных концентраций (поддержание температуры жидкости ниже нижнего или выше верхнего температурных пределов распространения пламени);

в) *введение негорючих газов в паровоздушный объем аппаратов*. Для этих целей используют азот, диоксид углерода, инертные газы, выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания и т. п. Разбавление горючей смеси инертным компонентом (флегматизатором) приводит к изменению концентраци-

онных пределов распространения пламени (см. рис. 4.10). При содержании инертного компонента больше $c_{\text{фл}}$ воспламенение будет невозможно. Учитывая коэффициент запаса надежности, безопасная концентрация смеси по инертному компоненту $c_{\text{б.ин}}$ принимается равной:

$$c_{\text{б.ин}} = 1,2 c_{\text{фл}} (\%), \quad (4.14)$$

г) флегматизация горючих смесей химически активными веществами, например, галогидзамещенными углеводородами, подавляющими активные центры цепной реакции окисления. Это приводит к обрыву молекулярных цепей и торможению процесса горения.

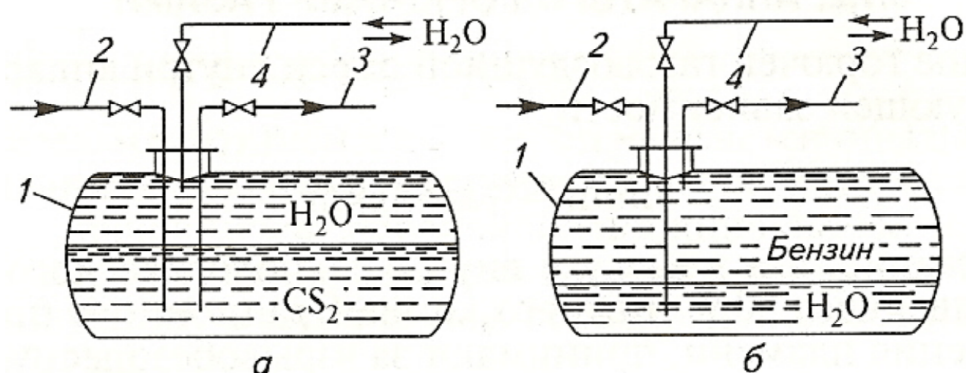


Рис. 4.8. Способы хранения легковоспламеняющихся жидкостей:
а – сероуглерод под слоем воды, *б* – нефтепродукт под слоем воды;
 1 – емкость; 2 – наполнительный трубопровод; 3 – расходный трубопровод;
 4 – линия подачи и вытеснения воды

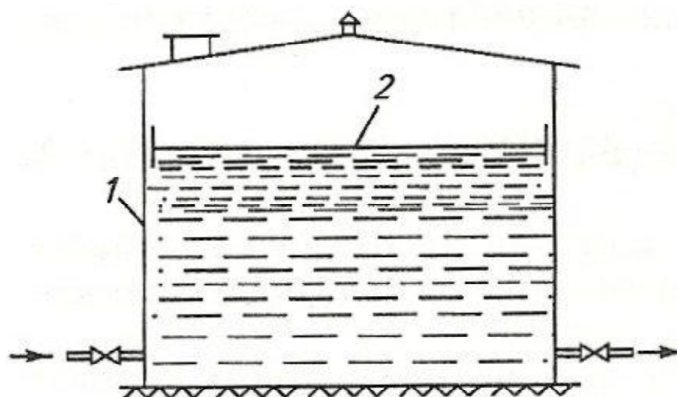


Рис. 4.9. Резервуар с плавающим понтоном:
 1 – корпус резервуара; 2 – плавающий понтон

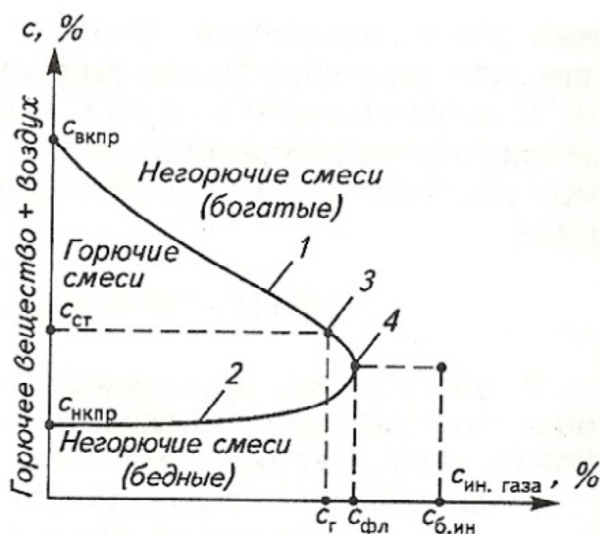


Рис. 4.10. Изменение концентрационных пределов распространения пламени горючей смеси в зависимости от количества содержащегося в ней негорючего газа:

- 1 – изменение верхнего концентрационного предела распространения пламени;
- 2 – изменение нижнего концентрационного предела распространения пламени;
- 3 – стехиометрическая концентрация; 4 – концентрация инертного газа, соответствующая флегматизации взрыва

4.4.2. Аппараты с горючими газами

Наличие горючей газовой смеси внутри аппаратов отвечает следующей зависимости:

$$c_{\text{нкпр}} \leq c_{\text{раб}} \leq c_{\text{вкпр}} \quad (4.15)$$

Содержание газа в воздухе внутри технологического аппарата, не превышающее 50 % нижнего концентрационного предела распространения пламени, принимают за взрывобезопасную концентрацию.

Обеспечить безопасную эксплуатацию аппаратов с горючими газами можно с помощью следующих технических решений:

а) при использовании смеси горючего газа с окислителем рабочая концентрация в аппаратах должна устанавливаться ниже нижнего или выше верхнего концентрационных пределов распространения пламени с учетом коэффициентов запаса надежности;

б) установленную пожаро- и взрывобезопасную концентрацию смеси горючего газа с окислителем необходимо поддерживать автоматическими регуляторами соотношения газов, установленными на питательных линиях;

в) для непрерывного контроля рабочей концентрации горючего газа аппараты оборудуют стационарными газоанализаторами, автоматически сигнализирующими об отклонении от нормы;

г) при нарушении установленной концентрации обеспечивают автоматическое отключение питающих аппарат линий с одновременным пуском в систему негорючего газа;

д) при наличии смеси горючего газа с окислителем, находящейся в концентрационных пределах распространения пламени, следует применять флегматизирующие добавки.

4.4.3. Аппараты с горючими пылями

Горючие пыли во взвешенном состоянии (аэрозоли) способны образовывать с воздухом взрывоопасные концентрации. Величины концентрационных пределов распространения пламени пылевоздушных смесей зависят не только от химического состава вещества, но и в значительной степени от дисперсности, влажности, зольности.

Наиболее важное значение для обеспечения безопасной эксплуатации систем пневмотранспорта, дробилок, мельниц, сепараторов и т. п. имеет нижний концентрационный предел распространения пламени, так как значение ВКПР очень высоко и практически редко достигается.

Существование взрывоопасной концентрации пыли внутри технологических аппаратов (с учетом коэффициента запаса надежности) выражается соотношением:

$$c_d \geq 0,5 c_{\text{НКПР}} \quad (4.16)$$

где: c_d – действительная концентрация пыли.

Действительная концентрация c_d определяется опытным путем с учетом наличия взвешенной и осевшей пыли, которая при определенных условиях может перейти в состояние аэрозоля.

Для уменьшения пожаровзрывоопасности аппаратов с наличием пылевоздушных смесей целесообразно использовать следующие способы защиты:

а) применять менее «пылящие» процессы измельчения (вместо дробилок и мельниц использовать вибрационный помол, измельчение с увлажнением и т. п.);

б) вести процессы под защитой негорючего газа;

в) устраивать системы отсоса пыли из машин и агрегатов;

г) использовать негорючие газы для пневмотранспорта сыпучих материалов, при сушке материалов во взвешенном (псевдоожигенном) слое;

д) устанавливать оптимальные скорости воздуха при пневмотранспорте измельченных материалов (чтобы избежать осаждения пыли);

е) использовать вибраторы для предотвращения образования пробок пыли в бункерах и трубопроводах;

ж) применять конструктивные решения, обеспечивающие минимальное скопление осевшей пыли (плавные повороты трубопроводов, гладкие внутренние поверхности аппаратов, уклоны конусной части аппаратов не менее 60° и т. п.);

з) предохранять внутренние поверхности аппаратов от увлажнения;

и) производить периодическую очистку аппаратов от осевшей пыли.

4.4.4. Аппараты с открытой поверхностью испарения жидкостей

Горючая концентрация смеси паров с воздухом над поверхностью открытого аппарата образуется, если рабочая температура жидкости $t_{\text{раб}}$ равна или выше температуры вспышки с учетом коэффициента надежности:

$$t_{\text{раб}} \geq t_{\text{всп}} - 10^\circ\text{C}. \quad (4.17)$$

Размер взрывоопасной зоны паров с воздухом определяется условиями испарения.

Количество жидкости, испаряющейся со свободной поверхности, зависит от ее физических свойств, температурных условий, площади зеркала испарения, времени испарения и подвижности воздуха.

Различают два варианта испарения жидкостей: испарение в неподвижную среду и испарение в движущуюся среду.

Испарение горючих жидкостей в неподвижную среду (молекулярная диффузия). Количество испарившейся жидкости $G_{\text{исп}}$ в неподвижный воздух можно определить из следующего выражения:

$$G_{\text{исп}} = 2c_s \gamma F \sqrt{\frac{D_\tau}{3(1-c_s)}}, \quad (4.18)$$

где: c_s – концентрация насыщенных паров при данной температуре жидкости, об. доли; γ – плотность паров жидкости, кг/м³; F – поверхность испарения, м²; D – коэффициент диффузии паров жидкости в воздухе, м²/ч; τ – время испарения жидкости, ч.

В приближенных расчетах при небольших давлениях насыщенного пара для определения количества испарившейся жидкости в единицу времени может быть использована видоизмененная формула Стефана:

$$G_{\text{исп}} = 4rD \frac{M}{V_t} \frac{P_s}{P}, \quad (4.19)$$

где: r – радиус поверхности испарения, см; D – коэффициент диффузии паров, см²/с; M – молекулярная масса паров жидкости; V_t – объем пара 1 моля жидкости при температуре испарения, см³; P_s – давление насыщенного пара при температуре испарения, мм рт. ст.; P – барометрическое давление воздуха, мм рт. ст.

Испарение горючих жидкостей в движущуюся среду (конвективная диффузия). При конвективной диффузии над поверхностью жидкости образуется небольшой толщины пограничный слой с высокой концентрацией паров, которая затем резко снижается в результате интенсивного перемешивания воздуха при движении.

Количество испарившейся жидкости $G_{\text{исп}}$ определяется следующей формулой:

$$G_{\text{исп}} = KF \cdot \Delta c \cdot \tau, \quad (4.20)$$

где: K – коэффициент массопередачи, кг/(м²·ч); F – площадь испарения, м²; Δc – средняя движущая сила массопередачи; τ – длительность испарения, ч.

Для определения количества испарившейся жидкости можно воспользоваться эмпирической формулой, которая дает совпадающие с опытными данными результаты:

$$G_{исп} = Mp_s F(0,352 + 0,78\omega) \cdot 10^{-3}, \quad (4.21)$$

где: M – молекулярная масса жидкости; p_s – давление насыщенного пара, мм рт. ст.; F – поверхность испарения, m^2 ; ω – скорость движения воздуха параллельно источнику испарения, m/c .

Снижение пожаро- и взрывоопасности производства при наличии аппаратов с открытой поверхностью испарения обеспечивается следующими техническими решениями:

- а) заменой ЛВЖ и горючих жидкостей в открытых аппаратах менее пожароопасными и негорючими жидкостями;
- б) устройством местных отсосов паров над открытыми аппаратами с пожаровзрывоопасными жидкостями;
- в) использованием систем аварийного слива жидкостей при возникновении пожара;
- г) использованием стационарных установок пожаротушения локального действия.

4.4.5. Аппараты с дыхательными устройствами

Емкости, резервуары, промежуточные сосуды и другие емкостные аппараты в процессе эксплуатации наполняются ЛВЖ и горючими жидкостями и опорожняются. При заполнении таких аппаратов происходит вытеснение паровоздушной смеси по дыхательной линии наружу, а при опорожнении – подсос воздуха в аппарат. Такое явление называется «большим дыханием».

Вытеснение паровоздушной смеси или подсос воздуха в аппарат при изменении температурных условий называется «малым дыханием».

Основной источник вытеснения паровоздушных смесей по дыхательной линии из подземных резервуаров – большое дыхание (потери от малого дыхания практически отсутствуют).

При вытеснении паровоздушной смеси из аппарата около дыхательного устройства образуется взрывоопасная концентрация, если температура жидкости в аппарате будет равна или больше $t_{нтпр} - 10^\circ C$, то есть:

$$t_{раб} \geq (t_{нтпр} - 10^\circ C). \quad (4.22)$$

Количество паров огнеопасной жидкости, вытесненных из аппарата при его заполнении (большое дыхание), можно определить по формуле:

$$G = (V_1 - V_2) \frac{P_{раб}}{t_{раб}} c_s \frac{M_n}{848}, \quad (4.23)$$

где: $V_1 - V_2$ – объем вытесняемой из аппарата паровоздушной смеси, m^3 (здесь V_1 – рабочий объем аппарата, m^3 ; V_2 – начальный объем огнеопасной жидкости в аппарате, m^3); $p_{раб}$ – рабочее давление в аппарате, $кгс/м^2$; $t_{раб}$ – температура жидкости в аппарате, K ; c_s – объемная концентрация паров жидкости в паровоздушной смеси при рабочей температуре; M_n – молекулярная масса паров огнеопасной жидкости.

Для снижения пожаро- и взрывоопасности и сокращения потерь огнеопасных жидкостей при эксплуатации аппаратов с дыхательными устройствами предусматривают:

- а) использование аппаратов без паровоздушного пространства (аппараты с плавающими крышами и понтонами);
- б) оборудование дыхательных линий резервуаров с ЛВЖ дыхательными клапанами, работающими под небольшим избыточным давлением;
- в) улавливание паров, выбрасываемых через дыхательные устройства, абсорберами или адсорберами;
- г) окраску внешней поверхности резервуаров и емкостей светлыми лучеотражающими составами.

4.4.6. Аппараты периодического действия

Загрузка аппаратов периодического действия жидкими и твердыми горючими веществами и выгрузка сопряжены с необходимостью открывания люков крышек, загрузочных приспособлений и выходом наружу горючих веществ. К таким аппаратам относятся смесители, клеемешалки, экстракторы, фильтр-прессы и т. п.

Для снижения пожаровзрывоопасности процессов, схемы которых включают в себя периодически действующие аппараты, необходимо:

- а) во всех случаях, где это осуществимо по условиям технологического процесса, заменять периодически действующие аппараты аппаратами непрерывного действия;
- б) максимально герметизировать загрузочные и разгрузочные устройства;
- в) оборудовать аппараты системами местных отсосов газов, паров и пылей;
- г) продувать аппараты инертным газом при их остановке на длительный срок;
- д) оборудовать аппараты с открытыми процессами загрузки и выгрузки горючих веществ стационарными установками пожаротушения локального действия.

4.4.7. Герметично закрытые аппараты, работающие под давлением

При эксплуатации закрытых аппаратов, находящихся под давлением, происходят утечки горючих веществ через прокладки и разъемные соединения.

Для ориентировочного определения количества газов и паров, выходящих из аппарата (G , кг/ч), можно использовать формулу Репина:

$$G = KCV \sqrt{\frac{M}{T_{\text{раб}}}}, \quad (4.24)$$

где: K – коэффициент, учитывающий степень износа оборудования (принимается в пределах от 1 до 2); C – коэффициент, зависящий от давления газов и паров в аппарате; V – внутренний (свободный) объем аппаратов и коммуникаций, находящихся под давлением, м; M – молекулярная масса газов или паров, находящихся под давлением в аппаратах; $T_{\text{раб}}$ – температура газов или паров, K .

Ниже приведены значения коэффициента C в зависимости от рабочего давления в аппарате:

рабочее давление, атм.....	< 1	1	6	16	160
коэффициент С.....	0,121	0,166	0,182	0,189	0,298

Количество газов и паров, выходящих из аппаратов, работающих под давлением, учитывают при расчетах приточно-вытяжной вентиляции.

4.5. Тепловые источники зажигания

Тепловыми источниками зажигания горючих смесей могут быть открытый огонь, раскаленные продукты горения, нагретые поверхности, превращающаяся в теплоту электрическая и механическая энергия, разряды статического электричества и молнии.

Источниками зажигания могут быть также химические и микробиологические процессы.

Источниками открытого огня в производственных условиях являются технологические нагревательные печи, реакторы огневого действия, регенераторы с выжиганием органических веществ из негорючих катализаторов, печи для сжигания и утилизации отходов, факельные устройства для сжигания отходящих газов, аппараты для газовой резки и сварки металлов, зажженные сигареты и т. п.

Открытый огонь может воспламенить во всех случаях горючие смеси газов и паров с воздухом, так как температура пламени (более 1000 °С) всегда превышает температуру самовоспламенения газов и паров.

Основной мерой противопожарной защиты от стационарных источников открытого огня является их изоляция от горючих газов и паров при авариях и повреждениях. Поэтому аппараты огневого действия располагают на открытых площадках на определенном расстоянии от потенциальных объектов воспламенения.

При производстве огневых (например, газосварочных) работ необходимы *специальные меры обеспечения безопасности* (удаление горючих материалов, контроль состояния воздушной среды, применение защитных экранов для предотвращения разлета раскаленных частичек металла и т. п.).

Нагретые поверхности технологического оборудования также представляют собой потенциальные источники зажигания газо- и паровоздушных горючих смесей. Поэтому правилами техники безопасности предусматриваются жесткие ограничения на допустимые температуры поверхности такого оборудования. *Предельно допустимая температура безопасного нагрева неизолированных поверхностей технологического (электрического) оборудования* составляет 80 % от величины стандартной температуры самовоспламенения газов или паров жидкостей и не должна быть выше минимальной температуры самовоспламенения.

В технологических процессах с использованием горючих пылей и волокон температура поверхности оборудования, на которую могут осесть горючие пыли или волокна, должна быть не менее чем на 50 °С ниже температуры тления пылей (для тлеющих пылей):

$$t_{\text{пов.оборуд}} = t_{\text{тления пыли}} - 50 \text{ }^{\circ}\text{C}. \quad (4.25)$$

Для нетлеющих пылей:

$$t_{\text{пов.оборуд}} \leq 2/3 t_{\text{самовоспл}} \quad (4.26)$$

Фрикционные искры (искры удара и трения) являются наиболее распространенными источниками зажигания горючих смесей во взрывоопасных производствах. Они образуются при трении или соударении рабочих органов технологических машин и механизмов, а также при выполнении обслуживающим персоналом некоторых технологических операций. Абразивные частицы могут разогреваться до температуры видимого свечения. Такие частицы принято называть фрикционными искрами.

Фрикционные искры металлов в определенных условиях разогреваются до температуры, при которой происходит воспламенение частиц. В этом случае за очень малый промежуток времени выделяется количество тепла, достаточное для прогревания прилегающего к частице объема горючей газовой смеси до температуры самовоспламенения. Затем происходит распространение пламени по всему объему горючей смеси.

При окислении металлических частиц кислородом воздуха на поверхности частиц образуются оксидные пленки. *Все металлы можно разделить на две группы.*

К первой группе относятся металлы Li, Na, Mg, K и др., у которых отношение объемов оксида и металла меньше единицы. Окисление таких металлов кислородом происходит легко и быстро через развитые капилляры их пористой поверхности.

Ко второй группе относятся Fe, Al, Ti, Si и др., у которых отношение объемов оксида и металла больше единицы. Основное влияние на скорость окисления таких частиц оказывает диффузия кислорода внутрь кристаллической решетки оксида.

Рассмотрим разогрев частиц металлов первой группы, например магния, размером около 10 мкм за счет экзотермической реакции окисления. Малые частицы характеризуются большим отношением площади поверхности к объему частицы, поэтому вследствие высокой теплопроводности металла и теплового эффекта реакции окисления



они быстро разогреваются до температуры кипения (1381 К). Над поверхностью частицы появляется диффузионное пламя, которое существует до полного сгорания металла.

Частицы размером около 500 мкм могут разогреваться до температуры плавления магния и сгорать в диффузионном пламени.

При трении и соударении частиц металлов второй группы, например пары сталь – сталь, максимальная температура отрывающихся частиц определяется температурой плавления железа или его оксидов, что приводит к поверхностному горению до полного сгорания металла.

Растворенные в металлах и образующиеся при горении углерода газы раздувают пузырек жидкого оксида, в результате чего после выгорания всего металла и охлаждения оксида образуется полый пузырек.

Схема окисления фрикционных частиц стали приведена на рисунке 4.11.

Определяющее влияние на разогрев частиц оказывает содержание кислорода в газовой среде, так как только при наличии кислорода могут протекать экзотермические реакции окисления. Результаты исследований показали, что при

увеличении содержания кислорода с 21 до 76 % в смеси с азотом температура фрикционных частиц углеродистых сталей возрастает с 2113 до 2573 К.

Из имеющихся экспериментальных данных следует, что снижение количества кислорода в смеси флегматизирует процесс окисления частиц и снижает воспламеняющую способность фрикционных искр.

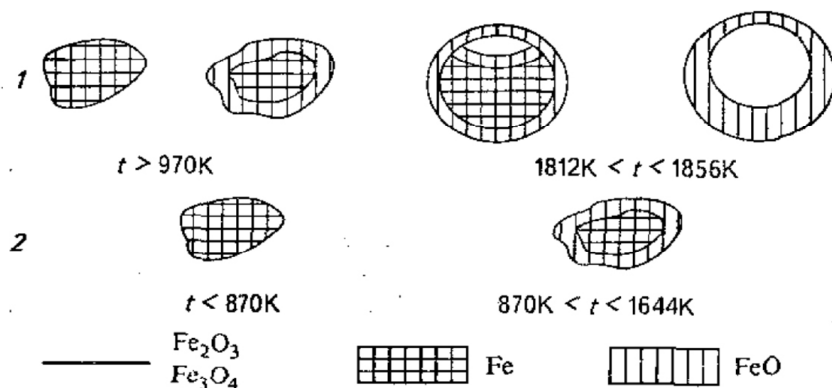


Рис. 4.11. Схема окисления фрикционных частиц стали:

1 – соударение пары сталь–сталь; 2 – соударение пары цинковый сплав–сталь

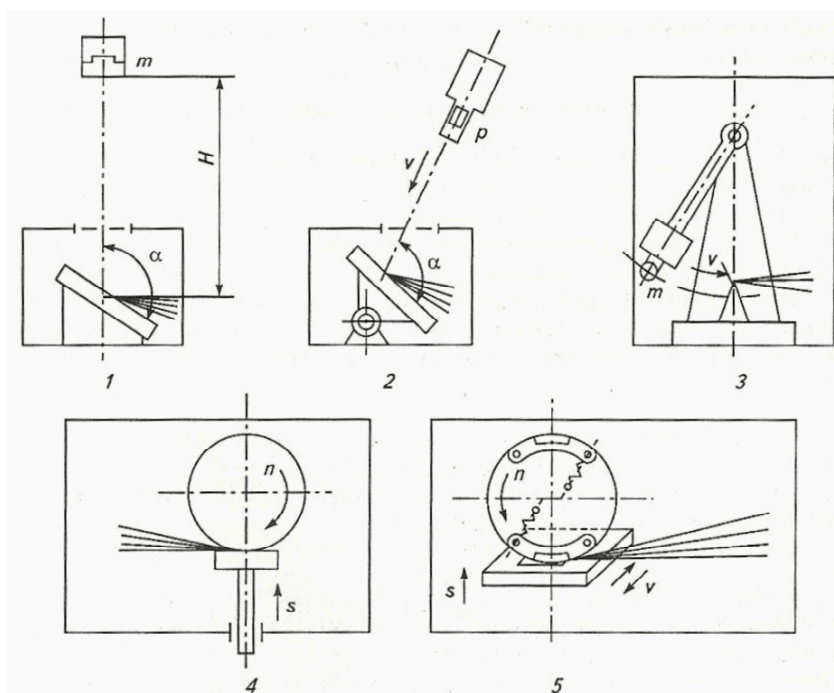


Рис. 4.12. Схемы искрообразующих установок:

1 – установка копрового типа для испытания материалов; 2 – установка обстрела для испытания материалов, работающих в режиме одиночного соударения при больших скоростях относительно перемещения; 3 – маятниковый копер для испытания материалов, работающих в режиме непрерывного трения;

4 – установка для испытания материалов, работающих в режиме одиночных скользящих соударений; 5 – установка для испытаний материалов, работающих в режиме быстрочередующихся ударов

Исследования процессов искрообразования и поджигания горючих газопаровоздушных смесей проводятся на экспериментальных установках, моделирующих реально существующие условия во взрывоопасных помещениях (см. рис. 4.12).

Установка с вращающимися элементами (см. рис. 4.12, поз. 5) монтируется во взрывной камере, продуваемой горючей смесью. Стол камеры служит для крепления пластин, изготовленных из исследуемых материалов. Включается привод, и механизмом подъема закрепленная на столе пластина прижимается к вращающейся детали.

Скорость скольжения (V , м/с) определяется из уравнения:

$$V = \pi df / 3600, \quad (4.27)$$

где: d – диаметр вращающегося элемента, м; f – частота вращения элемента, с^{-1} .

Число соударений n подсчитывается по формуле:

$$n = fSt / 3600, \quad (4.28)$$

где: S – количество «ударников» на вращающемся элементе; t – время работы механизма, с.

Вероятность P воспламенения исследуемой горючей смеси при соударении различных материалов определяется как отношение количества поджиганий m к количеству соударений n :

$$P = m/n. \quad (4.29)$$

Испытываемые материалы считаются искробезопасными по отношению к данной горючей газовой смеси, если максимальное значение вероятности зажигания горючей смеси P не превышает 10^{-5} для любого состава горючей смеси.

В целях обеспечения фрикционной искробезопасности технологических процессов промышленность выпускает вентиляторы с применением защитных покрытий деталей проточной полости. Разработаны также вентиляторы из пластических материалов. Во время проведения технологических операций и ремонтных работ во взрывоопасных зонах используется искробезопасный инструмент, выполненный из материалов, не дающих искр. Наибольшее распространение получили искробезопасные бериллиевые бронзы. Ударные инструменты (кувалда, молоток и т. п.), выполненные из таких материалов, не образуют искр, так как энергия соударения расходуется на пластическую деформацию материала инструмента.

Разряды статического электричества (СЭ). Под СЭ принято понимать электрические заряды, находящиеся в состоянии относительного покоя, распределенные на поверхности или в объеме диэлектрика или на поверхности изолированного проводника.

Электризацией сопровождаются процессы, протекающие в аппаратах с интенсивным механическим воздействием: смесителях, аппаратах с кипящим слоем, дробилках, мельницах, пневмотранспортных системах и т. п. Электризация отдельных частиц диспергированных материалов происходит при их соударении друг с другом и со стенками технологических аппаратов.

Основная опасность электризации – возможность воспламенения горю-

чей смеси искровыми разрядами СЭ. Токи электризации, как правило, не превышают десятков микроампер. Они не могут вызвать поражение человека. Однако разряды СЭ между телом человека и заряженным объектом вызывают испуг, сопровождающийся произвольными нескоординированными движениями, что может привести к несчастному случаю.

Искровой разряд СЭ воспламеняет горючую смесь, если выделяющаяся в разряде энергия равна или больше минимальной энергии зажигания горючей смеси.

Защита от СЭ должна осуществляться во взрывоопасных зонах, классификация которых приведена в *Правилах устройства электроустановок (ПУЭ)*. Вне взрывоопасных зон защита осуществляется в случае, если СЭ отрицательно влияет на здоровье человека, технологический процесс или качество продукции.

4.6. Классификация взрывоопасных и пожароопасных зон. Выбор электрооборудования для этих зон

На предприятиях химической, нефтеперерабатывающей и смежных отраслей промышленности широко используют и получают в больших количествах вещества и материалы, которые с воздухом могут образовать горючие смеси, способные воспламениться от искр замыкания и размыкания электрических цепей и нагретых частей электрооборудования (электродвигателей, электроосветительных приборов, пускорегулирующей аппаратуры и т. п.).

Для предотвращения пожара и взрыва от источников электрического происхождения во взрывоопасных зонах устанавливается взрывозащищенное электрооборудование.

В пожароопасных зонах применяется электрооборудование общего назначения.

Взрывоопасная зона – помещение или ограниченное пространство в помещении или у наружной установки, в котором имеется или может образоваться взрывоопасная смесь в объеме, требующем специальных мер защиты при конструировании электрооборудования, его монтаже и эксплуатации.

Пожароопасная зона – пространство внутри и вне помещений, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие материалы и вещества в условиях нормального технологического процесса или при его нарушениях.

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

Горючие газы относятся к взрывоопасным при любой температуре окружающей среды.

Легковоспламеняющиеся жидкости, у которых температура вспышки не превышает 61°C , относятся к взрывоопасным.

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

Горючие пыль и волокна относятся к взрывоопасным, если их нижний кон-

центрационный предел распространения пламени не превышает 65 г/м^3 .

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

Взрывозащищенное электрооборудование (электротехническое устройство) – электрооборудование (электротехническое устройство), в котором предусмотрены специальные конструктивные меры, имеющие целью устранение или снижение возможности воспламенения окружающей взрывоопасной среды вследствие эксплуатации этого электрооборудования.

Электрооборудование (электротехническое устройство) общего назначения – электрооборудование, выполненное без учета специфических требований, характерных для определенной отрасли хозяйства или для определенного назначения.

Классификация взрывоопасных и пожароопасных зон

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

При определении взрывоопасных зон принимается:

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

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

в) взрывоопасная зона наружных взрывоопасных установок ограничена размерами, определяемыми ниже (см. зона класса B-Ir).

Зоны класса B-I – зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие газы и пары ЛВЖ в таком количестве и с такими свойствами, что они могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы (загрузка или выгрузка технологических аппаратов и т. д.).

Зоны класса B-Ia – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

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

а) горючие газы в этих зонах обладают высоким нижним концентрационным пределом распространения пламени (15 % и более) и резким запахом при ПДК по ГОСТ 12.1.005-88 (например, машинные залы аммиачных установок и др.);

б) помещения связаны с образованием газообразного водорода; по условиям технологического процесса в них исключается образование взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5 % свободного объема помещения. Взрывоопасная зона условно принимается вверх от отметки 0,75 общей высоты помещения, считая от уровня пола (например, помещение электролиза воды и др.);

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

Зоны класса В-Ig – пространства у наружных технологических установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ (за исключением аммиачных установок).

К зонам класса В-Iг относятся: пространства у проемов за наружными ограждающими конструкциями помещений с взрывоопасными зонами классов В-I, В-Ia и В-II (исключение – проемы окон, заполненные стеклоблоками); пространства у предохранительных и дыхательных клапанов емкостей и аппаратов с горючими газами и ЛВЖ.

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

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

б) 3 м по горизонтали и вертикали от закрытого технологического аппарата, содержащего горючие газы и ЛВЖ;

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

г) 8 м по горизонтали и вертикали от резервуаров с ЛВЖ или горючими газами;

д) 20 м по горизонтали и вертикали от места открытого слива или налива ЛВЖ.

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

Зоны класса В-IIa. К ним относятся помещения, в которых опасные состояния, указанные для помещений класса В-II, не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

Пожароопасные зоны класса П-I. К ним относятся помещения, в которых применяются или хранятся горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 61°C (например, склады минеральных масел, установки регенерации минеральных масел и т. п.).

Пожароопасные зоны класса П-II. К ним относятся помещения, в которых выделяются горючие пыль или волокна, переходящие во взвешенное состояние. Возникающая при этом опасность ограничена пожаром (но не взрывом), что связано с физическими свойствами пыли или волокон (степень измельчения, влажность и т. п., при которых нижний концентрационный предел распространения пламени составляет более 65 г/м³) или обусловлено тем, что содержание их в воздухе по условиям эксплуатации не достигает взрывоопасных концентраций (например, деревообделочные цехи, малозапыленные помещения мельниц и элеваторов).

Пожароопасные зоны класса П-IIa. К ним относятся производственные и складские помещения, содержащие твердые или волокнистые горючие вещества (дерево, ткани и т. п.), причем признаки, указанные для помещений класса П-II, отсутствуют.

Пожароопасные зоны класса П-III. К ним относятся зоны, расположенные

вне помещений, в которых применяются или хранятся горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 61 °С (например, открытые или находящиеся под навесом склады минеральных масел), а также твердые горючие вещества (например, открытые или расположенные под навесом склады угля, торфа, дерева и т. п.).

В производственных помещениях без взрывоопасной зоны, отделенных стенами от взрывоопасной зоны смежных помещений, следует принимать класс взрывоопасной зоны в соответствии с таблицей 4.2.

Таблица 4.2

Класс зоны помещения, смежного с взрывоопасной зоной другого помещения

Класс взрывоопасной зоны	Класс зоны помещения, смежного с взрывоопасной зоной другого помещения и отделенного от нее	
	стенной (перегородкой) с дверью, находящейся во взрывоопасной зоне	стенной (перегородкой) без проемов или с проемами, оборудованными тамбуршлюзами
B-I	B-Ia	Невзрыво- и непожароопасная
B-Ia	B-Iб	То же
B-Iб	Невзрыво- и непожароопасная	»
B-II	B-IIa	»
B-IIa	Невзрыво- и непожароопасная	»

Взрывоопасные зоны с признаками класса B-I допускается относить к классу B-Ia при наличии автоматической сигнализации, действующей при возникновении в любом пункте помещения концентрации горючих газов или паров ЛВЖ, не превышающей 20 % нижнего концентрационного предела распространения пламени.

В таблице 4.3 приводится сопоставление классов взрывоопасных зон по ПУЭ, ГОСТ Р 51330.9-99 и ГОСТ Р 51330.22-99, позволяющее устранить разночтения и осуществить рациональное размещение электротехнического оборудования в таких зонах.

Таблица 4.3

Классы взрывоопасных зон по разным нормативным документам

ПУЭ	ГОСТ 51330.9-99	ГОСТ 51330.22-99
–	0 (взрывоопасная смесь присутствует постоянно или длительно)	–
B-I	1 (существует вероятность присутствия взрывоопасной газовой смеси в нормальных условиях эксплуатации)	–

ПУЭ	ГОСТ 51330.9-99	ГОСТ 51330.22-99
B-Ia	2 (присутствие взрывоопасной смеси в нормальных условиях эксплуатации маловероятно или оно редко и не очень продолжительно)	–
B-Ib	–	–
B-Ir	1 или 2	–
–	–	20 (горючая пыль в виде облака имеется постоянно или часто при нормальном режиме работы оборудования)
B-II	–	21 (горючая пыль в виде облака может присутствовать при нормальном режиме работы оборудования)
B-IIa	–	22 (облако горючей пыли может возникать редко – при ненормальном режиме работы оборудования)

Классификация взрывоопасных зон проводится на стадии проектирования объекта и подлежит дальнейшему анализу и корректированию специалистами эксплуатирующей организации и службой Технологического надзора. Классификация зон проводится специалистами-технологами, которые хорошо знают технологический процесс производства и применяемое оборудование, совместно со специалистами-электриками, инженерами по технике безопасности, специалистами Технологического надзора, персоналом проектных организаций.

В процессе классификации зон в том случае, когда возникают сомнения относить ли зону к менее или более опасной, принципиально следует выбирать наихудший вариант, то есть, например, при возникновении сомнений в том, относить ли пространство к зоне 2 или к зоне 1, нужно всегда прибегать к определению показателя по критериям зоны 1.

На практике почти все источники взрывоопасных веществ являются многоклассовыми, то есть вокруг зоны класса 0 существует зона 1, вокруг зоны 1 еще более обширная по объему зона 2. Пример, иллюстрирующий взрывоопасные зоны различных классов, показан на рис. 4.13, 4.14.

Следует отметить, что в европейской стандартизации зоны, опасные по горючим пылям, выделяются в три самостоятельных класса, также отличающихся временем присутствия взрывоопасной пылевоздушной смеси, и обозначаются как: зона 20, зона 21, зона 22. Возможно, уже в ближайшее время стандарты РФ получат такую же классификацию зон, опасных по горючим пылям.

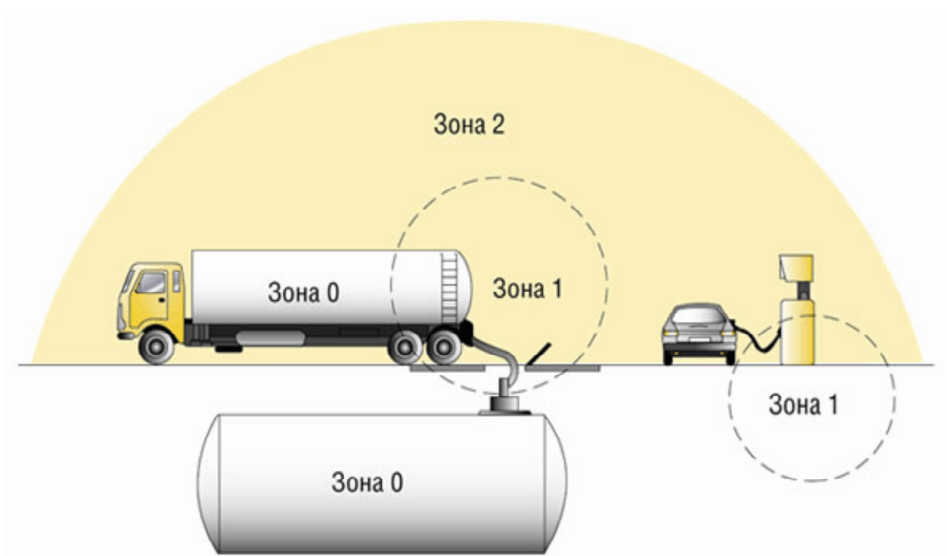


Рис. 4.13. Взрывоопасные зоны на объекте по ГОСТ 51330.9-99

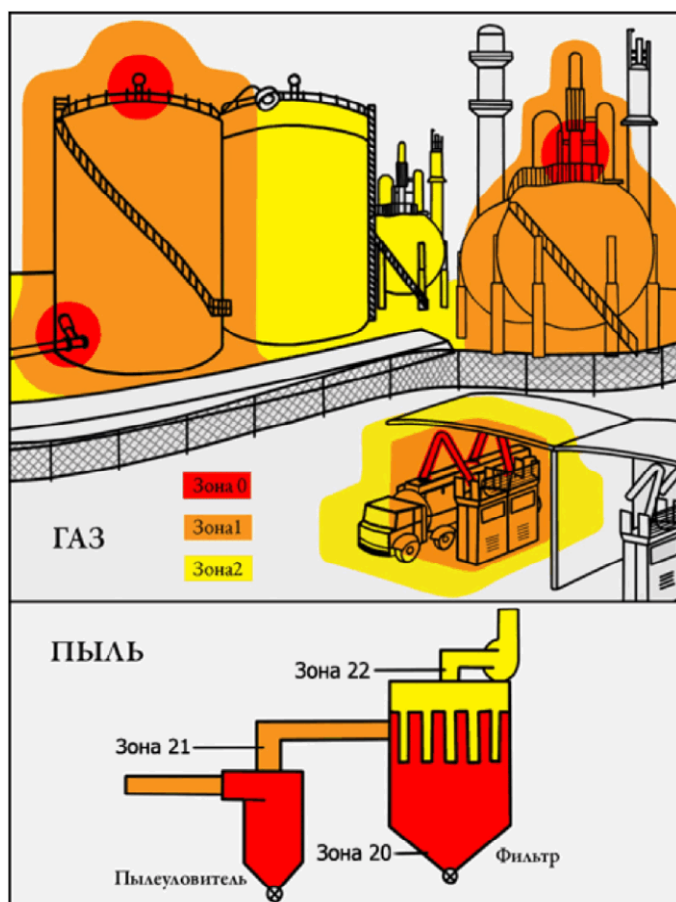


Рис. 4.14. Взрывоопасные зоны различных классов на объекте

Классификация взрывозащищенного электрооборудования

Взрывозащищенное электрооборудование по ПУЭ и ГОСТ 12.2.020-76 в зависимости от области применения подразделяется на следующие группы:

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

II – взрывозащищенное электрооборудование для внутренних и наружных установок (кроме рудничного).

Электрооборудование группы II подразделяется по уровням и видам взрывозащиты, подгруппам и температурным классам.

Под *уровнем (степенью) взрывозащиты* понимается совокупность специальных конструктивных мер и средств, исключающих воспламенение окружающей электрооборудование взрывоопасной среды с заданной вероятностью или, что то же самое, обеспечивающих соответствующий коэффициент безопасности при различных режимах работы электрооборудования.

Установлены следующие уровни взрывозащиты электрооборудования: «электрооборудование повышенной надежности против взрыва», «взрывобезопасное электрооборудование» и «особо взрывобезопасное электрооборудование».

Электрооборудование повышенной надежности против взрыва – электрооборудование, в котором обеспечивается взрывозащита только в нормальном режиме работы. Знак уровня по ГОСТ – 2.

Взрывобезопасное электрооборудование – электрооборудование, обеспечивающее взрывозащиту как при нормальном режиме работы, так и при вероятных повреждениях. Знак уровня – 1.

Особо взрывобезопасное электрооборудование – электрооборудование, в котором по сравнению с взрывобезопасным приняты дополнительные меры взрывозащиты, обеспечивающие взрывозащиту при любых условиях эксплуатации электрооборудования. Знак уровня – 0.

Видом взрывозащиты называется совокупность средств взрывозащиты, установленная нормативными документами.

Виды взрывозащиты электрооборудования могут быть условно разделены на две группы: первая группа допускает возможность взрыва внутри электрооборудования, но исключает его распространение в окружающую среду; *вторая группа* исключает или затрудняет воспламенение взрывоопасной среды либо изоляцией токоведущих частей электрооборудования от окружающей среды, либо ликвидацией опасного искрения или нагрева частей электрооборудования, которые могут прийти в соприкосновение с взрывоопасной средой.

Единственным представителем первой группы является *взрывонепроницаемая оболочка* (см. рис. 4.15), которая рассчитана таким образом, чтобы выдержать давление взрыва внутри нее и предотвратить распространение взрыва из оболочки в окружающую среду. Корпус электрооборудования делается прочным, способным выдержать давление взрыва горючей смеси $P_{взр} = 1$ МПа. Места сопряжения отдельных деталей и узлов оболочек выполняются в виде узких и длинных щелей таким образом, чтобы пламя и продукты взрыва, проходя по ним, остывали до безопасных температур, при которых самовоспламенение окружающей взрывоопасной среды становится невозможным, то есть $\delta_{щели} \leq \text{БЭМЗ}$ (безопасный экспериментальный максимальный зазор).

Взрывонепроницаемые соединения оболочки (корпуса электрооборудования) могут быть плоскими, цилиндрическими, лабиринтными, резьбовыми или комбинированными (см. рис. 4.16). Наибольшая температура нагрева поверхности этого электрооборудования должна быть меньше температуры самовоспламенения окружающей среды.

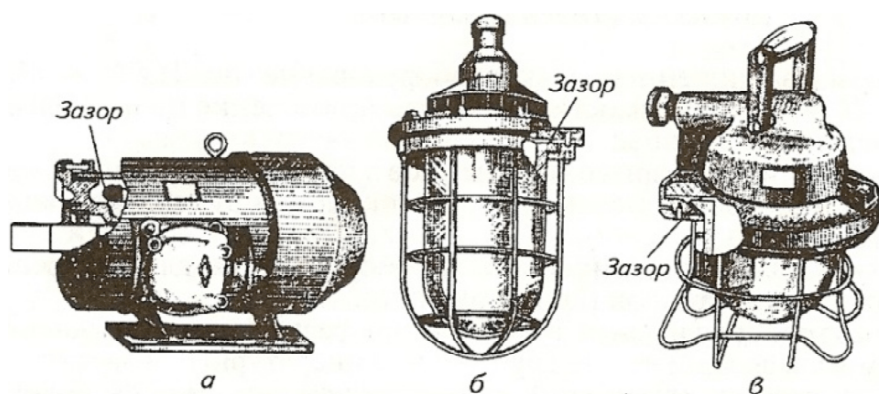


Рис. 4.15. Примеры электрооборудования взрывонепроницаемого исполнения:
а – электродвигатель; *б* – стационарный светильник; *в* – переносной светильник

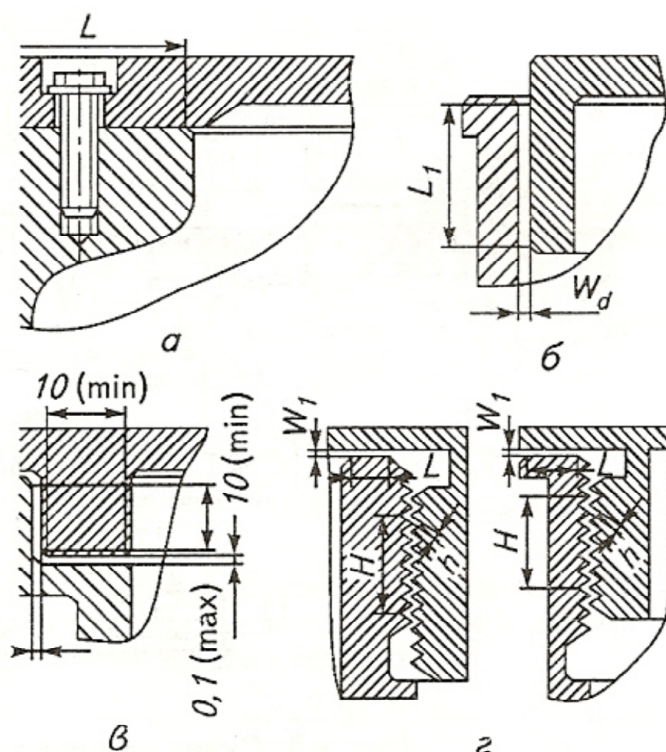


Рис. 4.16. Взрывонепроницаемые соединения:
а – плоское; *б* – цилиндрическое; *в* – лабиринтное; *г* – резьбовое;
 W_1 – ширина щели (зазора) плоского соединения; W_d – то же, но цилиндрического;
 L – длина щели (зазора) плоского соединения; L_1 – то же, но цилиндрического;
 h – ширина зазора резьбового соединения; H – длина резьбового соединения

Электрооборудование с взрывонепроницаемыми оболочками (знак вида взрывозащиты – d) представлено на рисунке 4.17. Оно испытывается на взрывоустойчивость и взрывонепроницаемость в герметичной взрывной

камере (см. рис. 4.18). В испытываемой оболочке устанавливаются источник поджигания взрывоопасной смеси, устройство для подвода и перемешивания смеси внутри оболочки, датчики давления, температуры, размеров взрывонепроницаемых зазоров.

Оболочка считается выдержавшей испытание, если ни в одном из трех опытов не произошло поджигание горючей смеси во взрывной камере и отсутствовали деформации и видимые повреждения оболочки.

Электрооборудование с этим видом взрывозащиты может изготавливаться с двумя уровнями взрывозащиты: взрывобезопасное электрооборудование и особо взрывобезопасное электрооборудование.

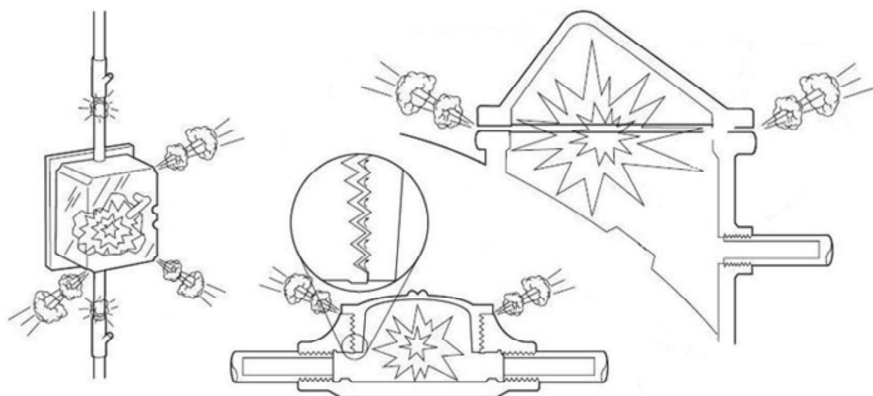


Рис. 4.17. Электрооборудование с взрывонепроницаемыми оболочками

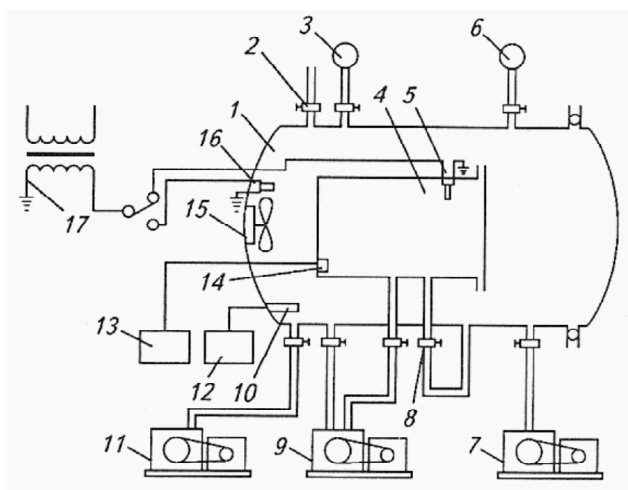


Рис. 4.18. Схема установки для испытаний на взрывоустойчивость, взрывонепроницаемость:

- 1 – взрывная камера; 2 – газовый вентиль; 3 – манометр; 4 – испытываемое электрооборудование; 5, 16 – источник поджигания смеси; 6 – вакуумметр; 7, 11 – вакуум-насосы; 8 – соединительный трубопровод системы перемешивания смеси; 9 – насос для перемешивания смеси; 10 – датчик контроля температуры смеси; 12 – прибор контроля температуры; 13 – прибор для измерения давления взрыва; 14 – датчик давления взрыва; 15 – вентилятор перемешивания смеси; 17 – высоковольтный источник системы поджигания

Виды взрывозащиты второй группы могут быть подразделены на две подгруппы.

В первую подгруппу входят виды, предусматривающие изоляцию от взрывоопасной среды токоведущих и находящихся под напряжением частей (способных вызвать воспламенение среды) маслом или жидким негорючим диэлектриком, сыпучим заполнителем (кварцевым песком), чистым воздухом или инертным газом.

Вторую подгруппу представляют такие виды взрывозащиты, как «искробезопасная электрическая цепь», и защита вида «е».

Заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением защитным газом. Обозначение – буква р. Электрооборудование заключено в плотно закрытые оболочки, продуваемые чистым воздухом по замкнутому или разомкнутому циклу вентиляции. Внутри оболочек во время работы электрооборудования поддерживается избыточное давление, предотвращающее засасывание в корпус взрывоопасных смесей из окружающей среды. Рабочее давление составляет 250 Па (25 мм вод. ст.). При снижении давления до 100 Па (10 мм вод. ст.) электропитание должно отключаться специальной защитой. Схема электродвигателя в продуваемом исполнении с замкнутым типом вентиляции изображена на рисунке 4.19.

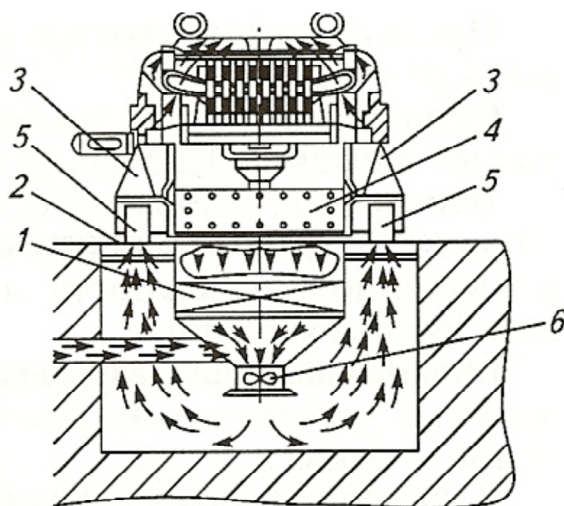


Рис. 4.19. Схема электродвигателя в продуваемом исполнении с замкнутым циклом вентиляции:

- 1 – подводящий воздуховод; 2 – воздухоохладитель; 3 – вентиляционные люки;
4 – боковой люк; 5 – места присоединения приборов контроля избыточного давления; 6 – вентилятор

В продуваемом исполнении изготавливают электрооборудование мощностью 300 кВт и более. Электрооборудование с этим видом взрывозащиты может изготавливаться с двумя уровнями взрывозащиты: электрооборудование повышенной надежности против взрыва и взрывобезопасное электрооборудование.

Кварцевое заполнение оболочки с токоведущими частями. Обозначение – буква q. Токоведущие части электрооборудования помещаются в оболочку,

заполненную сухим кварцевым песком определенного гранулированного состава (от 0,25 до 1,6 мм). Этот вид исполнения наиболее приемлем для стационарного силового электрооборудования, не имеющего подвижных элементов. Взрывозащита этого вида определяется толщиной защитного слоя песка между токоведущими частями и окружающей атмосферой, который зависит от расчетного тока дугового трехфазного короткого замыкания на выводах электрооборудования.

Электрооборудование с этим видом взрывозащиты может изготавливаться с двумя уровнями взрывозащиты: взрывобезопасное электрооборудование и особо взрывобезопасное электрооборудование.

Масляное заполнение оболочки с токоведущими частями. Обозначение – буква о. В основе этого вида взрывозащиты положены те же принципы, что и при кварцевом заполнении оболочки, с той разницей, что в качестве средства взрывозащиты используется слой масла (или жидкого негорючего диэлектрика) над токоведущими частями. Уровень масла над неискрящими элементами должен быть не менее 10 мм, над искрящими – 25 мм (см. рис. 4.20).

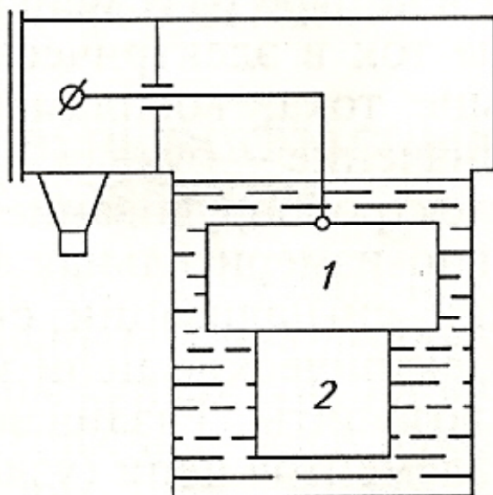


Рис. 4.20. Схема электрооборудования маслянозаполненного исполнителя:
1 – неискрящие электрические части; 2 – нормально искрящие электрические части

Масляное заполнение оболочки находит ограниченное применение в практике обеспечения взрывозащиты электрооборудования. Предельная температура верхнего слоя масла не должна превышать 80–115 °С.

Оболочка выполняется герметичной и рассчитывается на избыточное давление 0,2 МПа (2 кгс/см²).

Электрооборудование с этим видом взрывозащиты может изготавливаться с уровнями взрывозащиты: электрооборудование повышенной надежности против взрыва и взрывобезопасное электрооборудование.

Специальный вид взрывозащиты основан на принципах, признанных достаточными для обеспечения взрывозащиты. Обозначение – буква s.

В настоящее время в качестве специальных средств взрывозащиты применяются заливка токоведущих частей термореактивными компаундами (например, эпоксидными) и герметичные оболочки, которые должны быть рассчитаны на внутреннее избыточное давление не менее 0,05 МПа.

Электрооборудование с этим видом взрывозащиты может изготавливаться с тремя уровнями взрывозащиты: электрооборудование повышенной надежности против взрыва, взрывобезопасное электрооборудование и особо взрывобезопасное электрооборудование.

Искробезопасная электрическая цепь – электрооборудование, в котором мощность электрического искрения или нагрев элементов цепи недостаточны для воспламенения окружающей среды. Приняты меры по ограничению токов и напряжений с помощью специальных искрогасящих шунтов и ограничителей (сопротивления, дроссели, конденсаторы), по отделению этих электрических цепей от силовоточных, экранизации от внешних наводок, атмосферных разрядов и т. п.

Параметры ограничительных элементов цепи рассчитываются таким образом, чтобы энергия искр замыкания и размыкания была в четыре раза меньше минимальной энергии зажигания или чтобы ток в электрической цепи при замыкании был в 1,5 раза меньше тока, воспламеняющего окружающую горючую смесь. Обозначение – буква *i*.

Электрооборудование с таким видом взрывозащиты – это контрольно-измерительная аппаратура, автоматика, системы телемеханики, сигнализации, связи.

Электрические цепи могут проектироваться с тремя уровнями взрывозащиты. Различаются эти уровни количеством повреждений элементов цепи (узлов или блоков).

Во взрывоопасных зонах могут располагаться как все элементы системы целиком (тогда все искробезопасные цепи заключаются обычно во взрывонепроницаемую оболочку), так и только датчиковые устройства, а остальная часть выносится за пределы взрывоопасной зоны (см. рис. 4.21).

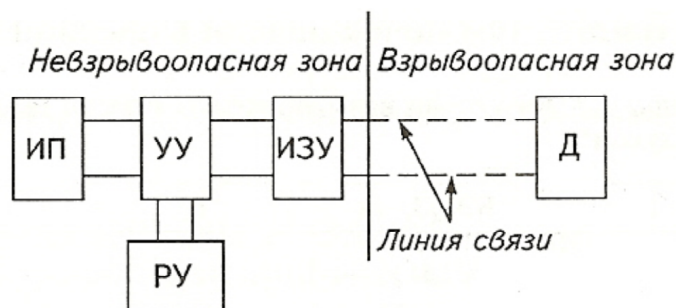


Рис. 4.21. Блок-схема электрической системы с искробезопасными внешними цепями:

ИП – источник питания; УУ – усилительное устройство; ИЗУ – искрозащитное устройство; Д – датчик (термометр сопротивления, термопара и т. д.)

Защита вида «е» применяется в электрооборудовании, не имеющем нормально искрящих и нагретых до опасной температуры частей. Применяются специальные меры, резко снижающие вероятность выхода электрооборудования из строя. К ним относятся: применение высококачественных материалов, защита оболочек от внешних воздействий, снижение тепловой нагрузки на изоляцию и т. п. Обозначение – буква *e*.

Высококачественная изоляция токоведущих частей является одной из важнейших мер при создании электрооборудования вида «е». Температура изоляции при номинальном режиме должна быть снижена не меньше чем на 10 °С по сравнению с электрооборудованием общего назначения.

Электрооборудование вида «е», которое может подвергаться при работе перегрузкам, например электродвигатели, должно эксплуатироваться с электрической или тепловой защитой.

Электрооборудование может изготавливаться с двумя уровнями взрывозащиты: электрооборудование повышенной надежности против взрыва и взрывобезопасное электрооборудование.

Категории и группы взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом

В зависимости от БЭМЗ – безопасного экспериментального максимального зазора между фланцами испытательной оболочки, через который не происходит передача взрыва из оболочки в окружающую среду при любой концентрации горючей смеси в воздухе, и относительной величины – минимального тока воспламенения (МТВ), представляющего собой соотношение между минимальным током воспламенения испытуемого газа или пара и минимальным током воспламенения метана, взрывоопасные смеси с воздухом горючих газов и паров ЛВЖ подразделяются в соответствии с ГОСТ 12.1.011-78 и ПУЭ на категории (см. табл. 4.4).

Таблица 4.4

Категории взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом

Категория смеси	БЭМЗ, мм	МТВ
II	–	–
IIA	> 0,9	> 0,8
IIB	> 0,5 до 0,9 (вкл.)	> 0,45 до 0,8 (вкл.)
IIC	до 0,5 (вкл.)	до 0,45 (вкл.)

Категории взрывоопасной смеси IIA, IIB и IIC распространяются на два вида взрывозащиты электрооборудования: «взрывонепроницаемая оболочка» и «искробезопасная электрическая цепь».

Электрооборудование группы II – для внутренней и наружной установки (кроме рудничного) – в зависимости от значения предельной температуры самовоспламенения веществ подразделяется на шесть температурных классов, соответствующих группам взрывоопасных смесей (см. табл. 4.5).

Таблица 4.5

Группы взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом

Температурный класс электрооборудования	Предельная температура, °С	Группа взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным
T1	450	T1
T2	300	T1, T2

Температурный класс электрооборудования	Предельная температура, °С	Группа взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным
T3	200	T1, T2, T3
T4	135	T1, T2, T3, T4
T5	100	T1, T2, T3, T4, T5
T6	85	T1, T2, T3, T4, T5, T6

Взрывоопасные смеси газов и паров с воздухом в зависимости от температуры самовоспламенения подразделяются на шесть групп (см. табл. 4.6). Из таблицы видно, что опасность взрывоопасных смесей увеличивается с уменьшением их температуры самовоспламенения.

Таблица 4.6

Группы взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом по температуре воспламенения

Группа взрывоопасных смесей	Температура воспламенения смеси, °С	Группа взрывоопасных смесей	Температура воспламенения смеси, °С
T1	> 450	T4	135–200
T2	300–450	T5	100–135
T3	200–300	T6	85–100

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

Надежная и безопасная эксплуатация электрооборудования может быть обеспечена только в том случае, если его исполнение соответствует окружающей среде. Взрывозащищенное электрооборудование, выполненное для работы с взрывоопасными смесями горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом, сохраняет взрывозащиту, если находится в среде с взрывоопасной смесью тех категорий и групп, для которых выполнена его взрывозащита, или находится в среде с взрывоопасной смесью менее опасной категории и группы.

Если во взрывоопасной зоне находится несколько веществ и любое способно создать взрывоопасную смесь, то выбор электрооборудования производят по наиболее опасному веществу.

При выборе электрооборудования для взрывоопасных зон необходимо:

- на основе анализа свойств веществ и материалов, применяемых в технологическом процессе, определить класс взрывоопасной зоны;
- определить категорию и группу смеси;
- определить исполнение электрооборудования с учетом требований ПУЭ и соответствующих ГОСТ;
- по справочникам (каталогам) выбрать конкретный тип взрывозащищенного электрооборудования (его маркировку).

Во взрывоопасных зонах класса В-I устанавливают взрывозащищенное электрооборудование с видами взрывозащиты *d, p, o, s, i* (для соответствующих категорий и групп взрывоопасных смесей). Допустимый уровень взрывозащиты – 0, 1.

Во взрывоопасных зонах классов В-Ia и В-Iz устанавливают взрывозащищенное электрооборудование с любым видом взрывозащиты (для соответствующих категорий и групп взрывоопасных смесей) – для аппаратов и приборов с искрящими частями или подверженных по условиям работы нагреву выше 80 °С. Допустимый уровень взрывозащиты – 2.

Во взрывоопасных зонах класса В-1б допускается невзрывозащищенное электрооборудование (но без нормально искрящих частей). Оболочка должна иметь степень защиты не менее IP44 (см. табл. 4.7).

Во взрывоопасных зонах класса В-II допускается применять электрооборудование, предназначенное для работы в средах с взрывоопасными смесями газов и паров с воздухом. Допустимый уровень взрывозащиты – 0, 1.

Во взрывоопасных зонах класса В-IIa допускается применять невзрывозащищенное электрооборудование с температурой поверхности, на которую могут осесть горючая пыль или волокна, на 50 °С ниже температуры тления пыли (для тлеющих пылей) или ниже 2/3 температуры самовоспламенения (для нетлеющих пылей). Оболочка должна иметь степень защиты IP54 (см. табл. 4.7).

Маркировка взрывозащищенного электрооборудования

Маркировка взрывозащищенного электрооборудования по ГОСТ 12.2.020-76 содержит знаки в такой последовательности: знак уровня взрывозащиты; знак Ex, указывающий, что электрооборудование соответствует ГОСТ и стандартам на виды взрывозащиты; знак вида взрывозащиты; знак группы или подгруппы электрооборудования; знак температурного класса.

Маркировка по взрывозащите наносится на электрооборудование в виде цельного, не разделенного на части знака, помещенного в прямоугольнике:

2ExpIICT3

Взрывозащищенное электрооборудование может быть выполнено как с одним видом взрывозащиты, так и с несколькими в различных комбинациях:

IExsdIIAT5, 2ExdII BT5, IExedqIICT5, 0ExsIICT6.

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

Выбор и маркировка электрооборудования для пожароопасных зон

Электрооборудование общего назначения или общепромышленное электрооборудование устанавливается в пожароопасных зонах.

На оболочке (корпусе) такого электрооборудования или на табличке с его паспортными данными наносят условные обозначения степени защиты оболочки по ГОСТ 14254-96.

Она обозначается латинскими буквами IP (International Protection). Следующие за ними две цифры означают: первая цифра – степень защиты пер-

сонала от соприкосновения с токоведущими частями и попадания внутрь оболочки твердых посторонних тел; вторая – степень защиты электрооборудования от проникновения внутрь оболочки воды.

В таблице 4.7 приведены наиболее часто встречающиеся степени защиты оболочек электрооборудования, а в табл. 4.8 и 4.9 приведены степени защиты от попадания внутрь оболочек твердых сторонних тел и воды.

Таблица 4.7

Степень защиты оболочек электрооборудования

Первая цифра – защита от попадания посторонних тел	Вторая цифра – защита от проникновения воды								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	IP00	IP01	–	–	–	–	–	–	–
1	IP10	IP11	IP12	IP13	–	–	–	–	–
2	IP20	IP21	IP22	IP23	–	–	–	–	–
3	IP30	IP31	IP32	IP33	IP34	–	–	–	–
4	IP40	IP41	IP42	IP43	IP44	–	–	–	–
5	–	–	–	–	IP54	IP55	IP56	–	–
6	–	–	–	–	–	IP65	IP66	IP67	–
7	–	–	–	–	–	–	–	–	IP78

Таблица 4.8

Степень защиты электрооборудования от попадания внутрь оболочки твердых посторонних тел

Первая цифра	Степень защиты изделия	
	Определение	Краткое описание
0	Защита отсутствует 	Специальная защита отсутствует
1	Защита от твердых тел размером более 50 мм 	Защита от проникновения внутрь оболочки, например, руки, и от проникновения тел размером свыше 50 мм

Первая цифра	Степень защиты изделия	
	Определение	Краткое описание
2	Защита от твердых тел размером более 12 мм 	Защита от проникновения внутрь оболочки пальцев или предметов длиной не более 800 мм и от проникновения твердых тел размером свыше 12 мм
3	Защита от твердых тел размером более 2,5 мм 	Защита от проникновения внутрь оболочки инструментов, проволоки диаметром более 2,5 мм и от проникновения твердых тел размером 2,5 мм
4	Защита от твердых тел размером более 1,0 мм 	Защита от проникновения внутрь оболочки проволоки диаметров 12 мм и от проникновения твердых тел размером более 1,0 мм
5	Защита от пыли 	Проникновение пыли внутрь оболочки не предотвращено полностью, однако пыль не может проникать в количестве, достаточном для нарушения работы изделия
6	Пыленепроницаемость 	Проникновение пыли предотвращено полностью

Таблица 4.9

**Степень защиты электрооборудования (изделия)
от попадания внутрь оболочки воды**

Вторая цифра	Степень защиты изделия	
	Определение	Краткое описание
0	Защита отсутствует 	Специальная защита отсутствует
1	Защита от капель воды 	Капли воды, вертикально падающие на оболочку, не должны оказывать вредного воздействия на изделие
2	Защита от капель воды при наклоне изделия до 15° 	Капли воды, вертикально падающие на оболочку, не должны оказывать вредного воздействия на изделие при наклоне оболочки на любой угол до 15 ° относительно нормального положения
3	Защита от дождя 	Дождь, попадающий на оболочку под углом 60 ° к вертикали, не должен оказывать вредного воздействия на изделие
4	Защита от брызг 	Вода, разбрызгиваемая на оболочку в любом направлении, не должна оказывать вредного воздействия на изделие

Вторая цифра	Степень защиты изделия	
	Определение	Краткое описание
5	Защита от водяных струй 	Струя воды, выбрасываемая в любом направлении на оболочку, не должна оказывать вредного воздействия на изделие
6	Защита от волн воды 	Вода при волнении не должна попадать внутрь оболочки в количестве, достаточном для повреждения изделия
7	Защита при погружении в воду 	Вода не должна проникать в оболочку, погруженную в воду, при определенном давлении и на протяжении определенного времени в количестве, достаточном для повреждения изделия
8	Защита при длительном погружении в воду 	Изделия пригодны для длительного погружения в воду при условиях, установленных изготовителем. <i>Примечание:</i> для некоторых типов изделий допускается проникновение воды внутрь оболочки, но без нанесения вреда изделию

В случае необходимости допускается дополнительной прописной буквой латинского алфавита указывать в стандартах или технических условиях на изделия конкретных серий и типов дополнительные данные.

Буквы S, M или W должны использоваться только со следующими значениями:

S – испытано на проникновение воды, когда изделие не работает;

M – испытано на проникновение воды, когда изделие работает;

W (следует сразу после IP) – изделие с таким обозначением предусмотрено для использования в особых климатических условиях при осуществлении дополнительной защиты конструкции изделия или самого изделия в процессе эксплуатации.

Отсутствие дополнительных букв означает, что изделие соответствует данной степени защиты во всех нормальных условиях работы.

Если для электрооборудования не требуется один из видов защиты или испытания по данному виду защиты не производятся, то в условном обозначении допускается проставлять знак «Х» вместо цифрового обозначения. Например: IPX2, IP3X и т. д.

При выборе электрооборудования, устанавливаемого в пожароопасных зонах, необходимо учитывать также условия окружающей среды (химическую активность, атмосферные осадки и т. п.) – п. 7.4.11 ПУЭ.

В пожароопасных зонах любого класса следует применять электродвигатели с классами напряжения до 10 кВ при условии, что они имеют степень защиты оболочки по ПУЭ не менее указанной в таблице 4.10

Таблица 4.10

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

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

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте определение следующим понятиям: «горение», «пожар», «взрыв», «воспламенение», «самовозгорание», «тление», «пожарная безопасность», «взрывобезопасность».
2. Что необходимо для возникновения и развития процесса горения?
3. Охарактеризуйте виды горения в зависимости от агрегатного состояния горючих веществ.
4. Охарактеризуйте два режима горения.
5. Почему в результате детонации пламя приводит к быстрому нагреву и самовоспламенению смеси?
6. Самовоспламенение: определение, виды, определение температуры самовоспламенения.
7. Показатели пожаро-, взрывоопасности веществ и материалов.
8. Охарактеризуйте схему концентрационных пределов распространения пламени.
9. Что такое температура самовоспламенения?
10. Оценка пожароопасности жидкостей.
11. Оценка пожаровзрывоопасности горючих пылей.

12. Склонность веществ к самовозгоранию. Схема развития процесса самовозгорания. Виды самовозгорания.
13. Аппараты с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями (ЛВЖ и ГЖ). Правила безопасной эксплуатации.
14. Аппараты с горючими газами. Правила безопасной эксплуатации.
15. Аппараты с горючими пылями. Правила безопасной эксплуатации.
16. Аппараты с открытой поверхностью испарения жидкостей. Правила безопасной пожарной эксплуатации.
17. Аппараты с дыхательными устройствами. Правила безопасной пожарной эксплуатации.
18. Аппараты периодического действия. Правила безопасной пожарной эксплуатации.
19. Герметично закрытые аппараты, работающие под давлением. Правила безопасной пожарной эксплуатации.
20. Охарактеризуйте тепловые источники зажигания.
21. Классификация взрывоопасных и пожароопасных зон. Выбор электрооборудования для этих зон.
22. Какие вы знаете классы взрывоопасных зон по разным нормативным документам?
23. Какие вы знаете категории и группы взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом?
24. Общие требования к взрывозащищенному электрооборудованию.
25. Маркировка взрывозащищенного электрооборудования.
26. Степени защиты электрооборудования от попадания внутрь оболочки твердых посторонних тел.
27. Степени защиты электрооборудования от попадания внутрь оболочки воды.

Интерактивные формы занятий

1. Разминка

Цель: актуализация обсуждаемых ситуаций и выполняемых действий при изучении темы «Пожаровзрывоопасные свойства веществ и материалов» на занятии.

Рекомендуемые темы ситуаций:

- поддержание температуры и давления среды, при которых распространение пламени исключается;
- изменение устройств защиты технологических систем (элементов) с горючими веществами от повреждений и аварии, установкой отключающих, отсекающих и других устройств;
- предотвращение образования в горючей среде источников зажигания;
- исключение возможности появления искрового разряда в горючей среде;
- применение неискрового инструмента при работе с ЛВЖ и горючими газами;
- ликвидация условий для теплового, химического и (или) микробиологического самовозгорания обращающихся веществ, материалов, изделий и конструкций;
- устранение контактов с воздухом пиррофорных веществ;
- устройство аварийного слива пожароопасных жидкостей и аварийного стравливания горючих газов из аппаратуры;
- очистка территории от горючих отходов, отложений пыли, пуха и т. д.;
- замена ЛВЖ и ГЖ на пожаробезопасные технические моющие средства.

2. Моделирование производственных процессов

Тема: «Метод экспериментального определения температуры тления твердых веществ и материалов».

Цель: эффективное решение имитации реальных условий конкретных специфических операций, моделирование соответствующего рабочего процесса определения температуры тления твердых веществ и материалов.

Обеспечение занятия: прибор ОТП для измерения температурных показателей пожарной опасности, образец исследуемого вещества (уголь, текстиль).

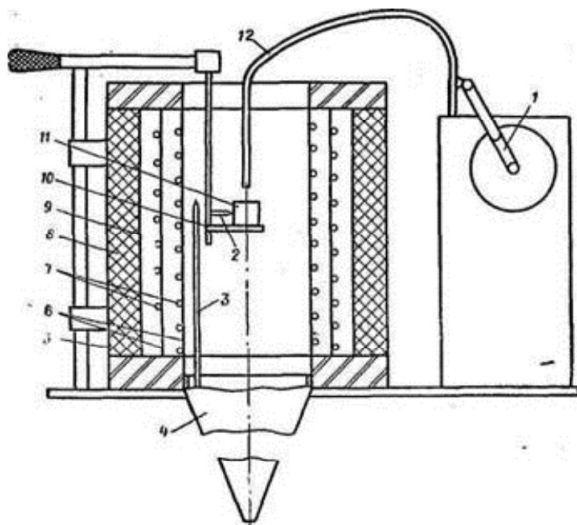


Рис. 4.22. Схема установки для измерения температурных показателей пожарной опасности:

- 1 – кривошипный механизм; 2 – термопара; 3 – термопара; 4 – воздушный эжектор; 5 – кожух; 6 – цилиндры из кварцевого стекла; 7 – электроспираль; 8 – теплоизоляция; 9 – тепловой экран; 10 – держатель образца; 11 – контейнер для образца; 12 – газовая горелка для измерения температуры

Этапы работы:

1) подготовка к испытаниям:

- для испытаний готовят 10–15 образцов исследуемого вещества (материала) массой $(3,0 \pm 0,1)$ г. Образцы ячеистых материалов должны иметь цилиндрическую форму диаметром (45 ± 1) мм; в образце делают сквозное отверстие диаметром (20 ± 1) мм со смещением от центра на $(3,5 \pm 0,2)$ мм для ввода горелки;
- пленочные и листовые материалы набирают в стопку диаметром (45 ± 1) мм, накладывая слои друг на друга до достижения указанной массы;
- перед испытанием образцы кондиционируют в соответствии с требованиями ГОСТ 12423 или технических условий на материал. Образцы должны характеризовать средние свойства исследуемого вещества (материала);
- в зависимости от объема образца определяют с помощью шаблонов и фиксируют положение контейнера внутри камеры и расстояние между газовой горелкой и поверхностью образца;
- газовую горелку в данном методе используют как магистраль для принудительной подачи воздуха на образец. Для этого необходимо включить

микрокомпрессор, обеспечивающий расход воздуха $0,7 \text{ л} \cdot \text{мин.}^{-1}$, и полностью открыть вентиль расхода воздуха;

2) проведение испытаний:

- нагревают реакционную камеру до температуры начала разложения исследуемого вещества (материала) или до 300°C ;

- извлекают из реакционной камеры держатель с контейнером. За время не более 15 с помещают образец в контейнер и вводят его в реакционную камеру. Опускают внутрь реакционной камеры горелку;

- если при температуре испытания образец тлеет (наблюдается свечение) более 5 с, то испытание прекращают, контейнер извлекают из камеры и освобождают от продуктов тления. Следующее испытание с новым образцом проводят при меньшей температуре (например, на 50°C меньше);

- если в течение 20 мин. образец не тлеет, испытание прекращают и в протоколе отмечают отказ. Методом последовательных приближений определяют минимальную температуру, при которой за время выдержки в печи не более 20 мин. наблюдается тление образца, а при температуре на 10°C меньше тление отсутствует;

3) оценка результатов:

- за температуру тления принимают среднее арифметическое значение двух температур, отличающихся не более чем на 10°C , при одной из которых наблюдается тление трех образцов, а при другой – три отказа. Полученное значение температуры округляют с точностью до 5°C ;

- сходимость метода при доверительной вероятности 95 % не должна превышать 7°C ;

- воспроизводимость метода при доверительной вероятности 95 % не должна превышать 20°C ;

- условия и результаты испытаний регистрируют в протоколе, форма которого приведена ниже.

ПРОТОКОЛ

определения температуры воспламенения

(самовоспламенения или тления) твердых веществ и материалов

Дата _____ Наименование, состав и физико-химические свойства вещества _____
Условия в помещении: _____
температура, $^\circ\text{C}$ _____
атмосферное давление, кПа _____
относительная влажность, % _____

Характеристика измерительных приборов _____

Номер образца для испытания	Температура испытания, $^\circ\text{C}$	Результат испытания	Особенности испытания

Фамилия студента _____

3. Дискуссия

Цель: достижение убедительного обоснования причинно-следственных

связей крупных пожаров на производстве, причин их возникновения, масштабов и последствий, не имеющих первоначальной ясности для всех участников дискуссии.

Место	Дата	Описание	Масштаб
Нью-Йорк	25 марта 1911 г.	Пожар на фабрике «Трайангл»	Крупнейшая производственная катастрофа города. Погибло 146 рабочих фабрики
Игарка	27 июля 1962 г.	Пожар на складе готовой продукции Игарского лесопильно-перевалочного комбината	Уничтожено 159,2 тыс. м ³ пиломатериалов, сгорели 65 жилых и административных зданий города
Поселок Машинистов, Самарская область	20 сентября 1980 г.	Утечка из железнодорожной цистерны со сжиженным газом	Погиб 41 человек, и еще около 200 получили ожоги и травмы различной степени тяжести
San Juanico, Мексика	1984 г.	Взрыв и пожар в хранилище сжиженных углеводородных газов	500...600 человек погибли, 5000...6000 человек получили ожоги
Базель, химкомбинат «Sandoz»	1986 г.	Пожар на складах крупного химического комбината. Выброс около 30 тонн пестицидов, загрязнение Рейна	Масштабная гибель рыбы
Завод двигателей ОАО «КАМАЗ»	14 апреля 1993 г.	Полностью были уничтожены производственный корпус и все технологическое оборудование	Погибших и пострадавших нет
Мексиканский залив	20 апреля 2010 г.	Взрыв нефтяной платформы «Deepwater Horizon»	Одна из крупнейших техногенных катастроф в мировой истории: в результате разлива нефти было загрязнено более 171 мили побережья Мексиканского залива. Более 57000 кв. миль площади залива закрыто для ведения рыболовной деятельности. Предположительно в воды залива попало 800 000 баррелей нефти

Используемая литература

1. Федеральный закон РФ от 5 марта 1992 г. № 2446-1 «О безопасности».
2. Федеральный закон РФ от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».
3. Федеральный закон РФ от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
4. Федеральный закон РФ от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
5. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
6. ГОСТ 12.1.033-81 ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения.
7. ГОСТ 12.1.041-83 ССБТ. Пожаровзрывобезопасность горючих пылей. Общие требования.
8. ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
9. ГОСТ 12.1.114-82 ССБТ. Пожарные машины и оборудование. Обозначения условные, графические.
10. ГОСТ 12.2.047-86 ССБТ. Пожарная техника. Термины и определения.
11. ГОСТ 12.4.009-83 ССБТ. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание.
12. ГОСТ Р 12.3.047-98 ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
13. ГОСТ Р 12.4.200-99 ССБТ. Одежда специальная для защиты от тепла и огня. Метод испытаний при ограниченном распространении пламени.
14. ГОСТ Р 50571.8-94 (ГОСТ 30331.8-95). Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Общие требования по применению мер защиты для обеспечения безопасности. Требования по применению мер защиты от поражения электрическим током.
15. НПБ 248-97 Кабели и провода электрические. Показатели пожарной опасности. Методы испытаний.
16. ППБ 01-93 Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.
17. Абрамова, С. В. Безопасность жизнедеятельности: теория, методика, практика, культура : словарь-справочник / авт.-сост.: С. В. Абрамова, Е. Н. Бояров, А. С. Ломов. – Южно-Сахалинск : изд-во СахГУ, 2011. – 536 с.
18. Азбука пожарной безопасности / сост.: И. К. Мыльников, В. М. Ардашев, В. В. Фабер и др. – СПб., 2000.
19. Арустамов, Э. А. Безопасность жизнедеятельности / Э. А. Арустамов. – М. : Академия, 2009. – 274 с.
20. Баратов, А. Н. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения : справочник / А. Н. Баратов, А. Я. Корольченко, Г. Н. Кравчук и др. – М., 1990.
21. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности : учеб. для вузов / С. В. Белов. – М. : Академия, 2009. – 329 с.
22. Косолапова, Н. В. Основы безопасности жизнедеятельности : учебник / Н. В. Косолапова. – М. : Академия, 2010. – 287 с.
23. Корольченко, А. Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения / А. Я. Корольченко. – М. : Пожнаука, 2004. – 321 с.
24. Крюков, Р. В. Безопасность жизнедеятельности : конспект лекций / Р. В. Крюков. – М. : А-Приор, 2011. – 263 с.
25. Кукин, П. П. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда) : учебное пособие для вузов / П. П. Кукин, В. Л. Лапин. – М. : Высш. шк., 2006. – 279 с.
26. Монахов, А. Ф. Безопасность жизнедеятельности : лабораторный

практикум / А. Ф. Монахов. – М. : изд. дом МЭИ, 2009. – 371 с.

27. Оглезнев, А. В. Промышленная безопасность опасных производственных объектов : метод. пособие / А. В. Оглезнев. – Пермь : Припит, 2008. – 120 с.

28. Повзик, Я. С. Справочник руководителя тушения пожара / Я. С. Повзик. – М., 2000.

29. Пожарная безопасность : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / Л. А. Михайлов, В. П. Соломин, О. Н. Русак и др. ; под ред. Л. А. Михайлова. – М. : изд. центр «Академия», 2013. – 224 с. – (Сер. Бакалавриат).

30. Собурь, С. В. Краткий курс пожарно-технического минимума : учебное пособие / С. В. Собурь. – М. : ПожКнига, 2007 – 296 с. : илл.

РАЗДЕЛ V. КАТЕГОРИРОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ, ЗДАНИЙ И НАРУЖНЫХ УСТАНОВОК ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ. ГОРЮЧЕСТЬ И ОГНЕСТОЙКОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ. ПОЖАРО- И ВЗРЫВОЗАЩИТА

5.1. Категорирование помещений и зданий

Оценка пожаровзрывоопасности различных объектов производится с учетом пожаровзрывоопасных свойств и количеств обращающихся веществ и материалов, а также с учетом особенностей технологических процессов размещенных в них производств. Она заключается в определении возможных разрушительных воздействий пожаров и взрывов на эти объекты, а также воздействий опасных факторов пожаров и взрывов на обслуживающий персонал.

Основопологающим документом по определению категорий помещений и зданий производственного и складского назначения по взрывопожарной и пожарной опасности является НПБ 105-03.

Категории помещений и зданий, определенные в соответствии с НПБ 105-03, используют для установления нормативных требований по обеспечению взрывопожарной и пожарной безопасности в отношении планировки и застройки, этажности, конструктивных решений, предусматривающих защиту помещений и зданий от пожаров и взрывов. Мероприятия по обеспечению безопасности обслуживающего персонала назначаются в зависимости от пожароопасных свойств и количеств веществ и материалов в соответствии с ГОСТ 12.1.004-91 и ГОСТ 12.1.044-89.

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

В основу оценки взрывопожарной и пожарной опасности производственных помещений положен энергетический подход, заключающийся в оценке расчетного избыточного давления взрыва в помещении и сравнении его с допустимым. Предельно допустимое избыточное давление при сгорании газо-, паро-, пылевоздушных смесей в помещениях, когда наступает нижний порог повреждения человека взрывной волной, принимается равным 5кПа.

По пожарной и взрывопожарной опасности помещения (помещения производственного и складского назначения) и здания независимо от их функционального назначения подразделяются на категории А, Б, В1–В4, Г, Д (см. табл. 5.1).

Категорирование помещений по НПБ 105-03

Категория помещения	Характеристика вещества и материалов, находящихся в помещении
А (помещения повышенной взрывопожароопасности)	Помещения, в которых находятся (обращаются) горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа (килопаскалей), и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б (помещения взрывопожароопасности)	Помещения, в которых находятся (обращаются) горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается избыточное расчетное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа
В1–В4 (помещения пожароопасные)	Помещения, в которых находятся (обращаются) горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна); вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б. Отнесение помещения к категории В1, В2, В3, В4 осуществляется в зависимости от количества и способа размещения пожарной нагрузки в указанном помещении и его объемно-планировочных характеристик, а также от пожароопасных свойств веществ и материалов, составляющих пожарную нагрузку

Категория помещения	Характеристика вещества и материалов, находящихся в помещении
Г (помещения умеренной пожароопасности)	Помещения, в которых находятся (обращаются) негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива
Д (помещения пониженной пожароопасности)	Помещения, в которых находятся (обращаются) негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

При расчете категории принимается возможность аварийной разгерметизации одной наиболее крупной единицы технологического оборудования с наиболее пожаровзрывоопасным веществом. Учитывается также возможность натекания продуктов из подводящих коммуникаций за время до отключения соответствующих трубопроводов. Длительность отключения трубопроводов принимается равной:

- времени срабатывания системы автоматики отключения трубопроводов согласно паспортным данным установки, если вероятность отказа системы автоматики не превышает 10^{-6} в год или обеспечено резервирование ее элементов;
- 120 с, если вероятность отказа системы автоматики превышает 10^{-6} в год и не обеспечено резервирование ее элементов;
- 300 с при ручном отключении.

Количественным критерием назначения категории является избыточное давление (Δp), которое может развиваться при взрывном сгорании максимально возможного скопления взрывоопасных веществ в помещении. При $\Delta p > 5$ кПа рассматриваемый объект относится к взрывопожароопасным категориям А или Б – в зависимости от свойств веществ. При $\Delta p < 5$ кПа объект относится либо к категории В, либо к категории Д – в зависимости от величины пожарной нагрузки. Под *пожарной нагрузкой* понимается энергия, выделяемая при сгорании горючих материалов, находящихся на 1 м^2 пола помещения.

Расчет Δp производится по формуле 5.1:

$$\Delta p = \frac{m H_T p_0 Z}{V_n P_B C_B T_O K_H K_{ав}} \cdot 1, \quad (5.1)$$

где: m – масса горючего газа, пара ЛВЖ или взвешенной в воздухе горючей пыли, поступившей из разгерметизированного технологического оборудования, кг; H_T – теплота сгорания истекающего вещества, кДж/кг; p_0 – атмосферное давление (101 кПа); Z – коэффициент участия горючего вещества во взрыве ($Z = 0,5$ для газов и пылей; $Z = 0,3$ для паров жидкостей; $Z = 1$ для водорода); V_n – свободный объем помещения, принимаемый равным 0,8 от геометрического объема, м^3 ; P_B – плотность воздуха (можно принять равной

1,2 кг/м³); C_B – теплоемкость воздуха (можно принять равной 1,01 кДж/(кг·К)); T_0 – температура в помещении (можно принять равной 293 К); K_n – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения (принимается равным 3); $K_{ав}$ – коэффициент, учитывающий аварийную вентиляцию (этот коэффициент учитывается, если аварийная вентиляция оборудована резервными вентиляторами, автоматическим пуском при достижении взрывоопасной концентрации и электропитанием по первой категории надежности по ПУЭ); $K_{ав} = A_t + 1$ (A – кратность воздухообмена, с⁻¹; t – длительность поступления взрывоопасных веществ в помещение, с).

С учетом численных значений показателей, входящих в уравнение 5.1, получаем:

$$\Delta p = \frac{0,096 m H_T Z}{V_{II} K_{ав}} \cdot 1. \quad (5.2)$$

Величина m рассчитывается в зависимости от агрегатного состояния горючего вещества.

1. При разгерметизации аппарата с горючим газом (ГГ):

$$m = (V_1 + V_T) \rho, \quad (5.3)$$

где: $V_1 = V_{ан} (p_{ан}/p_0)(T/T_0)$ – объем газа, поступившего из аппарата, м³ ($V_{ан}$ – объем аппарата, м³; $p_{ан}$ – давление в аппарате, кПа; T и T_0 – температура в аппарате и в помещении соответственно, К); $V_T = V_{1T} + V_{2T}$ – объем газа, вышедшего из трубопроводов, м³; $V_{1T} = qt$ – объем газа, вышедшего из подводящего трубопровода, м³ (q – расход газа из трубопровода, м³/с; t – длительность отключения трубопроводов, с); $V_{2T} = 0,01 r l$ – объем газа, вышедшего из трубопровода после его отключения, м³ (r – радиус сечения трубопровода, м; l – длина трубопровода от аппарата до задвижки, м); ρ – плотность газа при н. у., кг/м³.

2. При разгерметизации оборудования с легковоспламеняющейся жидкостью (ЛВЖ):

$$m = m_p + m_n + m_o, \quad (5.4)$$

где: m_p – масса жидкости, испарившейся при разливе, кг; m_n – масса жидкости, испарившейся с поверхности аппарата, кг; m_o – масса жидкости, испарившейся со свежеокрашенной поверхности, кг.

При этом:

$$m_p = W_{и} F_{и} \tau_{и}, \quad (5.5)$$

где: $W_{и} = 10^{-6} \eta \sqrt{M p_n}$ – скорость испарения, кг/(м²·с) (η – коэффициент учета движения воздуха, определяемый по табл. 5.2; M – молекулярная масса ЛВЖ; p_n – давление насыщенных паров при расчетной температуре, кПа); $F_{и}$ – удельная поверхность испарения, принимаемая 1 л на 1 м², если ЛВЖ содержит более 70 % растворителя, и 1 л на 0,5 м² в остальных случаях; $\tau_{и}$ – длительность испарения принимается по времени полного испарения, но не более 3600 с).

Таблица 5.2

Коэффициент учета движения воздуха η

Скорость воздуха, м/с	Значение η при температуре воздуха, °С				
	10	15	20	30	35
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,1	3,0	3,6	2,4	1,8	1,6
0,2	4,6	3,8	3,5	2,4	2,3
0,5	6,6	5,7	5,4	3,6	3,2
1	10,0	8,7	7,7	5,6	4,6

3. При наличии взрывоопасной пыли:

$$m = m_{B3} + m_{AB}, \quad (5.6)$$

где: $m_{B3} = K_{B3} m_n$ – расчетная масса взвихрившейся пыли, кг; здесь $K_{B3} = 0,9$ – доля взвешенной пыли; $m_n = (K_r/K_y)(m_1 + m_2)$ – масса отложившейся пыли к моменту аварии, кг; (K_r – доля горючей пыли; K_y – коэффициент эффективности уборки, принимаемый при ручной сухой уборке равным 0,6 и при влажной – 0,7, а при механизированной уборке на ровном полу – 0,9 и на полу с выбоинами – 0,7; $m_1 = M_1(1 - \alpha)\beta_{1,2}$ – масса пыли, оседающей на труднодоступных поверхностях за межуборочный период, кг; M_1 – масса пыли, выделившейся за этот период из оборудования, кг; α – доля пыли, удаляемой вентиляцией; β_1 – доля пыли, находящейся в труднодоступных местах; β_2 – то же в доступных местах (обычно $\beta_1 = 1$, $\beta_2 = 0$); m_2 – масса пыли, оседающей на доступных для уборки поверхностях за межуборочный период, кг; $m_{AB} = (m_{an} + qt)K_n$ – масса пыли, поступающей в помещение в результате аварии, кг (здесь m_{an} – масса пыли, выброшенной при аварии из аппарата, кг; q – поступление пыли в аварийный аппарат по трубопроводам до момента отключения кг/с; t – длительность отключения, с; K_n – коэффициент пыления, равный 0,5 при размере частиц более 350 мкм и равный 1,0 при размере частиц менее 350 мкм).

Определение категорий В1–В4 осуществляется путем сравнения максимального значения удельной пожарной нагрузки (g , МДж/м²) с данными, приведенными в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Удельная пожарная нагрузка на участке

Категория помещений	Удельная пожарная нагрузка g на участке, МДж/м ²	Способ размещения участков
В1	>2200	Не нормируется
В2	1401–2200	Допускается несколько участков с пожарной нагрузкой, не превышающей указанных значений g

Категория помещений	Удельная пожарная нагрузка g на участке, МДж/м ²	Способ размещения участков
B3	181–1400	То же
B4	1–180	На любом участке пола помещения площадью 10 м ² . Расстояние между участками должно быть больше предельного расстояния $l_{пр}$

Предельные расстояния между участками ($l_{пр}$) в зависимости от критической плотности падающих лучистых потоков ($q_{кр}$) представлены ниже:

$q_{кр}$, кВт/м ²	5	10	15	20	25	30	40	50
$l_{пр}$, м.....	12	8	6	5	4	3,8	3,2	2,8

Величина g определяется из выражения:

$$G = Q/S, \quad (5.7)$$

где: $Q = G_i Q_{ни}$ – пожарная нагрузка, МДж (G_i – количество i -го материала, определяющего пожарную нагрузку, кг; $Q_{ни}$ – низшая теплота сгорания i -го материала, определяющего пожарную нагрузку, МДж/кг); S – площадь пожарной нагрузки, м² (но не менее 10 м²).

Ниже в таблице приведены значения критической плотности лучистых потоков ($q_{кр}$) от очагов пожара различных твердых материалов.

Таблица 5.4

Значения критической плотности лучистых потоков ($q_{кр}$) от очагов пожара различных твердых материалов

Материал	$q_{кр}$, кВт/м ²
Хлопок	7,5
Древесно-стружечные плиты (плотность 417 кг/м ³)	8,3
Древесина (сосна $W = 12\%$)	13,9
Резина	14,8
Стеклопластик	15,3
Слоистый пластик	15,4
Пергамин, рулонная кровля	17,4

Приведенные выше значения I_{np} действительны при высоте помещения $H > 11$ м, а при $H < 11$ м принимается $I = I_{np} + (11 - H)$. Для пожарной нагрузки с неизвестной величиной $q_{кр}$ значение $I_{np} \geq 12$ м. При проливе горючих жидкостей I_{np} между соседними участками разлива принимается по формулам:

$$I_{np} \geq 15 \text{ при } H \geq 11 \text{ м,} \quad (5.8)$$

$$I_{np} \geq 26 - H \text{ при } H < 11 \text{ м.} \quad (5.9)$$

Если при определении категорий В2 или В3 реализуется условие, то помещение должно относиться к категориям В1 и В2 соответственно:

$$Q \geq 0,64gH^2. \quad (5.10)$$

Для веществ и материалов, способных взрываться и гореть при взаимодействии с водой, воздухом или друг с другом, при расчете Δp величина коэффициента Z принимается равной 1, а за H_T принимается энергия, выделяющаяся при взаимодействии.

После категорирования помещений производится категорирование зданий в целом. Согласно НПБ 105-03, здание относится к категории А, если суммарная площадь помещений категории А превышает 5 % от площади всех помещений, или 200 м². Если помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения, то норма 5 % увеличивается до 25 %, или до 1000 м².

Здание относится к категории Б, если оно не относится к категории А и суммарная площадь помещений категорий А и Б превышает 5 %, или 200 м², а если помещения оборудованы автоматическими установками пожаротушения, то здание можно не относить к категории Б, если суммарная площадь помещений категорий А и Б не превышает 25 %, или 1000 м².

К категории В относятся здания, если, во-первых, они не отнесены к категориям А или Б и если, во-вторых, суммарная площадь помещений категорий А, Б и В превышает 5 % (10 % при отсутствии в здании помещений категорий А и Б) суммарной площади всех помещений.

Допускается не относить к категории В здания, если площадь помещений категорий А, Б и В при наличии в них установок автоматического пожаротушения не превышает 25 % площади здания (но не более 3500 м²).

Здание относится к категории Г, если, во-первых, не относится к категориям А, Б и В и если, во-вторых, суммарная площадь помещений категорий А, Б, В и Г не превышает 5 % площади здания (25 % при оборудовании автоматическим пожаротушением, не более 5000 м²).

5.2. Категорирование наружных установок

НПБ 105-03 устанавливают также методику определения категорий наружных установок производственного и складского назначения по пожарной опасности.

Наружная установка – комплекс расположенных вне зданий аппаратов и технологического оборудования с несущими и обслуживающими конструкциями.

Требования норм учитываются при проектировании, расширении, рекон-

струкции, техническом перевооружении, изменении технологического процесса и при эксплуатации наружных установок.

Категории наружных установок по пожарной опасности принимаются в соответствии с табл. 5.5.

Таблица 5.5

Категории наружных установок по пожарной опасности

Категория	Критерии отнесения наружной установки к той или иной категории по пожарной безопасности
A_n	Установка относится к категории A_n , если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) горючие газы; легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки ($t_{всп}$) не более 28 °С; вещества и (или) материалы, способные гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и (или) друг с другом, при условии, что величина индивидуального риска при возможном сгорании указанных веществ с образованием волн давления превышает 10^{-6} в год на расстоянии 30 м от наружной установки
B_n	Установка относится к категории B_n , если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) горючие пыли и (или) волокна; легковоспламеняющиеся жидкости с $t_{всп}$ более 28 °С; горючие жидкости при условии, что величина индивидуального риска при возможном сгорании пыле- и (или) паровоздушных смесей с образованием волн давления превышает 10^{-6} в год на расстоянии 30 м от наружной установки
B_n	Установка относится к категории B_n , если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) горючие и (или) трудногорючие жидкости; твердые горючие и (или) трудногорючие вещества и (или) материалы (в том числе пыли и (или) волокна); вещества и (или) материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и (или) друг с другом гореть; если не реализуются критерии, позволяющие отнести установку к категориям A_n или B_n , при условии, что величина индивидуального риска при возможном сгорании указанных веществ и (или) материалов превышает 10^{-6} в год на расстоянии 30 м от наружной установки
Γ_n	Установка относится к категории Γ_n , если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) негорючие вещества и (или) материалы в горячем, раскаленном и (или) расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и (или) пламени, а также горючие газы, жидкости и (или) твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива

Категория	Критерии отнесения наружной установки к той или иной категории по пожарной безопасности
D_n	Установка относится к категории D_n , если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) в основном негорючие вещества и (или) материалы в холодном состоянии и по перечисленным выше критериям она не относится к категориям A_n, B_n, B_n, G_n

Определение категорий наружных установок следует осуществлять путем последовательной проверки их принадлежности к категориям, приведенным в табл. 5.5, – от высшей (A_n) к низшей (D_n).

В случае если из-за отсутствия данных представляется невозможным оценить величину индивидуального риска, допускается использование вместо нее следующих критериев:

для категорий A_n и B_n :

а) горизонтальный размер зоны, ограничивающей газопаровоздушные смеси с концентрацией горючего выше нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР), превышает 30 м (данный критерий принимается только для горючих газов и паров);

б) и (или) расчетное избыточное давление при сгорании газо-, паро- или пылевоздушной смеси на расстоянии 30 м от наружной установки превышает 5 кПа;

для категории B_n : интенсивность теплового излучения от очага горения веществ и/или материалов, указанных для категории B_n на расстоянии 30 м от наружной установки, превышает 4 кВт/м².

5.3. Классификация строительных материалов и конструкций

Горючести группы строительных материалов – группы, на которые подразделяют материалы в зависимости от значений параметров горючести: негорючие материалы и горючие (ГОСТ 30244-94).

Негорючие материалы выдерживают испытания в печи при температуре 750 °С в течение 30 мин., при этом продолжительность устойчивого пламенного горения не превышает 10 с, тепловой эффект термопревращений и горения образца повышает температуру в печи не более чем на 50 °С, а потеря массы образца составляет менее 50 %. Горючие материалы испытывают в специально оборудованной шахтной печи, в которой устанавливают образец из четырех плит, закрепленных с помощью держателя. В нижнюю часть печи подается воздух, нагреваемый газовой горелкой в течение 10 мин. Тепловой поток устремляется в дымоход и воспламеняет образец. Регистрируют температуру дымовых газов и продолжительность самостоятельного горения или тления образца. По завершении испытания образец взвешивают и определяют границу повреждения испытанных плит. Горючесть оценивают по четырем параметрам: температуре дымовых газов (T), степени повреждения по длине (S_L), по массе (S_m) и продолжительности самостоятельного горения (T_{cr}).

В зависимости от значений этих параметров горючие строительные материалы подразделяют на четыре группы:

- слабогорючие (Г1);
- умеренно горючие (Г2);
- нормально горючие (Г3);
- сильногорючие (Г4).

Слабогорючие и умеренно горючие строительные материалы считаются трудногорючими, то есть они способны гореть на воздухе под воздействием источника зажигания, но не способны к самостоятельному горению после его удаления. Способность материалов к развитию горения зависит от их формы изделий, структуры, размеров, плотности, однородности.

Строительные конструкции характеризуются *огнестойкостью*, то есть сопротивляемостью воздействию огня и распространению опасных факторов пожара (ОФП). Показателями огнестойкости для зданий (их частей) является *степень огнестойкости*, а для строительных конструкций (их элементов) – *предел огнестойкости*.

Различают пять степеней огнестойкости зданий (I, II, III, IV, V) в зависимости от нормативных значений предела огнестойкости строительных конструкций, начиная с наивысшей степени огнестойкости (I) и кончая низшей (V) – с ненормируемыми пределами огнестойкости (см. табл. 5.6).

Предел огнестойкости строительных конструкций устанавливается по времени (в минутах) до наступления одного или последовательно нескольких нормируемых для данной конструкции признаков предельных состояний:

- потери несущей способности (R);
- потери целостности (E);
- потери теплоизолирующей способности (I).

Обозначение предела огнестойкости строительной конструкции состоит из условных обозначений нормируемых для данной конструкции предельных состояний и числа, соответствующего времени (в минутах) достижения одного из этих состояний (первого по времени). Например:

– R 120 – предел огнестойкости по потере несущей способности равен 120 мин;

– RE 30 – предел огнестойкости по потере несущей способности и потере целостности, независимо от того, какое из двух предельных состояний наступит ранее, равен 60 мин.

Таблица 5.6

Конструктивные характеристики зданий в зависимости от степени их огнестойкости

Степень огнестойкости	Конструктивные характеристики
I	Здания с несущими и ограждающими конструкциями из естественных или искусственных каменных материалов, бетона или железобетона с применением листовых и плитных негорючих материалов
II	Здания с несущими и ограждающими конструкциями из естественных или искусственных каменных материалов, бетона или железобетона с применением листовых и плитных негорючих материалов. В покрытиях зданий

Степень огнестойкости	Конструктивные характеристики
	допускается применять незащищенные стальные конструкции
III	Здания с несущими и ограждающими конструкциями из естественных или искусственных каменных материалов, бетона или железобетона. Для перекрытий допускается использование деревянных конструкций, защищенных штукатуркой или трудногорючими листовыми, а также плитными материалами. К элементам покрытий не предъявляются требования по пределам огнестойкости и пределам распространения огня; при этом элементы покрытия из древесины подвергаются огнезащитной обработке
IIIa	Здания преимущественно с каркасной конструктивной схемой. Элементы каркаса – из стальных незащищенных конструкций. Ограждающие конструкции – из стальных профилированных листов или других негорючих листовых материалов с трудногорючим утеплителем
IIIб	Здания преимущественно одноэтажные с каркасной конструктивной схемой. Элементы каркаса из цельной или клееной древесины, подвергнутой огнезащитной обработке, обеспечивающей требуемый предел распространения огня. Ограждающие конструкции – из панелей или поэлементной сборки, выполненные с применением древесины или материалов на ее основе. Древесина и другие горючие материалы ограждающих конструкций должны быть подвергнуты огнезащитной обработке или защищены от воздействия огня и высоких температур так, чтобы обеспечить требуемый предел распространения огня
IV	Здания с несущими и ограждающими конструкциями из цельной или клееной древесины и других горючих или трудногорючих материалов, защищенных от воздействия огня и высоких температур штукатуркой или другими листовыми или плитными материалами. К элементам покрытий не предъявляются требования по пределам огнестойкости и пределам распространения огня; при этом элементы покрытия из древесины подвергаются огнезащитной обработке
V	Здания, к несущим и ограждающим конструкциям которых не предъявляются требования по пределам огнестойкости и пределам распространения огня

Степень огнестойкости здания определяется огнестойкостью его конструкций в соответствии с табл. 5.7.

Таблица 5.7

**Степени огнестойкости зданий и пределы огнестойкости
строительных конструкций**

Степень огнестой- кости зданий	Предел огнестойкости строительных конструкций, не менее						
	Не- сущие эле- менты здания	Наруж- ные не- сущие стены	Пере- крытия между- этаж- ные (в том числе над подва- лами)	Элементы бесчердачных покрытий		Лестничные клетки	
				на- стилы (в том числе с утепле- нием)	фер- мы, балки, прого- ны	вну- трен- ние стены	марши и пло- щадки лест- ниц
I	R 120	E 30	REI 60	RE 30	R 30	REI 120	R 60
II	R 90	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 90	R 60
III	R 45	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 60	R 45
IV	R15	E 15	REI 15	RE 15	R 15	R 45	R 15
V	Не нормируется						

К несущим элементам здания относятся конструкции, обеспечивающие его общую устойчивость и геометрическую неизменяемость при пожаре, – несущие стены, рамы, колонны, балки, ригели, фермы, арки, связи, диафрагмы жесткости и т. п.

В соответствии со СНиП 2.01.02-85 различают восемь степеней огнестойкости зданий: I, II, III, IIIa, IIIб, IV, IVa и V – в зависимости от значений пределов огнестойкости основных строительных конструкций, принимаемых в часах или минутах, и пределов распространения огня по ним, принимаемых в сантиметрах (см. табл. 5.8). С возрастанием номера степени огнестойкости здания уменьшается предел степени огнестойкости конструкции.

Таблица 5.8

Степень огнестойкости зданий

Степень огнестойкости зданий	Минимальные пределы огнестойкости строительных конструкций, ч (числитель), и максимальные пределы распространения огня по ним, см (знаменатель)								
	стены				колонны	лестничные площадки, косоуры, ступени, бал- ки и марши лестничных клеток	плиты, настилы (в том числе с утеплением) и другие несущие кон- струкции перекрытий	элементы покрытий	
	несущие и лест- ничных площадок	самонесущие	наружные не- несущие (в том числе из навесных панелей)	внутренние не- несущие (перего- родки)				плиты, настилы (в том числе с утеплением) и прогоны	балки, фермы, арки, армы
I	2,5/0	1,25/0	0,5/0	0,5/0	2,5/0	1/0	1/0	0,5/0	0,5/0

Степень огнестойкости зданий	Минимальные пределы огнестойкости строительных конструкций, ч (числитель), и максимальные пределы распространения огня по ним, см (знаменатель)								
	стены				колонны	лестничные площадки, косоуры, ступени, балки и марши лестничных клеток	плиты, настилы (в том числе с утеплением) и другие несущие конструкции перекрытий	элементы покрытий	
	несущие и лестничные площадок	самонесущие	наружные не-несущие (в том числе из навесных панелей)	внутренние не-несущие (перегородки)				плиты, настилы (в том числе с утеплением) и прогоны	балки, фермы, арки, армы
II	2/0	1/0	0,25/0	0,25/0	2/0	1/0	0,75/0	0,25/0	0,25/0
III	2/0	1/0	0,25/0; 0,5/40	0,25/0	2/0	1/0	0,75/0	н.н./н.н.	н.н./н.н.
IIIa	1/0	0,25/0	0,25/40	0,25/40	0,25/0	1/0	0,25/0	0,25/25	0,25/0
IIIб	1/40	0,5/40	0,25/0; 0,5/40	0,25/40	1/40	0,75/0	0,75/25	0,25/0; 0,5/25 (40)	0,75/25 (40)
IV	0,5/40	0,25/40	0,25/40	0,25/40	0,5/40	0,25/25	0,25/25	н.н./н.н.	н.н./н.н.
IVa	0,5/40	0,25/40	0,25/н.н.	0,25/40	0,25/0	0,25/0	0,25/0	0,25/н.н.	0,25/0
V	Не нормируется (н.н.)								

5.4. Меры по ограничению последствий пожаров

При нормировании и проектировании зданий предусматривается ряд строительных требований:

- разделение зданий *противопожарными стенами* на отсеки;
- разделение зданий *противопожарными перегородками* на секции;
- устройство *противопожарных преград*;
- устройство *противопожарных дверей и ворот*;
- устройство *противопожарных разрывов между зданиями*.

Противопожарные стены, разделяющие здание на пожарные отсеки, должны возводиться на всю высоту здания и обеспечивать нераспространение пожара в смежный пожарный отсек.

Общая площадь проемов в противопожарных преградах не должна превышать 25 % их площади.

Противопожарные преграды, отделяющие помещения категорий А и Б от помещений других категорий, должны отделяться от этих помещений тамбурами с постоянным подпором воздуха.

Для обеспечения безопасной эвакуации людей в случае пожара СНиП 21-01-97 устанавливают число эвакуационных выходов и их ширину в зависимости от количества людей и функциональной пожарной опасности помещений.

Эвакуационные выходы должны располагаться рассредоточенно. Максимальное расстояние между наиболее удаленными друг от друга эвакуационными выходами из помещения определяется по формуле:

$$l \geq 1,5\sqrt{P}, \quad (5.11)$$

где: P – периметр помещения, м.

Число эвакуационных выходов должно быть не менее двух, однако имеется ряд исключений, когда допускается один эвакуационный выход или использование в качестве второго других приспособлений для выхода.

Предельная длительность эвакуации людей из помещений производственных зданий I, II и III степеней огнестойкости принимается согласно табл. 5.9.

Таблица 5.9

Предельная длительность эвакуации

Категория помещений	Предельная длительность эвакуации (мин.) при объеме помещения, тыс. м ³				
	до 15	30	40	50	60 и более
А, Б	0,50	0,75	1,0	1,50	1,75
В	1,25	2,0	2,0	2,50	3,0
Г, Д	Не ограничивается				

5.5. Меры по ограничению последствий взрывов

Разрушение ограждающих и несущих строительных конструкций вызывается избыточным давлением взрыва в помещении. Для сохранения основных ограждающих и несущих конструкций в помещениях категорий А и Б следует предусматривать наружные *легкосбрасываемые конструкции* (ЛСК). В качестве ЛСК рекомендуется использовать остекление окон и фонарей, а также легкосбрасываемые покрытия с массой 1 м² не более 70 кг. Площадь ЛСК должна составлять не менее 0,05 м² на 1 м³ объема помещений.

Проблема определения необходимой площади ЛСК, предназначенных для сброса избыточного давления, развиваемого при взрыве, до сего времени остается недостаточно изученной. В частности, отсутствуют общепринятые представления об интенсификации сгорания пылевоздушных смесей.

Конструкции покрытий, междуэтажных перекрытий зданий и помещений категорий А и Б должны исключать возможность образования непрветриваемых пространств во избежание скоплений взрывоопасных газов.

В зданиях и помещениях, в которых применяются или перерабатываются газы плотностью не менее 0,8 по отношению к воздуху, в перекрытиях устраивают сквозные проемы (открытые или перекрытые решетчатыми настилами) площадью не менее 15 % от общей площади перекрытия каждого этажа, включая площадь самих проемов. При применении или переработке газов тяжелее воздуха площадь проемов должна составлять не менее 10 %.

В целях уменьшения последствий возможного взрыва или пожара реко-

мендуется размещать помещения категорий А и Б у наружных стен, а в многоэтажных зданиях – на верхнем этаже.

Число этажей зданий категорий А и Б при степени огнестойкости I и II не должно превышать шести.

Вопросы для самоконтроля:

1. Категорирование помещений и зданий по НПБ 105-03.
2. Что является количественным критерием назначения категории взрывопожароопасности здания?
3. Роль удельной пожарной нагрузки при определении категорий зданий.
4. Категорирование наружных установок производственного и складского назначения по пожарной опасности по НПБ 105-03.
5. Классификация строительных материалов и конструкций по огнестойкости.
6. Меры по ограничению последствий пожаров и взрывов при нормировании и проектировании зданий.

Интерактивные формы занятий

1. Кейс-метод (разбор конкретных производственных ситуаций)

Цель занятия: научить студентов анализировать информацию, выявлять ключевые проблемы, выбирать альтернативные пути решения, оценивать их, находить оптимальный вариант и формулировать программы действий при решении поставленных задач.

Задание № 1. С помощью пособия по применению НПБ 105-95 «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности» при рассмотрении проектно-сметной документации авторов Ю. Н. Шебеко, И. М. Смолина, И. С. Молчадского и др., а также содержания V раздела данного пособия проанализировать обоснование расчетного варианта аварии по следующим предложенным ситуациям:

1) помещения с горючими газами:

- аккумуляторное помещение объемом $V_n = 27,2 \text{ м}^3$ оборудуется аккумуляторными батареями СК-4 из 12 аккумуляторов и СК-1 из 13 аккумуляторов. Максимальная абсолютная температура воздуха, согласно СНиП 2.01.01-82, в районе строительства 38°C ;

- пост диагностики автотранспортного предприятия для грузовых автомобилей работает на сжатом природном газе. Объем помещения $V_n = 300 \text{ м}^3$. Свободный объем помещения $V_{\text{св}} = 0,8 \cdot V_n = 0,8 \cdot 300 = 240 \text{ м}^3$. Объем баллона со сжатым природным газом $V = 50 \text{ л} = 0,05 \text{ м}^3$. Давление в баллоне $P_1 = 2 \cdot 10^4 \text{ кПа}$. Основной компонент сжатого природного газа – метан (98 % (об.)). Молярная масса метана $M = 16,04 \text{ кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$;

- помещение складирования ацетона. В помещении хранится десять бочек с ацетоном, каждая объемом по $V_a = 80 \text{ л} = 0,08 \text{ м}^3$. Размеры помещения $L \times S \times H = 12 \times 6 \times 6 \text{ м}$. Объем помещения $V_n = 432 \text{ м}^3$. Свободный объем помещения $V_{\text{св}} = 0,8 \cdot 432 = 345,6 \text{ м}^3$. Площадь помещения $F = 72 \text{ м}^2$. Молярная масса ацетона $M = 58,08 \text{ кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$. Константы уравнения Антуана: $A = 6,37551$; $B = 1281,721$; $CA = 237,088$. Химическая формула ацетона $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$. Плотность ацетона (жидкости) $790,8 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$. Температура вспышки ацетона $t_{\text{всп}} = -18^\circ\text{C}$;

- помещение промежуточного топливного бака резервной дизельной электростанции унифицированной компоновки. В помещении находится топливный бак с дизельным топливом марки «З» (ГОСТ 305-82) объемом $V_a = 6,3 \text{ м}^3$. Размеры помещения $L \times S \times H = 4,0 \times 4,0 \times 3,6 \text{ м}$. Объем помещения $V_n = 57,6 \text{ м}^3$. Свобод-

ный объем помещения $V_{\text{св}} = 0,8 \cdot 57,6 = 46,08 \text{ м}^3$. Площадь помещения $F = 16 \text{ м}^2$. Суммарная длина трубопроводов диаметром $d_1 = 57 \text{ мм} = 0,057 \text{ м}$ ($r_1 = 0,0285 \text{ м}$), ограниченная задвижками (ручными), установленными на подводящем и отводящем участках трубопроводов, составляет $l_1 = 10 \text{ м}$. Расход дизельного топлива в трубопроводах $q = 1,5 \text{ л/с} = 0,0015 \text{ м}^3/\text{с}$. Молярная масса дизельного топлива марки «З» $M = 172,3 \text{ кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$. Брутто-формула $\text{C}_{12,343}\text{H}_{12,889}$. Плотность жидкости при температуре $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, $r_{\text{ж}} = 804 \text{ кг/м}^3$. Константы уравнения Антуана: $A = 5,07828$; $B = 1255,73$; $CA = 199,523$. Температура вспышки $t_{\text{всп}} > 40 \text{ }^\circ\text{C}$. Теплота сгорания $H_{\text{т}} = Q_{\text{Н}}^{\text{P}} = 4,359 \cdot 10^7 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} = 43,59 \text{ МДж} \cdot \text{кг}^{-1}$. Нижний концентрационный предел распространения пламени СНКПР = 0,6 % (об.);

2) помещения с горючими пылями:

- производственное помещение, где осуществляется фасовка пакетов с сухим растворимым напитком, имеет следующие габариты: высота – 8 м, длина – 30 м, ширина – 10 м. Свободный объем помещения составляет $V_{\text{св}} = 0,8 \cdot 8 \cdot 30 \cdot 10 = 1920 \text{ м}^3$. В помещении расположен смеситель, представляющий собой цилиндрическую емкость с встроенным шнекообразным устройством равномерного перемешивания порошкообразных компонентов напитка, загружаемых через расположенное сверху входное отверстие. Единовременная загрузка дисперсного материала в смеситель составляет $m_{\text{а}} = t = 300 \text{ кг}$. Основным компонентом порошкообразной смеси является сахар (более 95 % (масс.)), который представляет наибольшую пожаровзрывоопасность. Подготовленная в смесителе порошкообразная смесь подается в аппараты фасовки, где производится дозирование (по 30 г) сухого напитка в полиэтиленовые упаковки. Значительное количество пылеобразного материала в смесителе и частая пылеуборка в помещении позволяют при обосновании расчетного варианта аварии пренебречь пылеотложениями на полу, стенах и других поверхностях.

Расчет категории помещения производится для сахарной пыли, которая представлена в подавляющем количестве по отношению к другим компонентам сухого напитка. Теплота сгорания пыли $H_{\text{т}} = 16477 \text{ кДж} \cdot \text{кг}^{-1} = 1,65 \cdot 10^7 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$. Распределение пыли по дисперсности представлено в таблице. Критический размер частиц взрывоопасной взвеси сахарной пыли $d^* = 200 \text{ мкм}$;

Фракция пыли, мкм	100 мкм	200 мкм	500 мкм	1000 мкм
Массовая доля, % (масс.)	5	10	40	100

- складское помещение мукомольного комбината для хранения муки в бумажной таре по 5 кг. Свободный объем помещения $V_{\text{св}} = 500 \text{ м}^3$. Значительное количество мелкодисперсной муки в таре по отношению к объему помещения и ежедневная пылеуборка в помещении позволяют пренебречь пылеотложениями на полу, стенах и других поверхностях. Единственным взрывопожароопасным веществом в помещении является мука: мелкодисперсный продукт (дисперсность менее 100 мкм). Теплота сгорания $H_{\text{т}} = 18000 \text{ кДж} \cdot \text{кг}^{-1}$. Критический размер частиц взрывоопасной взвеси мучной пыли $d^* = 250 \text{ мкм}$;

3) помещения с горючими жидкостями:

- цех разделения, компрессии воздуха и компрессии продуктов разделения воздуха. Машинное отделение. В помещении находятся горючие вещества (турбинные, промышленные и другие масла с температурой вспышки выше $61 \text{ }^\circ\text{C}$), которые обращаются в центробежных и поршневых компрессорах. Количество масла в компрессоре составляет 15 кг. Количество компрессоров 5;

- цех разделения, компрессии воздуха и компрессии продуктов разделения воздуха. Машинное отделение. В помещении находятся горючие вещества (турбинные, промышленные и другие масла с температурой вспышки выше 61 °С), которые обращаются в центробежных и поршневых компрессорах. Количество масла в компрессоре составляет 1200 кг. Количество компрессоров 3;

- цех разделения, компрессии воздуха и компрессии продуктов разделения воздуха. Машинное отделение. В помещении находятся горючие вещества (турбинные, промышленные и другие масла с температурой вспышки выше 61 °С), которые обращаются в центробежных и поршневых компрессорах. Количество масла в компрессоре составляет 7000 кг. Количество компрессоров 5;

4) помещения с твердыми горючими веществами и материалами:

- складское здание. Складское здание представляет собой многостеллажный склад, в котором предусмотрено хранение на металлических стеллажах негорючих материалов в картонных коробках. В каждом из 10 рядов стеллажей содержится 10 ярусов, 160 отсеков, в которых хранится по 3 картонные коробки весом 1 кг каждая. Верхняя отметка хранения картонной тары на стеллажах составляет 5 м, а высота нижнего пояса до отметки пола 7,2 м. Длина стеллажа составляет 48 м, ширина 1,2 м, расстояние между рядами стеллажей – 2,8 м. Площадь размещения пожарной нагрузки в каждом ряду составляет 57,6 м²;

- производственная лаборатория. В помещении лаборатории находятся: шкаф вытяжной химический, стол для микроаналитических весов, два стула. В лаборатории можно выделить один участок площадью 10 м², на котором расположены стол и два стула, выполненные из дерева. Общая масса древесины на этом участке составляет около 47 кг;

- помещение гаража. Основную пожарную нагрузку автомобиля составляют резина, топливо, смазочные масла, искусственные полимерные материалы. Среднее значение количества этих материалов для грузового автомобиля следующее: резина – 118,4 кг, дизельное топливо – 120 кг, смазочные масла – 18 кг, пенополиуретан – 4 кг, полиэтилен – 1,8 кг, полихлорвинил – 2,6 кг, картон – 2,5 кг, искусственная кожа – 9 кг. Общая масса горючих материалов 276,3 кг. Помещение не относится к категориям А и Б.

2. Работа в малых группах – «кто вперед?»

Цель занятия: продемонстрировать сходство или различия определенных явлений при решении заданных задач, при этом выработать стратегию или разработать план, а также выяснить отношение различных групп участников к одному и тому же вопросу.

Задание: определить категорию здания по взрывопожарной и пожарной опасности.

Задача № 1. Производственное шестиэтажное здание. Общая площадь помещений здания $F = 9000 \text{ м}^2$. В здании находятся помещения категории А суммарной площадью $F_A = 400 \text{ м}^2$.

Задача № 2. Производственное трехэтажное здание. Общая площадь помещений здания $F = 20000 \text{ м}^2$. В здании находятся помещения категории А суммарной площадью $F_A = 2000 \text{ м}^2$. Эти помещения оборудованы установками автоматического пожаротушения.

Задача № 3. Производственное шестиэтажное здание. Общая площадь помещений здания $F = 32000 \text{ м}^2$. Площадь помещений категории А составляет $F_A = 150 \text{ м}^2$, категории Б – $F_B = 400 \text{ м}^2$, суммарная категорий А и Б – $F_{A, Б} = 550 \text{ м}^2$.

Задача № 4. Производственное двухэтажное здание. Общая площадь по-

мещений здания $F = 15000 \text{ м}^2$. Площадь помещений категории А составляет $FA = 800 \text{ м}^2$, категории Б – $FB = 600 \text{ м}^2$, суммарная категорий А и Б – $FAБ = 1400 \text{ м}^2$. Помещения категорий А и Б оборудованы установками автоматического пожаротушения.

Задача № 5. Производственное трехэтажное здание. Общая площадь помещений здания $F = 12000 \text{ м}^2$. Площадь помещений категорий А и Б составляет $FA, Б = 180 \text{ м}^2$, категорий В1 – В3 – $FB = 5000 \text{ м}^2$, суммарная категорий А, Б, В1 – В3 – $FA, Б, В = 5180 \text{ м}^2$.

Задача № 6. Производственное двухэтажное здание. Общая площадь помещений здания $F = 20000 \text{ м}^2$. Площадь помещений категорий А и Б составляет $FA, Б = 900 \text{ м}^2$, категорий В1 – В3 – $FB = 4000 \text{ м}^2$, суммарная категорий А, Б, В1 – В3 – $FA, Б, В = 4900 \text{ м}^2$. Помещения категорий А, Б, В1–В3 оборудованы установками автоматического пожаротушения.

Задача № 7. Производственное шестиэтажное здание. Общая площадь помещений здания $F = 30000 \text{ м}^2$. Помещения категорий А и Б в здании отсутствуют. Площадь помещений категорий В1–В3 составляет $FB = 1800 \text{ м}^2$, категории Г – $FG = 2000 \text{ м}^2$, суммарная площадь помещений категорий В1 – В3, Г – $FB, Г = 3800 \text{ м}^2$.

Задача № 8. Производственное четырехэтажное здание. Общая площадь помещений здания $F = 16000 \text{ м}^2$. Площадь помещений категорий А и Б составляет $FA, Б = 800 \text{ м}^2$, помещений категорий В1 – В3 – $FB = 1500 \text{ м}^2$, помещений категории Г – $FG = 3000 \text{ м}^2$, суммарная категорий А, Б, В1 – В3 – $FA, Б, В = 2300 \text{ м}^2$, суммарная категорий А, Б, В1–В3, Г – $FA, Б, В, Г = 5300 \text{ м}^2$. Помещения категорий А, Б, В1–В3 оборудованы установками автоматического пожаротушения.

Задача № 9. Производственное пятиэтажное здание. Общая площадь помещений здания $F = 25000 \text{ м}^2$. Помещения категорий А и Б в здании отсутствуют. Площадь помещений категорий В1 – В3 составляет $FB = 1000 \text{ м}^2$, категории Г – $FG = 200 \text{ м}^2$, категорий В4 и Д – $FB4, Д = 23800 \text{ м}^2$, суммарная категорий В1 – В3, Г – $FB, Г = 1200 \text{ м}^2$.

Задача № 10. Производственное двухэтажное здание. Общая площадь помещений $F = 10000 \text{ м}^2$. Помещения категорий А, Б, В1 – В3 и Г отсутствуют. Площадь помещений категории В4 составляет $FB4 = 2000 \text{ м}^2$, категории Д – $FD = 8000 \text{ м}^2$.

3. Дискуссия с применением методики «эстафеты»

Цель занятия: достижение определенной степени согласия участников дискуссии относительно дискутируемой темы.

Предлагаемые темы дискуссий:

1) категории помещений и зданий определяются для наиболее неблагоприятного в отношении пожара или взрыва периода, исходя из вида находящихся в аппаратах и помещениях горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, а также особенностей технологических процессов;

2) в основу оценки взрывопожарной и пожарной опасности производственных помещений положен энергетический подход, заключающийся в оценке расчетного избыточного давления взрыва в помещении и сравнении его с допустимым;

3) определение категорий наружных установок следует осуществлять путем последовательной проверки их принадлежности к категориям, от высшей к низшей;

4) показателями огнестойкости для зданий (их частей) является степень огнестойкости, а для строительных конструкций (их элементов) – предел огнестойкости;

5) противопожарные стены, разделяющие здание на пожарные отсеки, должны возводиться на всю высоту здания и обеспечивать нераспространение пожара в смежный пожарный отсек;

6) общая площадь проемов в противопожарных преградах не должна превышать 25 % их площади;

7) для обеспечения безопасной эвакуации людей в случае пожара устанавливают число эвакуационных выходов и их ширину в зависимости от количества людей и функциональной пожарной опасности помещений.

4. Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, видео, слайдов и т. п. Интерактивность обеспечивается процессом последующего обсуждения темы.

Цель занятия: развитие у студентов коммуникативных навыков, актуализация и визуализация изучаемого содержания на лекции.

Рекомендуемые темы презентаций:

- 1) пожарно-техническая классификация строительных материалов;
- 2) пожарно-техническая классификация конструкций;
- 3) характеристика и структура НПБ 105-03;
- 4) энергетический подход в оценке взрывопожарной и пожарной опасности производственных помещений;
- 5) категорирование помещений по НПБ 105-03;
- 6) особенности расчета категории взрывопожарной и пожарной опасности производственных помещений;
- 7) количественные критерии расчета категории взрывопожарной и пожарной опасности производственных помещений;
- 8) категорирование зданий согласно НПБ 105-03;
- 9) категории наружных установок по пожарной опасности;
- 10) конструктивные характеристики зданий в зависимости и от степени их огнестойкости;
- 11) разделение зданий противопожарными стенами на отсеки;
- 12) разделение зданий противопожарными перегородками на секции;
- 13) устройство противопожарных преград;
- 14) устройство противопожарных дверей и ворот;
- 15) устройство противопожарных разрывов между зданиями;
- 16) меры по ограничению последствий взрывов.

Используемая литература

1. Федеральный закон РФ от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».
2. Федеральный закон РФ от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
3. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
4. ГОСТ 12.1.033-81 ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения.
5. ГОСТ 12.1.041-83 ССБТ. Пожаровзрывобезопасность горючих пылей. Общие требования.
6. ГОСТ 30244-94. Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть.
7. ГОСТ 30247.0-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования.
8. ГОСТ 30247.1-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции.
9. ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.

10. ГОСТ Р 12.3.047-98 ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
11. НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
12. ППБ 01-93 Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.
13. Пособие по применению НПБ 105-95 «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности» при рассмотрении проектно-сметной документации / Ю. Н. Шебеко, И. М. Смолин, И. С. Молчадский и др. – М. : ВНИИПО, 1998. – 119 с.
14. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы.
15. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
16. СТ СЭВ 383-87. Пожарная безопасность в строительстве. Термины и определения.
17. Абрамова, С. В. Безопасность жизнедеятельности: теория, методика, практика, культура : словарь-справочник / авт.-сост.: С. В. Абрамова, Е. Н. Бояров, А. С. Ломов. – Южно-Сахалинск : изд-во СахГУ, 2011. – 536 с.
18. Арустамов, Э. А. Безопасность жизнедеятельности / Э. А. Арустамов. – М. : Академия, 2009. – 274 с.
19. Баратов, А. Н. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средств их тушения : справочник / А. Н. Баратов, А. Я. Корольченко, Г. Н. Кравчук и др. – М., 1990.
20. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности : учеб. для вузов / С. В. Белов. – М. : Академия, 2009. – 329 с.
21. Косолапова, Н. В. Основы безопасности жизнедеятельности : учебник / Н. В. Косолапова. – М. : Академия, 2010. – 287 с.
22. Корольченко, А. Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения / А. Я. Корольченко. – М. : Пожнаука, 2004. – 321 с.
23. Крюков, Р. В. Безопасность жизнедеятельности : конспект лекций / Р. В. Крюков. – М. : А-Приор, 2011. – 263 с.
24. Кукин, П. П. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда) : учебное пособие для вузов / П. П. Кукин, В. Л. Лапин. – М. : Высш. шк., 2006. – 279 с.
25. Монахов, А. Ф. Безопасность жизнедеятельности : лабораторный практикум / А. Ф. Монахов. – М. : изд. дом МЭИ, 2009. – 371 с.
26. Оглезнев, А. В. Промышленная безопасность опасных производственных объектов : методическое пособие / А. В. Оглезнев. – Пермь : Припит, 2008. – 120 с.
27. Повзик, Я. С. Справочник руководителя тушения пожара / Я. С. Повзик. – М., 2000.
28. Пожарная безопасность : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / Л. А. Михайлов, В. П. Соломин, О. Н. Русак и др. ; под ред. Л. А. Михайлова. – М. : изд. центр «Академия», 2013. – 224 с. – (Сер. Бакалавриат).
29. Собурь, С. В. Краткий курс пожарно-технического минимума : учебное пособие / С. В. Собурь. – М. : ПожКнига, 2007 – 296 с. : илл.

РАЗДЕЛ VI.
СПОСОБЫ И СРЕДСТВА ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ.
ОГNETУШАЩИЕ ВЕЩЕСТВА.
ПЕРВИЧНЫЕ СРЕДСТВА ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ.
АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ПОЖАРОТУШЕНИЯ.
ПОЖАРНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ. УСЛОВИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ
ДЛЯ ПРЕКРАЩЕНИЯ ГОРЕНИЯ

6.1. Физические способы прекращения горения.
Огнетушащие вещества

Вода является наиболее распространенным огнетушащим веществом. Это объясняется ее хорошими огнегасительными свойствами, большой теплоемкостью по сравнению с другими огнетушащими веществами (1 л воды при нагревании от 0 до 100 °С поглощает 419 кДж тепла, а при испарении – 2260 кДж). При испарении воды образуется большое количество пара (из 1 л воды образуется более 1700 л пара), который затрудняет доступ воздуха к очагу горения. В виде контактных и распыленных струй вода применяется для тушения твердых горючих веществ и материалов, тяжелых нефтепродуктов. С помощью воды можно охладить зону горения, а также уменьшить в ней концентрацию реагирующих веществ, изолировать реагирующие вещества от зоны горения.

При тушении веществ, плохо смачивающихся водой (хлопок, торф и др.), в воду в целях понижения поверхностного натяжения вводят *смачиватели* типа сульфанолов, сульфонатов, пенообразователей и др.

Воду нельзя применять для тушения веществ, бурно реагирующих с ней с выделением тепла (например, щелочных металлов), а также электрических установок, находящихся под напряжением.

Для охлаждения зоны горения используют также *твердую углекислоту в виде снега* и другие вещества.

Для разбавления реагирующих веществ в зоне горения *используют негорючие газы и пары* (CO_2 , N_2 , водяной пар и др.).

Диоксид углерода в нормальных условиях – газ без цвета и запаха. Он тяжелее воздуха в 1,5 раза; при 0 °С и давлении 3,6 МПа легко переходит в жидкое состояние, тогда его называют углекислотой. Из 1 л углекислоты при температуре 0 °С образуется 506 л газа. Используется в огнетушителях ОУ-2, ОУ-5 и др. или хранится под давлением 7 МПа в стальных баллонах вместимостью 40 л. Огнегасительная концентрация CO_2 в воздухе составляет 30–35 % (об.). В огнетушителях подача углекислоты производится через раструбы-диффузоры (в этом случае происходит переохлаждение углекислоты и образование углекислого снега, эффект тушения достигается за счет охлаждения), а в баллонах – через перфорированный трубопровод (эффект тушения достигается за счет разбавления).

При применении CO_2 необходимо учитывать его токсичность (при вдыхании воздуха, содержащего 10 % CO_2 , наступает паралич дыхания и смерть).

Азот – газ немного легче воздуха, без цвета и запаха. В жидкое состояние переходит при температуре 195,8 °С. Огнегасительная концентрация – не менее 35 % (об.). Применяется для тушения пожаров в сравнительно небольших по объему помещениях по методу разбавления.

Водяной пар используют для создания паровоздушных завес на открытых технологических установках, а также для тушения пожаров в помещениях малого объема. Огнегасительная концентрация пара составляет около 35 % (об.).

Пена – дисперсная среда, в которой дисперсной фазой является газ (CO_2 , воздух), а дисперсионной средой – какая-либо жидкость (водные растворы солей, кислот и др.). Для устойчивости пены во времени в жидкость, из которой образуется пена, вводятся поверхностно-активные вещества (ПАВ) – пенообразователи (ПО) для снижения поверхностного натяжения пленки жидкости. В качестве пенообразователей используют экстракты лакричного корня, сапонин, сульфокислоты и их соли, керосиновый контакт, альбумины и др.

Химическая пена образуется при взаимодействии растворов кислот и щелочей в присутствии ПО. Обычно для этой цели применяют пеногенераторный порошок, в котором в сухом виде содержится сульфат алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, представляющий собой кислотную часть состава, гидрокарбонат натрия NaHCO_3 – щелочная часть и сапонин или экстракт лакричного корня в качестве ПАВ.

При растворении пеногенераторного порошка в воде (обычно в соотношении 1:10) в результате взаимодействия кислотной и щелочной частей состава выделяется диоксид углерода и образуется пена.

Обычный состав химической пены: 80 % CO_2 , 19,7 % водного раствора Na_2SO_4 с гидроксидом окиси алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3$ и 0,3 % ПАВ. Химическая пена обладает хорошей стойкостью. Она может сохраняться более 1 ч.

Применение химической пены в практике пожаротушения сокращается, ее используют лишь в некоторых огнетушителях. В настоящее время химическую пену успешно заменяют воздушно-механической.

Воздушно-механическая пена представляет собой смесь воздуха (90 %), воды (9,7 %) и ПО (0,3 %). Ее получают при механическом смешивании воздуха, воды и ПАВ (пенообразователей ПО-1 на основе керосинового контакта; ПО-6 на основе продуктов переработки крови и т. д.). Характеристикой пены является *кратность* – отношение объема полученной пены к объему исходных веществ. Пену обычной кратности (до 20) получают с помощью воздушно-пенных стволов (вода под давлением 0,3...0,6 МПа, предварительно смешанная с пенообразователем, поступает в специальное устройство, обеспечивающее подсос воздуха). За последнее время в практике тушения пожаров находит применение *высокократная пена* (кратность свыше 100). В ней содержится: 1 % воздуха и 0,04 % ПО. Плотность такой пены составляет 10 кг/м³ и менее.

Стойкость воздушно-механической пены меньше, чем химической пены.

Механизм тушения пенной ЛВЖ заключается в экранировании поверхности жидкости; при этом уменьшается воздействие тепла зоны горения на поверхность жидкости и резко уменьшается ее испарение. Контакт пены с поверхностью жидкости оказывает и некоторое охлаждающее действие.

Пены используют также для тушения твердых горящих веществ и для тушения пожаров в подвалах, трюмах и других труднодоступных местах.

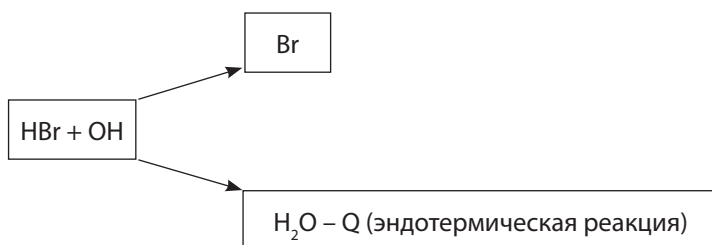
6.2. Химическое торможение горения

Химическое торможение горения заключается в подаче в воздух, поступающий к зоне горения, или на поверхность горящего вещества галогенированных углеводородов или огнетушащих порошков.

Применение *галогенированных углеводородов* основано на способе химического торможения реакции горения, заключающемся в обрыве цепных реакций горения. В таких предельных углеводородах один или несколько атомов водорода замещены атомами галогенов (фтора, хлора, брома). Широкое применение для пожаротушения нашли хладоны: 13B1 (CF_3Br), 12B1 (CF_2ClBr) и 114B₂ ($\text{C}_2\text{F}_4\text{Br}_2$), огнетушащая концентрация которых составляет всего около 2 % (об.). Применяются также составы на основе этилбромида (бромэтана) $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$, которые в 3,5–7 раз эффективнее диоксида углерода.

Из-за экологической вредности бромхлорсодержащие хладоны должны быть изъяты из употребления. Альтернативой этим хладагентам являются полностью *фторированные углеводороды* C_4F_{10} (перфторбутан) и C_4F_8 (перфторциклобутан).

При введении в пламя этилбромида $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$ происходит обрыв цепи, изменение направления реакции и превращение ее из экзотермической в эндотермическую:



Хорошие диэлектрические свойства хладонов делают их пригодными для тушения пожаров электрооборудования, находящегося под напряжением; их также применяют для объемного пожаротушения, для поверхностного тушения небольших очагов пожаров (огнетушители) и для предупреждения образования взрывоопасной парогазовоздушной смеси в аппаратах.

Огнетушащие порошки – мелкоизмельченные минеральные соли (карбонаты и бикарбонаты натрия и калия, хлориды натрия и калия и др.) с различными добавками, препятствующими слеживанию, применяют для тушения различных материалов, в том числе металлов и металлоорганических соединений, пирофорных веществ, электроустановок, находящихся под напряжением.

Механизм огнетушащего действия порошков заключается в ингибировании процесса горения из-за гибели активных центров пламени на поверхности твердых частиц или в результате их взаимодействия с газообразными продуктами разложения порошков.

В последнее время все более широкое применение находит *аэрозольный огнетушащий состав* (АОС), получаемый сжиганием твердотопливной композиции (ТТК) окислителя и восстановителя (горючего). Образующийся в качестве продукта сгорания аэрозоль состоит из газовой фазы (преимущественно CO_2) и взвешенной конденсированной фазы в виде тончайшего порошка,

аналогичного огнетушащим порошкам на основе хлорида и карбоната калия и отличающегося размером частиц в 50 раз меньшим, чем обычные огнетушащие порошки. Получаемый в момент пожара АОС отличается высокой огнетушащей способностью, в 5–8 раз превышающей огнетушащую способность обычных огнетушащих порошков и хладонов (см. табл. 6.1).

Таблица 6.1

**Свойства АОС в сравнении со свойствами других средств
объемного тушения**

Показатель	АОС	Хладон 12В1	СО ₂	Порошки	С ₄ F ₁₀
Огнетушащая кон- центрация, кг/м ³	0,05	0,3	0,7	0,25	0,7
Токсичность (класс опасности)	4	3	3	4	4
Озоноразрушающее действие	нет	сильное	нет	нет	нет

6.3. Первичные средства тушения пожаров

К первичным средствам тушения пожаров относят огнетушители, внутренний пожарный трубопровод, оборудованный пожарными кранами, пожарный инвентарь, ручной пожарный инструмент.

Наибольшее распространение в качестве первичных средств тушения пожаров получили различные огнетушители, которые подразделяются на ручные, передвижные (установленные на колеса и перемещаемые вручную) и стационарные (оборудованные гибкими шлангами и ручными стволами).

Огнетушители по виду применяемого огнетушащего вещества подразделяются на водные (В), воздушно-пенные (ВП), порошковые (П), газовые углекислотные (У) и хладоновые (Х).

Водные огнетушители по виду выходящей струи огнетушащего вещества подразделяют на огнетушители с распыленной струей (Р) и огнетушители с компактной струей (К).

Воздушно-пенные огнетушители по кратности пены подразделяются на огнетушители низкой кратности (Н) – от 8 до 40, средней кратности (С) – от 41 до 120 и высокой кратности (В) – свыше 120.

По принципу вытеснения огнетушащего вещества (ОТВ) огнетушители подразделяются на закачные (з), с баллоном сжатого газа (б), с газогенерирующим элементом (г).

По возможности перезарядки огнетушители подразделяют на перезаряжаемые и неперезаряжаемые.

По величине рабочего давления огнетушители подразделяют на огнетушители низкого давления ($P_{\text{раб}} \leq 2,5$ МПа при $t = 20 \pm 2$ °С) и высокого давления ($P_{\text{раб}} > 2,5$ МПа при $t = 20 \pm 2$ °С).

В зависимости от вида заряженного огнетушащего вещества огнетушители используют для тушения следующих горючих веществ:

- твердых (класс пожара А);
 - жидких (класс пожара В);
 - газообразных (класс пожара С);
 - металлов и сплавов (класс пожара D);
 - электрооборудования, находящегося под напряжением (класс пожара Е).
- Огнетушители имеют следующую структуру обозначения:

$$\frac{(XX(X))}{1} \frac{(XX(X))}{2} \frac{(XXA; XXB; C)}{3} \frac{(X)}{4} \frac{(XX)}{5} \frac{(X)}{6}$$

где: 1 – тип огнетушителя – ОВ, ОВП, ОП, ОУ, ОХ (кратность пены – Н, С, В; вид струи – К, Р); 2 – вместимость корпуса, л (принцип вытеснения ОТВ – з, б, з); 3 – ранг очага, класс пожара (А, В, С и т. д.); 4 – модель (01, 02 и т. д.); 5 – климатическое исполнение (У1, Т2 и т. д.); 6 – обозначение нормативного документа (ГОСТ, ТУ).

Примеры условного обозначения:

I. ОВП(Н)-10 (г)-2А; 55В-(01) У2 ГОСТ Р...

Огнетушитель воздушно-пенный (ОВП), низкой кратности (Н), вместимость корпуса 10 л, вытеснение ОТВ газогенерирующим элементом (г), для тушения загораний твердых горючих материалов (ранг очага 2А) и жидких горючих веществ (ранг очага 55В), модель 01, климатическое исполнение У2, ГОСТ Р...

II. ОП-5(з)-3А; 89В; С-(01) Т2 ГОСТ Р...

Огнетушитель порошковый (ОП), вместимость корпуса 5 л, закачной (з), для тушения загораний твердых горючих материалов (ранг очага 3А), жидких горючих веществ и газа (ранг очага 89В), класс пожара (С), модель 01, климатическое исполнение Т2, ГОСТ Р...

В настоящее время выпускают следующие огнетушители:

1) порошковые с зарядами ПСБ-3, П-2АП, «Пират А», ПФ; ручные ОП-1 «Момент 2», ОП-2Б, ОП-5, ОП-8Б, ОП-10А, ОП-10 «Прогресс», ОП-10 (закачной), ОП-50 (закачной); передвижные ОП-50; стационарные ОП-250;

2) пенные: ручные ОХП-10 (химические пенные), ОХВП-10 (химические пенные, с зарядом воздушно-механической пены), ОВП-10 (воздушно-механическая пена), ОВП-5; передвижные ОВП-10; стационарные ОВП-250.

III. Углекислотные с зарядом диоксида углерода: ручные ОУ-2, ОУ-5; передвижные ОУ-25, ОУ-80, ОУ-400.

Для тушения пожара в начальной стадии его возникновения в производственных зданиях, а также в жилых домах значительной высоты на внутренней водопроводной сети устанавливают внутренние пожарные краны.

Пожарные краны устанавливают на высоте 1,35 м над полом помещения и размещают в шкафах, которые снабжены пожарным рукавом одинакового с краном диаметра и длиной от 10 до 20 м, а также пожарным стволом.

Расчетные расходы воды на работу внутренних пожарных кранов принимают из условия подачи воды на одну или две струи. Производительность каждой струи должна быть не менее 2,5 л/с, а в театрах, дворцах культуры, в высотных зданиях (16 этажей и выше) – не менее 5 л/с.

6.4. Автоматические установки (системы) пожаротушения (АУП)

ГОСТ 12.3.046-91 устанавливает общие технические требования к АУП. Наиболее широкое распространение получили установки водяного и пенного тушения, подразделяемые на спринклерные и дренчерные.

Спринклерные установки включаются автоматически при повышении температуры среды внутри помещения до заданного предела. Датчиком является спринклер, снабженный легкоплавким замком, который расплавляется при повышении температуры и открывает отверстие в трубопроводе с водой над очагом пожара. Спринклерная установка состоит из системы магистральных, питательных и распределительных трубопроводов. Спринклерные оросители устанавливаются на распределительных трубопроводах, расположенных под перекрытием помещения (см. рис. 6.1).

На магистральном трубопроводе устанавливается контрольно-сигнальное устройство. В зависимости от температуры в защищенном помещении спринклерные системы могут быть водяными (если температура в помещении в течение всего года не ниже 4 °С), воздушными (для отапливаемых помещений, в которых не гарантируется температура 4 °С и выше на протяжении четырех наиболее холодных месяцев года), воздушно-водяными (для неотапливаемых помещений, в которых температура выше 4 °С поддерживается в течение 8 мес.). В отличие от водяной, состоящей из постоянно заполненных водой всех трубопроводов, воздушная спринклерная система заполнена водой только до контрольно-сигнального устройства. Распределительные трубопроводы, расположенные выше этого устройства, заполняются воздухом, нагнетаемым компрессором. При возникновении пожара воздух выходит наружу через открывающиеся оросители, после чего вода заполняет систему и поступает через оросители на очаг пожара. Воздушно-водяная система является комбинацией водяной и воздушной систем. В холодное время ее заполняют воздухом.

Устройство широко применяемого спринклера типа ОВС показано на рис. 6.2, а. После того как расплавится плавкий замок, ослабевают и раздвигаются рычаги и открывается клапан. В зависимости от максимально допустимой температуры в помещении при нормальных условиях эксплуатации оборудования и с учетом разброса по температуре расплавления замка спринклеры изготавливают на следующие температуры срабатывания: 72, 93, 141, 182 °С.

Дренчерные установки близки по устройству к спринклерным и отличаются от последних тем, что оросители на распределительных трубопроводах (дренчеры) не имеют легкоплавкого замка и отверстия постоянно открыты (см. рис. 6.2, б). Включение дренчерной системы в действие производится вручную или автоматически по сигналу автоматического извещателя о пожаре с помощью контрольно-пускового узла, размещаемого на магистральном трубопроводе. В отличие от спринклерной установки, в которой срабатывают оросители лишь над очагом пожара, при включении дренчерной установки орошается вся площадь помещения. Эти установки предназначены для защиты помещений, в которых возможно очень быстрое распространение пожара (например, с наличием больших количеств ЛВЖ).

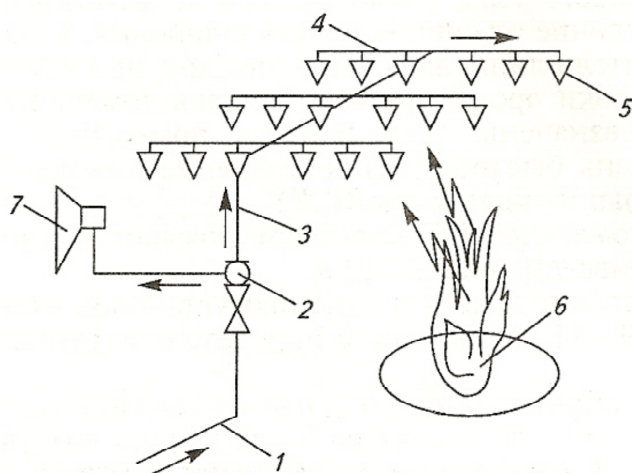


Рис. 6.1. Спринклерная установка водяной системы:
 1 – магистральный трубопровод; 2 – контрольно-сигнальное устройство;
 3 – питательные трубы; 4 – распределительные трубы; 5 – спринклеры;
 6 – очаг пожара; 7 – сигнальное устройство

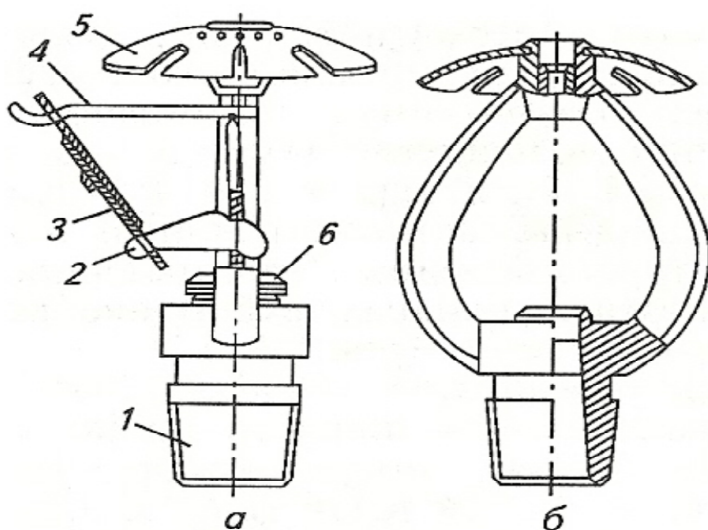


Рис. 6.2. Оросители спринклерный ОВС (а) и дренчерный ОВД (б):
 1 – насадка; 2, 4 – рычаги; 3 – легкоплавкий замок; 5 – розетка; 6 – клапан

Схема автоматической установки пожаротушения распыленной водой приведена на рис. 6.3.

Проектирование водяных и пенных установок в соответствии с СНиП 2.04.09-84 начинается с определения группы помещения по табл. 6.2.

Обычно в спринклерных и дренчерных системах используют воду, но они могут применяться и для подачи воздушно-механической пены. В этом случае их называют пенными установками пожаротушения. Для создания пены эти установки оборудуют автоматическими дозаторами, с помощью которых в поток воды добавляется раствор пенообразователя (ПО), а также специальными оросителями-генераторами пены (ОПС – спринклерные, ОПД – дренчерные).

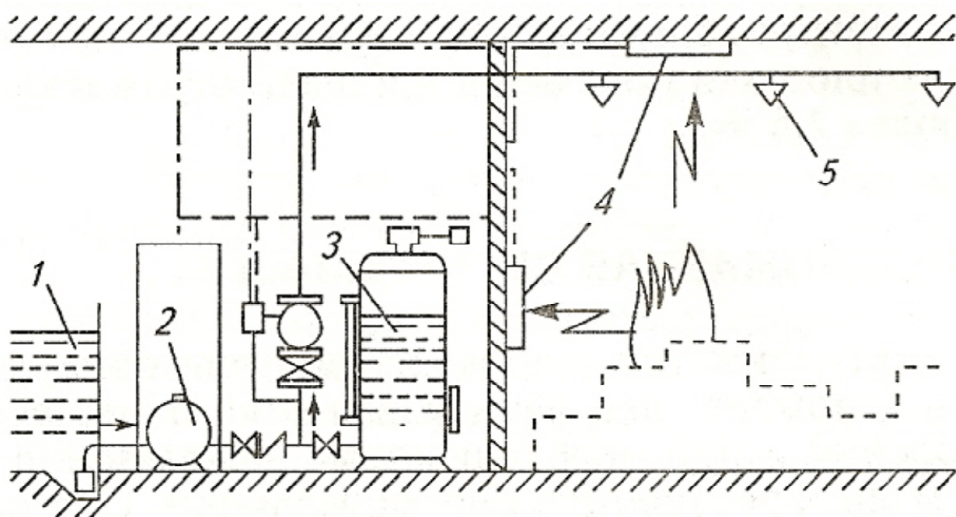


Рис. 6.3. Схема автоматической установки водяного пожаротушения:
1 – видеоисточник; 2 – насос; 3 – автоматический водопитатель;
4 – извещатель; 5 – ороситель

Таблица 6.2

Группа помещений по степени опасности развития пожара

Группа помещений	Перечень помещений, производств, технологических процессов
1	Книгохранилища, библиотеки, музеи, концертные залы и кинозалы, вычислительные центры, магазины, гостиницы, больницы
2	Окрасочные, промывочные с применением ЛВЖ и ГЖ; деревообрабатывающие, текстильные, кожевенные производства, помещения целлюлозно-бумажные, с применением резинотехнических изделий, для обслуживания автомобилей (пожарная нагрузка от 200 до 2000 МДж/м ²)
3	Производство резинотехнических изделий
4	Производство горючих натуральных и синтетических волокон, компрессорные станции, переработка горючих газов, ЛВЖ и т. п. (пожарная нагрузка свыше 2000 МДж/м ²)
5	Склады несгораемых материалов в сгораемой упаковке
6	Склады твердых сгораемых материалов
7	Склады лаков, красок, ЛВЖ, ГЖ, пластмасс, резины, каучука, смол

После установления группы помещения устанавливаются параметры установки по табл. 6.3.

Таблица 6.3

Параметры водопенных установок пожаротушения

Группа помещения	Интенсивность орошения, л/(м ² ·с)		Площадь орошения спринклером, м ²	Площадь для расчета расхода, м ²	Длительность работы установки, с	Расстояние между оросителями, м
	вода	раствор ПО				
1	0,08	–	12	120	30	4
2	0,12	0,08	12	240	60	4
3	0,24	0,12	12	240	60	4
4	0,3	0,15	12	360	60	4
5	0,32	0,16	9	180	60	3
6	0,4	0,24	9	180	60	3
7	–	0,4	9	180	–	3

После установления параметров установки гидравлическим расчетом определяются диаметры трубопроводов. При этом скорость движения воды и раствора ПО должна быть не более 10 м/с.

Общий расход воды, раствора ПО определяется умножением интенсивности подачи на площадь орошения.

Далее рассчитываются потери напора в трубопроводах и узлах управления и т. д.

В установках газового (объемного) тушения в качестве огнетушащего средства используют диоксид углерода и другие газы. Эти установки представляют собой батарею баллонов, в которых находятся указанные вещества в сжиженном состоянии под давлением до 12,5 МПа. Баллоны с помощью специального клапана соединены с системой распределительных трубопроводов, размещаемых в защищаемом помещении. Трубопроводы имеют отверстия-оросители, через которые подается огнетушащий состав. Включение клапана может осуществляться автоматически по сигналу от пожарного извещателя (ПИ) или сигнализатора горючих газов и паров (индикатора взрывоопасности), а также вручную дистанционно при нажатии кнопки специального пускателя. С помощью таких установок защищают многие, в том числе уникальные, объекты: помещения с ЭВМ, музеи, архивы, машинные залы, летательные аппараты, подземные сооружения и т. д.

К достоинствам установок газового (объемного) тушения относятся: высокая эффективность, быстрота тушения (в пределах 120 с), легкость автоматизации процесса, сравнительная дешевизна способа. Главным же преимуществом является возможность не только надежного тушения, но и *флегматизации* – предупреждения образования взрывоопасной среды путем создания в защищаемом помещении среды, не поддерживающей горение.

Проектирование автоматических установок газового пожаротушения (АУГП) производится по НПБ 22-96. Согласно этим нормам, АУГП применяются для ликвидации пожаров классов А, Б, С и возгораний электрооборудования с параметром негерметичности (отношение площади проемов к площади ограждающих конструкций) не более 2,5 %.

6.5. ПОЖАРНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ

Пожарная сигнализация предназначена для обнаружения начальной стадии пожара, передачи извещения о месте и времени его возникновения и при необходимости – включения автоматических систем пожаротушения и дымоудаления. Система пожарной сигнализации состоит из пожарных извещателей, включенных в сигнальную линию, преобразующих проявления пожара (тепло, свет, дым) в электрический сигнал, приемно-контрольной станции, принимающей сигнал и включающей световую и звуковую сигнализацию, а также автоматических установок пожаротушения и дымоудаления.

Классификация технических средств охранно-пожарной сигнализации

Технические средства охранной и охранно-пожарной сигнализации, предназначенные для получения информации о состоянии контролируемых параметров на охраняемом объекте, приема, преобразования, передачи, хранения, отображения этой информации в виде звуковой и световой сигнализации, в соответствии с ГОСТ 25 829-78 классифицируют по двум признакам: области применения и функциональному назначению.

По области применения технические средства делятся на охранные, пожарные и охранно-пожарные; по функциональному назначению – на технические средства обнаружения (извещатели), предназначенные для получения информации о состоянии контролируемых параметров, и технические средства оповещения, предназначенные для приема, преобразования, передачи, хранения, обработки и отображения информации (СПИ, ППК, оповещатели).

Классификация охранных и охранно-пожарных извещателей

В соответствии с ГОСТ 26342-84 охранно-пожарные извещатели классифицируются по следующим параметрам.

По назначению: для закрытых помещений, для открытых площадок и периметров объектов.

По виду зоны, контролируемой извещателем: точечные, линейные, поверхностные, объемные.

По принципу действия охранные извещатели подразделяются на: омические, магнитоконтактные, ударно-контактные, пьезоэлектрические, емкостные, ультразвуковые, оптико-электронные, радиоволновые, комбинированные.

По количеству зон обнаружения: однозонные, многозонные.

По дальности действия ультразвуковые, оптико-электронные и радиоволновые охранные извещатели для закрытых помещений подразделяются на: малой дальности – до 12 м, средней дальности – от 12 до 30 м, большой дальности – свыше 30 метров.

По дальности действия оптико-электронные и радиоволновые извещатели для открытых площадок и периметров подразделяются на: малой дальности – до 50 м, средней дальности – от 50 до 200 м, большой дальности – свыше 200 м.

По конструктивному исполнению ультразвуковые, оптико-электронные и радиоволновые извещатели подразделяют на: однопозиционные – один или более передатчиков (излучателей) и приемник (и) совмещены в одном блоке; двухпозиционные – передатчик (излучатель) и приемник выполнены в виде отдельных блоков; многопозиционные – более двух блоков (один передатчик, два или более приемников; один приемник, два или более передатчиков; два или более передатчиков, два или более приемников).

По способу электропитания подразделяются на: токонепо потребляющие (используется «сухой» контакт); питающиеся от шлейфа сигнализации, от внутреннего автономного источника питания, от внешнего источника постоянно-го тока напряжением 12–24 В, от сети переменного тока напряжением 220 В.

Охранно-пожарные извещатели *по принципу действия* подразделяются на: магнитоконтактные, ультразвуковые и оптико-электронные. *По количеству зон обнаружения, дальности действия и конструктивному исполнению* охранно-пожарные извещатели классифицируются аналогично охранным извещателям.

Пожарный извещатель – устройство для формирования сигнала о пожаре. Использование термина «датчик» является неправильным, так как датчик – это часть извещателя. Несмотря на это, термин «датчик» используется во многих отраслевых нормах в значении «извещатель».

Условное обозначение пожарных извещателей должно состоять из следующих элементов: ИП Х1Х2Х3-Х4-Х5.

Аббревиатура ИП определяет наименование «извещатель пожарный». Элемент Х1 – обозначает контролируемый признак пожара; вместо Х1 приводят одно из следующих цифровых обозначений: 1 – тепловой; 2 – дымовой; 3 – пламени; 4 – газовый; 5 – ручной; 6...8 – резерв; 9 – при контроле других признаков пожара.

Элемент Х2Х3 обозначает принцип действия ПИ; вместо Х2Х3 приводят одно из следующих цифровых обозначений: 01 – с использованием зависимости электрического сопротивления элементов от температуры; 02 – с использованием термо-ЭДС; 03 – с использованием линейного расширения; 04 – с использованием плавких или сгораемых вставок; 05 – с использованием зависимости магнитной индукции от температуры; 06 – с использованием эффекта Холла; 07 – с использованием объемного расширения (жидкости, газа); 08 – с использованием сегнетоэлектриков; 09 – с использованием зависимости модуля упругости от температуры; 10 – с использованием резонансно-акустических методов контроля температуры; 11 – радиоизотопный; 12 – оптический; 13 – электроиндукционный; 14 – с использованием эффекта «памяти формы»; 15...28 – резерв; 29 – ультрафиолетовый; 30 – инфракрасный; 31 – термобарометрический; 32 – с использованием материалов, изменяющих оптическую проводимость в зависимости от температуры; 33 – аэроионный; 34 – термошумовой; 35 – при использовании других принципов действия.

Элемент Х4 обозначает порядковый номер разработки извещателя данного типа.

Элемент Х5 обозначает класс извещателя.

По способу соединения извещателей с приемной станцией различают лучевые (радиальные) и шлейфные (кольцевые) системы (см. рис. 6.4).

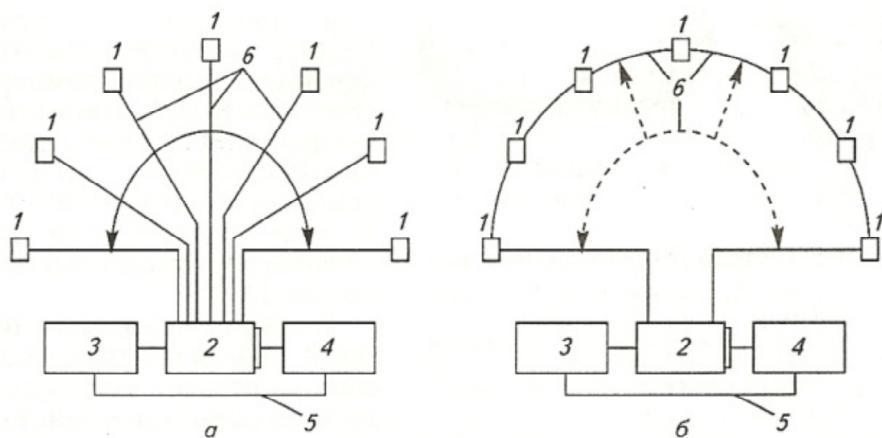


Рис. 6.4. Схема устройства систем электрической пожарной сигнализации:
а – лучевая (радиальная); *б* – шлейфная (кольцевая); 1 – извещатели (датчики); 2 – приемная станция; 3 – блок резервного питания аккумуляторов; 4 – блок питания от сети (с преобразователем тока); 5 – система переключения с одного питания на другое; 6 – линейные сооружения (проводка)

Важнейшим элементом систем сигнализации являются датчики – пожарные извещатели, которые в зависимости от проявлений процесса горения могут быть тепловыми, световыми и дымовыми. Наиболее распространенные тепловые извещатели по принципу действия разделяются на максимальные, дифференциальные и максимально-дифференциальные. Первые срабатывают при достижении определенной температуры, вторые – при определенной скорости нарастания температуры, третьи – от любого преобладающего изменения температуры. По конструктивному исполнению тепловые извещатели бывают пассивные, в которых под воздействием температуры чувствительный элемент меняет свои параметры, и активные, в которых проявления начальной стадии пожара (дым, продукты горения) вызывают изменение параметров активной зоны – ионизации, прозрачности и т. д.

Автоматический пожарный извещатель ДТЛ представляет собой пассивный извещатель максимального действия однократного срабатывания и предназначен для закрытых взрывобезопасных помещений.

Принцип его действия основан на размыкании двух пружинящих контактных пластин (см. рис. 6.5, а), соединенных легкоплавким припоем из сплава ВУДа, который плавится при определенной температуре. Он может работать с любым объектовым приемно-контрольным прибором, станцией электрической пожарной сигнализации или пультом централизованного наблюдения.

Извещатель пожарный тепловой ИП-104-1 максимального действия контактного типа по принципу действия идентичен извещателю ДТЛ. Извещатель ИП-104-1 выдает сигнал тревоги (размыкание пружинящих контактов, соединенных легкоплавким припоем) при повышении температуры окружающей среды выше установленной нормы на приемно-контрольную станцию.

Автоматический биметаллический максимально-дифференциальный пожарный извещатель МДПИ-028 состоит из двух биметаллических элементов, которые деформируются при повышении окружающей температуры и своими незакрепленными концами воздействуют на контакты (см. рис. 6.5, б).

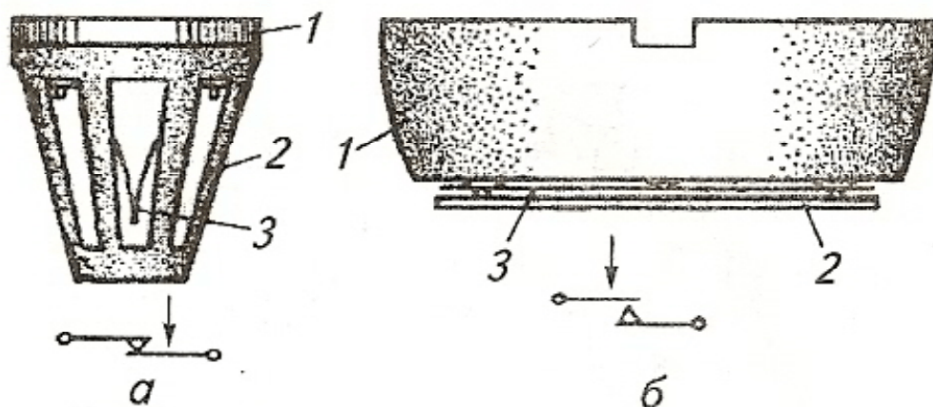


Рис. 6.5. Образцы тепловых извещателей:
а – с легкоплавким замком; *б* – с биметаллической пластиной;
 1 – основание извещателя; 2 – защитное устройство, предохраняющее чувствительный элемент от механических повреждений;
 3 – чувствительный элемент

Извещатель пожарный тепловой магнитный ИП-105-2/1 – его действие основано на изменении магнитной индукции под действием высокой температуры.

Искробезопасный извещатель пожарной сигнализации типа ДПС-038 является дифференциальным и предназначен для работы во взрывобезопасных помещениях. Он представляет собой термобатарею, состоящую из соединенных последовательно хромелько-пелевых термопар; его действие основано на возникновении термоэлектродвижущей силы в термопарах при наличии разности температур малоинерционных и инерционных спаев.

Дымовые извещатели бывают двух типов: точечные, сигнализирующие о появлении дыма в местах их установки, и линейно-объемные, работающие на принципе затенения светового луча между приемником и излучателем.

Дымовой извещатель ИДФ-М – объемный, основан на изменении светового потока частицами дыма в дымовой камере; ИП 212-2 – точечный, основан на фотоэлектрическом эффекте; ДИП-1 – комбинированный, реагирующий на дым и тепло в результате изменения проводимости полупроводниковых диодов с повышением температуры; РИД-1 и РИД-6 – радиационные, основанные на различной ионизации воздуха при наличии дыма и продуктов сгорания источником излучения – плутонием 239 (см. рис. 6.6); ДОП, ИОП и КВАРТ – объемные, основанные на затенении инфракрасного луча продуктами горения.

В дымовых извещателях типа РИД в нормальном режиме (в ионизационной камере дыма нет) напряжение U_1 на управляющей сетке устанавливается ниже потенциала зажигания тиратрона (около 70 В). При попадании дыма в камеру уровень ионизации уменьшается, а сопротивление R_2 увеличивается, вследствие чего напряжение U_2 повышается. Когда оно достигает потенциала зажигания (около 110 В), тиратрон срабатывает и ток в цепи резко увеличивается (сигнал тревоги).

Работа светового извещателя ДПИД основана на принципе регистрации инфракрасного излучения пламени.

Наиболее важной характеристикой извещателей является их инерционность. Наименьшей инерционностью обладает световой извещатель, наибольшей – тепловой. Однако тепловые извещатели очень просты и дешевы по сравнению со световыми и дымовыми.

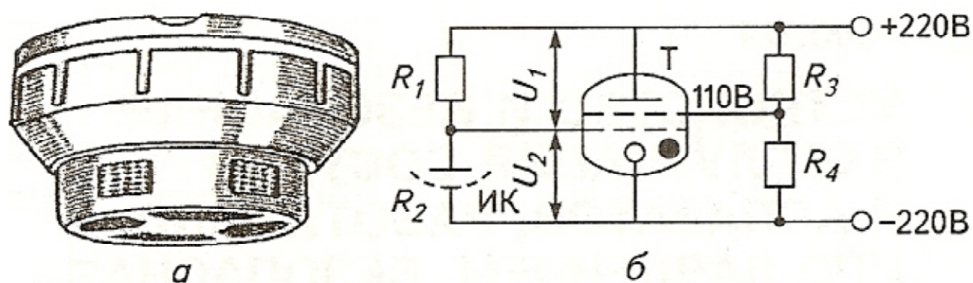


Рис. 6.6. Общий вид (а) и электрическая схема (б) дымового извещателя:
 R_1, R_2, R_3, R_4 – сопротивления; Т – тиратрон; ИК – ионизационная камера

Вопросы для самоконтроля:

1. Категорирование помещений и зданий по НПБ 105-03.
2. Что является количественным критерием назначения категории взрывопожароопасности здания?
3. Роль удельной пожарной нагрузки при определении категорий зданий.
4. Категорирование наружных установок производственного и складского назначения по пожарной опасности по НПБ 105-03.
5. Классификация строительных материалов и конструкций по огнестойкости.
6. Меры по ограничению последствий пожаров и взрывов при нормировании и проектировании зданий.

Интерактивные формы занятий

1. Разминка

Цель занятия: актуализация обсуждаемых вопросов и выполняемых действий на практическом занятии.

Предлагаемые вопросы к обсуждению:

1. Как обеспечивается пожарная защита?
2. Назовите огнегасительные вещества, используемые для тушения пожара. Охарактеризуйте их.
3. Какие условия необходимы для предотвращения горения?
4. От чего зависит выбор огнетушителей?
5. Как привести в действие углекислотный огнетушитель?
6. Как привести в действие химический пенный огнетушитель?
7. Из чего состоит химическая и воздушно-механическая пена? В чем их отличие?
8. Что такое кратность и стойкость пены?
9. Как привести в действие порошковые огнетушители?
10. В чем отличие углекислотного и углекислотно-бромэтилового огнетушителей?
11. Область применения, устройство и принцип действия аэрозольных огнетушителей.
12. Что относится к автоматическим средствам пожаротушения?
13. Объясните устройство и принцип действия спринклерной системы пожаротушения.
14. Что относится к передвижным средствам пожаротушения?
15. Что входит в состав пожарного поезда?

2. Работа в малых группах

Задание: изучение первичных средств тушения пожаров.

Цель работы: ознакомиться с конструкциями и применением ручных огнетушителей, с нормами их запаса для образовательных учреждений.

Оборудование: огнетушители ОХП-10, ОВП-10, ОУ-2, ОП-5 (или их макеты), пожарный щит с инвентарем (или его макет), гидропульт, пожарный ствол.

Порядок выполнения работы:

- 1) ознакомиться с теоретическими сведениями о данных огнетушителях;
- 2) изучить устройство и принцип действия данных огнетушителей;
- 3) заполнить таблицы 6.4, 6.5 с помощью данных таблицы 6.8;
- 4) выполнить технический рисунок основных частей огнетушителей ОХП-10, ОУ-2, ОП-5;
- 5) рассчитать необходимое количество первичных средств тушения пожаров для образовательного учреждения, заполнив таблицу 6.6 с помощью таблицы 6.8.

Таблица 6.4

Область применения огнегасительных веществ

№ п/п	Огнегасительные вещества	Огнегасительные свойства				В какой области нельзя применять (вписать соответствующую букву из примечания)
		охлаждающие	изолирующие	разбавляющие	ингибирующие	
1.	Вода					
2.	Песок					
3.	Покрывало из войлока, брезента					
4.	Химическая пена					
5.	Углекислота					
6.	Порошки					

Примечание: область применения огнегасительных веществ:

- а) дерево, изделия из дерева, ткани и т. п.;
- б) горючие жидкости (мазут, краски, масла);
- в) легковоспламеняющиеся жидкости (бензин, керосин);
- г) спирты;
- д) электроустановки под напряжением;
- е) ценные вещи (картины, документы, книги и т. п.);
- ж) одежда на человеке.

Таблица 6.5

Ручные огнетушители

№ п/п	Марка	Условное обозначение	Технические характеристики: а) время действия; б) дальность действия; в) площадь гашения	Огнегасительные свойства	Область применения
1.	ОХП-10				
2.	ОУ-2				
3.	ОП-5				
4.	ОВП-10				

Таблица 6.6

**Нормы первичных средств пожаротушения
для образовательного учреждения**

№ п/п	Средства пожаротушения	Кол-во	Примечания
1.	Огнетушители: а) пенные; б) углекислотные; в) порошковые		
2.	Ящики с песком (объем 0,5 м³)		
3.	Бочки с водой		
4.	Покрывало		
5.	Пожарный щит, оборудованный лопатой, багром, топором, ведрами		

Таблица 6.7

**Нормы первичных средств пожаротушения
(извлечения из ППБ-01-93)**

№ п/п	Наименование помещений	Единица измерения	Огнетушитель пенный или порошковый	Огнетушитель углекислотный	Брезентовое или асбестовое полотно	Примечания
1	2	3	4	5	6	7
1.	Классы, кабинеты, аудитории, лекционные, административные и спальные помещения, групповые детские дошкольные учреждения, общежития профтехучилищ	30 погонных метров длины коридора, холла, рекреации	1			Не менее двух на этаж или его часть, в виде лентуемых глухими стенами

№ п/п	Наименование помещений	Единица измерения	Огнетушитель пенный или порошковый	Огнетушитель углекислотный	Брезентовое или асбестовое полотно	Примечания
1	2	3	4	5	6	7
2.	Лаборатории (кабинеты) химии, биологии, лаборантские при них, помещения для трудового и профессионального обучения (кроме мастерских по обработке металла),	100 м ²	1			Не менее одного на помещение
	кружковые технического моделирования, живописи, юных натуралистов, кинофотолаборатории, библиотеки, студии					
3.	Кабинеты информатики, вычислительной техники, физики, мастерские по обработке металла, радиотехнические центры, электромашинные помещения и помещения вентиляционных систем	100 м ²	1	1		Не менее одного пенного и одного углекислотного на помещение
4.	Закрытые учебно-спортивные залы, обеденные, актовые, лекционные и читальные залы	200 м ²	2			Не менее двух на помещение
5.	Гаражи, открытые стоянки автомашин, тракторов и др. техники (без учета первичных средств пожаротушения, которыми оборудованы транспортные средства)	100 м ²	1	1	1	Не менее двух на помещение или стоянку. Дополнительно оборудуются ящиком с песком и лопатой

№ п/п	Наименование помещений	Единица измерения	Огнетушитель пенный или порошковый	Огнетушитель углекислотный	Брезентовое или асбестовое полотно	Примечания
1	2	3	4	5	6	7
6.	Котельные на твердом и газообразном топливе	На два котла	1			Ящик с песком и лопатой
7.	Кинопроекционная, кинопередвижка	На один аппарат	1		1	

Примечание: все виды огнетушителей и пожарные краны должны быть пронумерованы. На огнетушителях должен быть паспорт с указанием даты последней зарядки или проверки, веса заряда и подписью ответственного лица.

Таблица 6.8

Тактико-технические данные ручных огнетушителей

Тип, марка огнетушителя	Вид огнетушащего средства	Объем корпуса, л	Масса заряда, кг	Рабочее давление баллона, МПа	Длина струи, м	Продолжительность действия, с	Диапазон рабочих температур, °С	Средний срок службы, лет
ОХП-10	Кислотно-щелочной состав	8,7	10	1,4	6	60	+1 ÷ +40	10
ОВП-10	Пенообразователь ПО-6к, ПО-1	10	9	1,4	4,5	45	+5 ÷ +45	10
ОУ-2	Двуокись углерода сжиженная	2,0	1,4	6,0	1,5	8	-40 ÷ +50	10
ОП-5	Порошок ПСБ, пирант, П-2АП и др.	5,0	5,0	1,4	5,0	15	-50 ÷ +50	10

3. Ситуация-тренинг

Цель тренинга: сформировать у студентов навыки применения условных обозначений огнетушителей.

Задание: используя условные обозначения огнетушителей, охарактеризуйте их назначение.

Примеры условных обозначений огнетушителей:

- 1) ОУ-10; ОУ-40;
- 2) ОП-10 (з); ОП-50 (з); ОП-5 (з), (б);
- 3) ОВП-5 (з); ОВП-100 (б);
- 4) ПСБ-3, П-2АП;
- 5) ОВП-10(з)-АВ-01 (УгПАВ) ГОСТ Р 51057-2001;
- 6) ОП-5(б)-АВСЕ- 03 (Ш) ГОСТ Р 51057-2001;
- 7) ОП-2(з)-ВСЕ ГОСТ Р 51057-2001;
- 8) ОВЭ-5(б)-АВ-03 (ФторПАВ);
- 9) ОВ-5(б)-АВ «Борей» ГОСТ Р 51057-2001;

10) ОУ-2- ВСЕ ГОСТ Р 51057-2001.

4. Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, видео, слайдов и т. п. Интерактивность обеспечивается процессом последующего обсуждения темы.

Цель занятия: развитие у студентов коммуникативных навыков, актуализация и визуализация изучаемого содержания на лекции.

Рекомендуемые темы презентаций:

- 1) горючие и взрывоопасные вещества;
- 2) горение как химическая реакция;
- 3) условия прекращения процесса горения;
- 4) горение и поражающие факторы пожара;
- 5) поражающие факторы пожара и взрыва;
- 6) классификация и причины пожаров;
- 7) стадии развития пожара и условия, способствующие его распространению;
- 8) пожар и условия его распространения;
- 9) способы и приемы тушения огня;
- 10) техника, используемая для тушения пожаров;
- 11) характеристика основных огнетушащих веществ;
- 12) особенности огнетушащего средства (вода);
- 13) особенности огнетушащего средства (пена);
- 14) особенности огнетушащего средства (галогеноуглеводороды);
- 15) особенности огнетушащего средства (порошки);
- 16) характеристика противопожарного водоснабжения;
- 17) система оповещения о пожаре.

5. Просмотр учебных фильмов (с управляющими программами) по пожарной безопасности промышленных предприятий

Цель: совершенствование предоставления новой информации, а также развитие коммуникативных навыков, актуализация и визуализация изучаемого содержания на лекции по следующим направлениям: проведение обучения, инструктажа, пожарно-технического минимума и контроля знаний персонала предприятий по вопросам пожарной безопасности, соответствующих новому нормативному материалу.

Перед просмотром фильма необходимо поставить перед обучаемыми несколько (три-пять) ключевых вопросов. Можно останавливать фильм на заранее намеченных позициях и проводить дискуссию. По окончании просмотра необходимо обязательно совместно со студентами подвести итоги и озвучить извлеченные выводы.

Предлагаемые темы учебных фильмов:

- 01 – пожарная безопасность предприятия (основная часть);
- дополнительные требования противопожарного режима к производственным объектам, использующим в производственном процессе пожаровзрывоопасные, пожароопасные вещества и материалы;
- дополнительные требования противопожарного режима при проведении пожароопасных работ.

Используемая литература

1. Федеральный закон РФ от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».
2. Федеральный закон РФ от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
3. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

4. ГОСТ 12.1.033-81 ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения.
5. ГОСТ 12.1.041-83 ССБТ. Пожаровзрывобезопасность горючих пылей. Общие требования.
6. ГОСТ 30244-94. Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть.
7. ГОСТ 30247.0-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования.
8. ГОСТ 30247.1-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции.
9. ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
10. ГОСТ Р 12.3.047-98 ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
11. ППБ 01-93. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.
12. НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
13. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы.
14. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
15. СТ СЭВ 383-87. Пожарная безопасность в строительстве. Термины и определения.
16. Абрамова, С. В. Безопасность жизнедеятельности: теория, методика, практика, культура : словарь-справочник / авт.-сост.: С. В. Абрамова, Е. Н. Бояров, А. С. Ломов. – Южно-Сахалинск : изд-во СахГУ, 2011. – 536 с.
17. Азбука пожарной безопасности / сост.: И. К. Мыльников, В. М. Ардашев, В. В. Фабер и др. – СПб., 2000.
18. Арустамов, Э. А. Безопасность жизнедеятельности / Э. А. Арустамов. – М. : Академия, 2009. – 274 с.
19. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности : учебник для вузов / С. В. Белов. – М. : Академия, 2009. – 329 с.
20. Косолапова, Н. В. Основы безопасности жизнедеятельности : учебник / Н. В. Косолапова. – М. : Академия, 2010. – 287 с.
21. Крюков, Р. В. Безопасность жизнедеятельности : конспект лекций / Р. В. Крюков. – М. : А-Приор, 2011. – 263 с.
22. Кукин, П. П. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда) : учебное пособие для вузов / П. П. Кукин, В. Л. Лапин. – М. : Высш. шк., 2006. – 279 с.
23. Монахов, А. Ф. Безопасность жизнедеятельности : лабораторный практикум / А. Ф. Монахов. – М. : изд. дом МЭИ, 2009. – 371 с.
24. Оглезнев, А. В. Промышленная безопасность опасных производственных объектов: методическое пособие / А. В. Оглезнев. – Пермь : Припит, 2008. – 120 с.
25. Корольченко, А. Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения / А. Я. Корольченко. – М. : Пожнаука, 2004. – 321 с.
26. Корольченко, А. Я. Процессы горения и взрыва / А. Я. Корольченко. – М. : Пожнаука, 2007. – 266 с. : илл.
27. Повзик, Я. С. Справочник руководителя тушения пожара / Я. С. Повзик. – М., 2000.
28. Пожарная безопасность : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / Л. А. Михайлов, В. П. Соломин, О. Н. Русак и др. ; под ред. Л. А. Михайлова. – М. : изд. центр «Академия», 2013. – 224 с. – (Сер. Бакалавриат).
29. Собурь, С. В. Краткий курс пожарно-технического минимума : учебное пособие / С. В. Собурь. – М. : ПожКнига, 2007 – 296 с. : илл.

РАЗДЕЛ VII.

УСТРОЙСТВО И БЕЗОПАСНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ СОСУДОВ И АППАРАТОВ, РАБОТАЮЩИХ ПОД ДАВЛЕНИЕМ. БЕЗОПАСНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОМПРЕССОРОВ

7.1. Основные термины и определения

Сосуды, работающие под давлением, паровые и водогрейные котлы, трубопроводы пара горячей воды относятся в соответствии с Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ (новая редакция от 7.08.2000 г. № 122-ФЗ) к опасным производственным объектам. Эксплуатация их связана с повышенной опасностью. Особенно опасны взрывы сосудов, котлов, трубопроводов пара и горячей воды, так как они вызывают большие разрушения, несчастные случаи (в том числе и с летальным исходом) и наносят большой материальный ущерб.

Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением, котлов, трубопроводов пара и горячей воды принято называть Правилами котлонадзора, а объекты, на которые они распространяются, – объектами котлонадзора.

Контроль за соблюдением Правил котлонадзора осуществляют органы Ростехнадзора РФ или другие структуры.

На предприятиях и в организациях контроль за соблюдением Правил котлонадзора осуществляется инспекторами котлонадзора, которые периодически проводят технические освидетельствования и обследования объектов котлонадзора.

Инспекторам котлонадзора предоставлено право приостанавливать работу объектов котлонадзора при нарушении правил, норм и инструкций по технике безопасности, налагать штрафы на должностных лиц.

Контроль за соблюдением правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением, в организациях возлагается на руководителей и специалистов, осуществляющих надзор за техническим состоянием и эксплуатацией сосудов, работающих под избыточным давлением.

Ниже приведены используемые в Правилах котлонадзора основные термины и определения.

Сосуд – герметически закрытая емкость, предназначенная для ведения химических, тепловых и других технологических процессов, а также для хранения и транспортирования газообразных, жидких и других веществ (см. рис. 7.1). Границей сосуда являются входные и выходные штуцера.

Давление пробное – давление, при котором производится испытание сосуда.

Давление рабочее – максимальное внутреннее избыточное или наружное давление, возникающее при нормальном протекании рабочего процесса.

Давление расчетное – давление, используемое при расчете на прочность.

Давление условное – расчетное давление при температуре 20 °С, используемое при расчете на прочность стандартных сосудов.

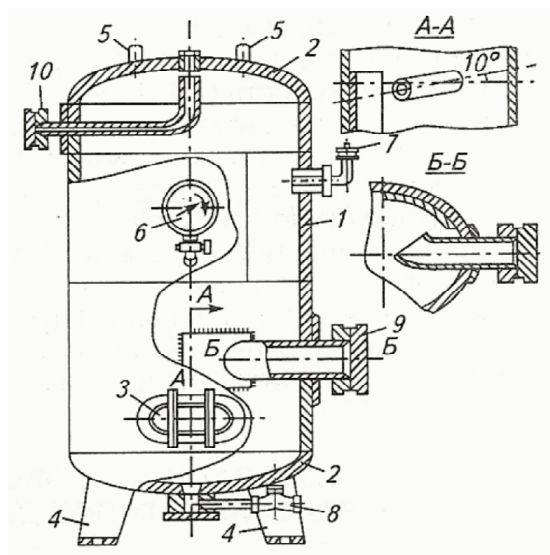


Рис. 7.1. Воздухосборник:

- 1 – корпус; 2 – днище; 3 – люк; 4 – опора; 5 – монтажные скобы;
6 – манометр; 7 – предохранительный клапан; 8 – вентиль;
9 – нижний патрубок; 10 – верхний патрубок

Баллон – сосуд, имеющий одну или две горловины для установки вентилей, фланцев или штуцеров, предназначенный для транспортирования, хранения и использования сжатых, сжиженных или растворенных под давлением газов.

Бочка – сосуд цилиндрической или другой формы, который можно перекачивать с одного места на другое и ставить на торцы без дополнительных опор, предназначенный для транспортирования и хранения жидких и других веществ.

Резервуар – стационарный сосуд, предназначенный для хранения газообразных, жидких и других веществ.

Цистерна – передвижной сосуд, постоянно установленный на раме железнодорожного вагона, на шасси автомобиля (прицепа) или других средствах передвижения, предназначенный для транспортирования и хранения газообразных, жидких и других веществ.

Штуцер – элемент, предназначенный для присоединения к сосуду трубопроводов, трубопроводной арматуры, контрольно-измерительных приборов и т. п.

Вместимость – объем внутренней полости сосуда, определяемый по указанным на чертежах номинальным размерам.

7.2. Опасность эксплуатации сосудов, работающих под давлением

Основная опасность эксплуатации сосудов заключается в возможности их разрушения при внезапном адиабатическом расширении газов и паров. Причинами таких разрушений являются взрывы при потере механической прочности сосудов, местных перегревах, ударах, превышениях рабочего

давления. При взрыве потенциальная энергия сжатой газообразной среды за очень короткое время преобразуется в кинетическую энергию осколков разрушенного оборудования и ударную волну (опасность травмирования людей). Особенно опасны разрушения сосудов, содержащих токсичную среду (опасность отравления) и горючую среду (опасность пожара и взрыва).

Основными причинами аварий сосудов являются:

а) значительное превышение давления из-за неисправности предохранительных клапанов, нарушение технологического процесса или воспламенение паров масла в воздухохорборниках, отсутствие (неисправность) редуцирующих устройств;

б) неисправность или отсутствие предохранительных устройств сосудов с быстросъемными крышками;

в) дефекты при изготовлении, монтаже и ремонте сосудов;

г) переполнение сосудов сжиженными газами;

д) износ стенок сосудов;

е) обслуживание сосудов необученным персоналом, нарушение технологической и трудовой дисциплины;

ж) нарушение требований Правил из-за их незнания;

з) выдача должностными лицами указаний или распоряжений, принуждающих подчиненных им лиц нарушать Правила.

Обычно основную опасность представляют осколки разрушенного сосуда. Чем больше скорость летящих осколков, тем больше радиус поражения и, соответственно, тяжелее последствия разрушения сосуда. Радиус поражения определяется величиной приобретенной осколком кинетической энергии, которая пропорциональна потенциальной энергии сжатой среды, заключенной в сосуде.

Потенциальная энергия сжатой среды определяется как энергия адиабатического расширения газа (сжатой среды):

$$W = \frac{P_1 V_1}{K-1} \left[1 - \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{K-1}{K}} \right], \quad (7.1)$$

где: P_1 – давление разрушения сосуда; V_1 – начальный объем сжатой среды (объем сосуда); K – показатель адиабаты ($K = C_p/C_v$; C_p и C_v – теплоемкости при постоянном давлении и постоянном объеме); P_2 – конечное давление при расширении среды, обычно равно атмосферному ($P_2 = 0,1$ МПа).

Из формулы 7.1 видно, что потенциальная энергия сжатой среды пропорциональна произведению начального давления на объем сосуда:

$$W \approx P_1 V_1. \quad (7.2)$$

Следовательно, чем больше объем сосуда и (или) давление сжатой среды, тем опаснее последствия разрушения сосуда.

Область применения «Правил устройств и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» распространяется на:

- сосуды, работающие под давлением воды с температурой выше 115 °С или другой жидкости с температурой, превышающей температуру кипения при давлении 0,07 МПа (0,7 кгс/см²), без учета гидростатического давления;
- сосуды, работающие под давлением пара или газа свыше 0,07 МПа (0,7 кгс/см²);

- баллоны, предназначенные для транспортирования и хранения сжатых, сжиженных и растворенных газов под давлением свыше 0,07 МПа (0,7 кгс/см²);
- цистерны и бочки для транспортирования и хранения сжиженных газов, давление паров которых при температуре до 50 °С превышает 0,07 МПа (0,7 кгс/см²);
- цистерны и сосуды для транспортирования или хранения сжатых, сжиженных газов, жидкостей и сыпучих тел, в которых давление выше 0,07 МПа (0,7 кгс/см²) создается периодически для их опорожнения;
- барокамеры.

Правила не распространяются на:

- сосуды, изготавливаемые в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок», утверждаемыми Ростехнадзором РФ, а также сосуды, работающие с радиоактивной средой;
- сосуды вместимостью не более 0,025 м³ (25 л) независимо от давления, используемые для научно-экспериментальных целей. При определении вместимости из общей емкости сосуда исключается объем, занимаемый футеровкой, трубами и другими внутренними устройствами. Группа сосудов, а также сосуды, состоящие из отдельных корпусов и соединенные между собой трубами с внутренним диаметром более 100 мм, рассматриваются как один сосуд;
- сосуды и баллоны вместимостью не более 0,025 м³ (25 л), у которых произведение давления в МПа (кгс/см²) на вместимость м³ (литрах) не превышает 0,02 (200);
- сосуды, работающие под давлением, создающимся при взрыве внутри них в соответствии с технологическим процессом;
- сосуды, работающие под вакуумом;
- сосуды, устанавливаемые на морских, речных судах и других плавучих средствах (кроме драг);
- сосуды, устанавливаемые на самолетах и других летательных аппаратах;
- воздушные резервуары тормозного оборудования подвижного состава железнодорожного транспорта, автомобилей и других средств передвижения;
- сосуды специального назначения военного ведомства;
- приборы парового и водяного отопления;
- трубчатые печи;
- сосуды, состоящие из труб с внутренним диаметром не более 150 мм без коллекторов, а также с коллекторами, выполненными из труб с внутренним диаметром не более 150 мм.

7.3. Требования к конструкции и изготовлению сосудов

Конструкция сосудов должна обеспечивать надежность и безопасность эксплуатации в течение расчетного срока службы и предусматривать возможность проведения технического освидетельствования, очистки, промывки, продувки, ремонта.

Сосуды должны быть снабжены необходимым количеством люков для осмотра, очистки и ремонта.

Сосуды с внутренним диаметром более 800 мм должны иметь люки; внутренний диаметр круглых люков должен быть не менее 400 мм.

При сварке обечаек, приварке днищ к обечайкам должны применяться стыковые швы с полным проплавлением. Они обеспечивают наименьшие остаточные напряжения и деформации при сварке. Допускаются сварные соединения в тавр и угловые с полным проплавлением для приварки плоских днищ, фланцев, трубных решеток, штуцеров, люков, рубашек.

К производству сварочных работ допускаются сварщики, аттестованные в соответствии с «Правилами аттестации сварщиков», утвержденными Ростехнадзором РФ, и имеющие удостоверение установленной формы.

Изготовление, монтаж, наладка, реконструкция, ремонт сосудов должны выполняться специализированными организациями, имеющими разрешение органов Ростехнадзора РФ.

Для установления методов и объема контроля сварных соединений необходимо определить *группу сосуда* в зависимости от расчетного давления, температуры стенки и характера рабочей среды (см. табл. 7.1).

Таблица 7.1

Группа сосуда в зависимости от расчетного давления, температуры стенки и характера рабочей среды

Группа сосуда	Расчетное давление, МПа (кгс/см ²)	Температура стенки, °С	Характер рабочей среды
1	Свыше 0,07 (0,7)	Независимо	Взрывоопасная, пожароопасная или 1-го, 2-го классов опасности по ГОСТ 12.1.0.07-76
2	До 2,5 (25) Свыше 2,5 (25) до 4 (40) Свыше 4 (40) до 5 (50) Свыше 5 (50)	Ниже –70, выше 400 Ниже –70, выше 200 Ниже –40, выше 200 независимо	Любая, за исключением указанной для 1-й группы сосудов
3	До 1,6 (16) Свыше 1,6 (16) до 2,5 (25) Свыше 2,5 (25) до 4 (40) Свыше 4 (40) до 5 (50)	От –70 до –20 От 200 до 400 От –70 до 400 От –70 до 200 От –40 до 200	Любая, за исключением указанной для 1-й группы сосудов
4	До 1,6 (16)	От –20 до 200	То же

Материалы, применяемые для изготовления сосудов, должны обеспечивать их надежную работу в течение расчетного срока с учетом условий эксплуатации.

Для выявления дефектов организация-изготовитель, а также монтажные и

ремонтные организации должны проводить контроль сварных соединений.

Основными видами неразрушающего контроля являются:

- 1) визуальный и измерительный;
- 2) радиографический;
- 3) ультразвуковой;
- 4) радиоскопический;
- 5) стилоскопический;
- 6) измерение твердости;
- 7) гидравлические испытания;
- 8) пневматические испытания.

Контроль материалов и сварных соединений неразрушающими методами проводится организациями, имеющими лицензию органов Ростехнадзора РФ.

Контроль механических свойств, испытание на стойкость к межкристаллитной коррозии и металлографические исследования сварных соединений производятся на образцах, изготовленных из контрольных сварных соединений.

Механическим испытаниям должны подвергаться контрольные стыковые сварные соединения в целях проверки соответствия их механических свойств требованиям Правил и технических условий на изготовление сосудов.

Обязательные виды механических испытаний:

- на статическое растяжение;
- на статический изгиб или сплющивание;
- на ударный изгиб – для сосудов с рабочим давлением более 5 МПа (50 кгс/см²) или работающих при температуре выше 450 °С;
- на ударный изгиб (для сосудов 1-, 2-, 3-й групп, предназначенных для работы при температуре –20 °С).

Металлографическим исследованиям должны подвергаться контрольные стыковые сварные соединения, определяющие прочность сосудов и их элементов.

Испытания сварных соединений на стойкость к межкристаллитной коррозии должны проводиться для сосудов и их элементов, изготовленных из сталей аустенитного, ферритного, аустенитно-ферритного классов.

7.4. Испытания сосудов, работающих под давлением

Гидравлическое испытание. Гидравлическому испытанию подлежат все сосуды после их изготовления, причем сосуды, имеющие защитное покрытие или изоляцию, подвергаются гидравлическому испытанию до наложения покрытия или изоляции.

Гидравлическое испытание *нелитых* сосудов проводится пробным давлением, определяемым по формуле:

$$P_{пр} = 1,25 P \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]}, \quad (7.3)$$

где: $P_{пр}$ – пробное давление, МПа (кгс/см²); P – расчетное давление сосуда, МПа (кгс/см²); $[\sigma]_{20}$ – допускаемое напряжение материала сосуда при 20 °С, МПа (кгс/см²); $[\sigma]$ – допускаемое напряжение материала сосуда при расчетной температуре, МПа (кгс/см²).

Гидравлическое испытание литых сосудов и деталей проводится пробным давлением, определяемым по формуле:

$$P_{пр} = 1,25P \frac{[\sigma]_2}{[\sigma]_1}. \quad (7.4)$$

Гидравлическое испытание криогенных сосудов при наличии вакуума в изолированном пространстве корпуса производится пробным давлением, определяемым по формулам:

$$P_{пр} = 1,25P - 1 (\text{кгс} / \text{см}^2). \quad (7.5)$$

$$P_{пр} = 1,25P - 0,1 (\text{МПа}). \quad (7.6)$$

Порядок проведения испытаний должен быть оговорен в техническом проекте и указан в инструкции предприятия-производителя по монтажу и эксплуатации сосуда, работающего под давлением.

Для гидравлического испытания сосудов должна применяться вода с температурой не ниже +5 °С и не выше +40 °С. По согласованию с разработчиком проекта вместо воды может быть использована другая жидкость. При заполнении сосуда водой воздух должен быть удален полностью. Гидравлические испытания проводятся только после внутреннего осмотра сосуда. Давление в испытываемом сосуде следует повышать плавно.

Использование сжатого воздуха или газа для подъема давления не допускается.

Давление при гидравлическом испытании контролируется двумя манометрами одного типа, имеющими одинаковые пределы измерения, класс точности и цену деления.

Время выдержки сосуда под пробным давлением устанавливается разработчиком проекта. При отсутствии специальных указаний в проекте время выдержки (мин.) должно быть не менее значений, указанных ниже:

Для нелитых металлических сосудов с толщиной стенки (мм):	
до 50.....	10
свыше 50 до 100.....	20
свыше 100.....	30
Для литых металлических, неметаллических и многослойных сосудов независимо от толщины стенки.....	60

После выдержки под пробным давлением его снижают до расчетного и проводят осмотр наружной поверхности. Обстукивание стенок сосуда во время испытания не допускается.

Сосуд считается выдержавшим гидравлическое испытание, если не обнаружено: трещин, слезок, потения в сварных соединениях, остаточных деформаций, течи в разъемных соединениях, падения давления по манометру. Сосуд и его элементы, в которых при гидравлическом испытании были выявлены дефекты, после их устранения подвергаются повторному гидравлическому испытанию пробным давлением.

В случаях, когда проведение гидравлического испытания невозможно (большое напряжение в фундаменте от массы воды и т. п.), разрешается замена гидравлических испытаний пневматическими (воздухом или инертным газом). Этот вид испытания допускается только при условии контроля методом акустической эмиссии.

Пневматическое испытание. При пневматическом испытании применяются следующие меры предосторожности:

- вентиль на наполнительном трубопроводе и манометры выносятся за пределы помещения, в котором находится сосуд;
- люди на время испытаний удаляются в безопасное место.

Значение пробного давления, результаты испытаний и сроки следующего технического освидетельствования заносятся в паспорт сосуда лицом, проводившим эти испытания.

Сосуды, работающие под давлением вредных веществ (жидкостей и газов) 1-го и 2-го классов опасности по ГОСТ 12.1.007-76, испытываются владельцем сосуда на герметичность воздухом или инертным газом (азотом) под давлением, равным рабочему давлению.

По достижении в испытуемом сосуде испытательного давления подача сжатого воздуха или азота прекращается, между подводящим трубопроводом и запорным вентилем устанавливается металлическая заглушка и проводится наблюдение за падением давления в сосуде не менее 4 ч. для сосудов при периодической проверке их и не менее 24 ч. – для вновь устанавливаемых сосудов.

Замер начального давления и исчисление указанного времени производятся после выравнивания температур внутри и вне сосуда. Замер температуры газа в сосуде должен производиться либо путем установки ртутных термометров в имеющиеся в сосуде гильзы, либо укреплением термометров на поверхности сосуда с надежной тепловой изоляцией заполненной ртутью части термометра и места его установки от окружающей среды.

Падение давления в сосуде при испытании на герметичность определяется по формуле:

$$\Delta P = \frac{100}{\tau} \left(1 - \frac{P_K T_n}{P_n T_K} \right), \quad (7.7)$$

где: ΔP – падение давления за час, % от испытательного давления; P_n – сумма манометрического и барометрического давлений в начале испытания, кгс/см², или мм рт. ст.; P_K – то же, в конце испытания; T_n – абсолютная температура в начале испытания, К; T_K – то же, в конце испытания; τ – время испытания, ч.

Сосуд признается выдержавшим испытание на герметичность и пригодным к эксплуатации, если падение давления за 1 ч. не превышает 0,1 % при токсичных и 0,2 % при пожаро- и взрывоопасных средах для вновь устанавливаемых сосудов и 0,5 % для сосудов, подвергающихся повторному испытанию.

7.5. Документация, маркировка сосудов и их регистрация

Каждый сосуд поставляется изготовителем заказчику с паспортом установленной формы.

На каждый сосуд должна быть прикреплена табличка, на которой нано-

сится маркировка, содержащая следующую информацию:

- товарный знак или наименование завода-изготовителя;
- наименование или обозначение сосуда;
- порядковый номер сосуда по системе нумерации изготовителя;
- год изготовления;
- рабочее давление, МПа (кгс/см²);
- расчетное давление, МПа (кгс/см²);
- пробное давление, МПа (кгс/см²);
- допустимая максимальная и (или) минимальная рабочая температура стенки, °С; масса сосуда, кг.

Наиболее опасные сосуды 1-й группы, работающие при температуре стенки не выше 200 °С, у которых производство давления в МПа (кгс/см²) на вместимость в м³ (литрах) превышает 0,05 (500), и сосуды 2-, 3-, 4-й групп, работающие при температуре стенки не выше 200 °С, у которых производство давления в МПа (кгс/см²) на вместимость в м³ (литрах) превышает 1,0 (10 000), регистрируются в органах Ростехнадзора РФ.

Регистрации в органах Ростехнадзора РФ не подлежат:

- 1) сосуды 1-й группы, работающие при температурах $t < 200$ °С, у которых производство давления (кгс/см²) на емкость (л) не превышает 500 ($pV < 500$), а также сосуды 2-, 3-, 4-й групп, работающие при температурах $t < 200$ °С, у которых данное производство не превышает 10 000 ($pV < 10000$);
- 2) аппараты воздухоразделительных установок;
- 3) резервуары воздушных электрических выключателей;
- 4) бочки для перевозки сжиженных газов;
- 5) баллоны вместимостью до 100 л включительно, установленные стационарно, а также предназначенные для транспортировки, хранения сжатых, сжиженных и растворенных газов;
- 6) реакторы для получения водорода и растворенных газов;
- 7) сосуды, включенные в закрытую систему добычи нефти и газа;
- 8) сосуды для хранения или транспортировки сжиженных газов, жидкостей и сыпучих тел, в которых давление создается периодически для их опорожнения;
- 9) сосуды со сжатыми и сжиженными газами для обеспечения топливом двигателей транспортных средств, на которых они установлены;
- 10) сосуды, установленные в подземных горных выработках.

Техническое освидетельствование сосудов, не регистрируемых в органах Ростехнадзора РФ, проводится лицом, ответственным по надзору за исправным состоянием и безопасной эксплуатацией сосудов. Периодичность освидетельствований сосудов, не подлежащих регистрации, представлена в табл. 7.2.

Таблица 7.2

**Периодичность освидетельствований сосудов,
не подлежащих регистрации**

Наименование сосудов	Периодичность освидетельствований	
	Наружный, внутренний осмотры	Гидравлическое испытание
Сосуды, работающие со средой, вызывающей коррозию со скоростью не более 0,1 мм/год	2 года	8 лет

Продолжение таблицы 7.2

Наименование сосудов	Периодичность освидетельствований	
	Наружный, внутренний осмотры	Гидравлическое испытание
Сосуды, работающие со средой, вызывающей коррозию со скоростью более 0,1 мм/год	12 мес.	8 лет
Бочки для сжиженных газов с коррозией не более 0,1 мм/год	4 года	4 года
Бочки для сжиженных газов с коррозией более 0,1 мм/год	2 года	2 года
Баллоны с коррозией не более 0,1 мм/год	5 лет	5 лет
Баллоны с коррозией более 0,1 мм/год	2 года	2 года
Баллоны стационарные, установленные на передвижных транспортных средствах, для хранения сжатого воздуха, кислорода, аргона, азота, гелия с точкой росы – 35 °С и ниже при $p > 150 \text{ кгс/см}^2$	10 лет	10 лет

Первичное и внеочередное техническое освидетельствования сосудов, регистрируемых в органах Ростехнадзора РФ, проводятся инспектором Ростехнадзора РФ. Периодическое техническое освидетельствование сосудов проводится специалистом организации, имеющей разрешение (лицензию) органов Ростехнадзора РФ на выполнение этой работы. Периодичность освидетельствований сосудов, подлежащих регистрации в органах Ростехнадзора РФ, представлена в табл. 7.3.

Таблица 7.3

Периодичность освидетельствования сосудов, подлежащих регистрации

Наименование сосудов	Периодичность освидетельствования		
	Ответственным по надзору (наружный, внутренний осмотры)	Специалистом, имеющим разрешение (лицензию) Ростехнадзора РФ	
		Наружный, внутренний осмотры	Гидравлические испытания
Сосуды с коррозией не более 0,1 мм/год	2 года	4 года	8 лет
Сосуды с коррозией более 0,1 мм/год	12 мес.	4 года	8 лет

Наименование сосудов	Периодичность освидетельствования		
	Ответственным по надзору (наружный, внутренний осмотры)	Специалистом, имеющим разрешение (лицензию) Ростехнадзора РФ	
		Наружный, внутренний осмотры	Гидравлические испытания
Сосуды, закрытые в грунт, для хранения жидкого нефтяного газа; сосуды, изолированные путем их вакуумирования, для хранения и транспортировки сжиженных кислорода, азота и других некоррозионных криогенных жидкостей	–	10 лет	10 лет

Перед внутренним осмотром и гидравлическим испытанием сосуд должен быть отключен, освобожден от рабочей среды, отключен заглушками от всех трубопроводов, нейтрализован, при необходимости дегазирован. Металлические сосуды должны быть очищены до металла.

7.6. Разрешение на ввод сосуда в эксплуатацию

7.6.1. Баллоны

Разрешение на ввод в эксплуатацию сосуда, подлежащего регистрации в органах Ростехнадзора РФ, выдается инспектором после его регистрации на основании технического освидетельствования.

Разрешение на ввод в эксплуатацию сосуда, не подлежащего регистрации в органах Ростехнадзора РФ, выдается лицом, назначенным приказом по организации для осуществления надзора за техническим состоянием и эксплуатацией сосудов.

Разрешение на ввод сосуда в эксплуатацию записывается в его паспорт.

Для хранения и транспортировки сжатых, сжиженных и растворенных газов, находящихся под давлением, применяют стандартные стальные баллоны различной вместимости – от 0,4 до 55 л (см. рис. 7.2).

Баллоны представляют собой стальные цилиндрические сосуды, в горловине которых имеется конусное отверстие с резьбой, куда ввертывается запорный вентиль. Для каждого газа разработаны свои конструкции вентиляей. На горловину плотно насаживается кольцо с наружной резьбой, служащее для навертывания предохранительного колпака, который служит для защиты вентиля от возможных ударов при транспортировке.

Баллоны для сжатых, сжиженных и растворенных газов изготавливают согласно ГОСТ 949-73 из бесшовных труб углеродистой и легированной стали. Для сжиженных углеводородных газов при рабочем давлении не выше

16 кгс/см² допускается применение сварных баллонов. Баллоны для пропана и бутана изготавливают согласно ГОСТ 15860-78 сварными из листовой углеродистой стали. Баллоны рассчитаны на максимальное давление 16 кгс/см². Из-за большого коэффициента объемного расширения баллоны для сжиженных газов заполняют на 85 % от общего объема баллона.

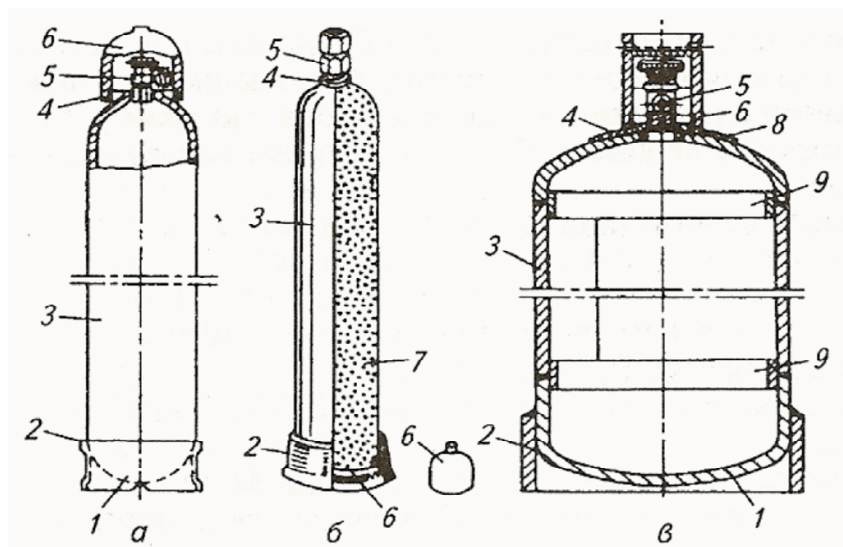


Рис. 7.2. Баллоны для газов:

*а – для кислорода; б – для ацетилена; в – для пропана и бутана (сварные);
1 – днище; 2 – опорный башмак; 3 – корпус; 4 – горловина; 5 – вентиль;
6 – колпак; 7 – пористая масса; 8 – паспортная табличка;
9 – подкладные кольца*

Наибольшее распространение получили баллоны вместимостью 40 л следующих размеров: наружный диаметр – 219 мм, толщина стенки – 6,8 мм, высота – 1370 мм. Масса баллона без газа – 67 кг. Они рассчитаны на рабочее давление 150 кгс/см² и испытательное – 225 кгс/см².

На баллоны более 100 л должны устанавливаться предохранительные клапаны.

Боковые штуцеры вентиля для баллонов, наполняемых водородом и другими горючими газами, должны иметь левую резьбу, а для баллонов с негорючими газами – правую резьбу.

На верхней сферической части каждого баллона должны быть выбиты:

- товарный знак изготовителя и заводской номер баллона; дата (месяц, год) изготовления и год следующего освидетельствования;
- клеймо завода-изготовителя (диаметром 10 мм); рабочее давление P , МПа (кгс/см²); пробное гидравлическое давление P , МПа (кгс/см²); емкость баллона E , л;
- фактическая масса порожнего баллона M , кг.

Ацетилен, накачиваемый в баллоны, заполненные пористой массой и ацетоном, принято называть растворенным ацетиленом. Для определения количества ацетилена в баллоне последний взвешивается до и после наполнения газом.

В целях обеспечения безопасного хранения ацетилена под высоким давлением баллоны для растворенного ацетилена должны быть заполнены соответствующим количеством специальной высокопористой массы (активного угля) и растворителя (ацетона). Проверка пористой массы осуществляется один раз в 24 мес. с установкой клейма диаметром 12 мм с буквами «ПМ».

Наружная поверхность баллонов должна быть окрашена в соответствии с табл. 7.4.

Таблица 7.4

Цветовая маркировка баллонов

Наименование газа	Окраска баллонов	Текст надписи	Цвет надписи	Цвет полосы
Азот	Черная	Азот	Желтый	Коричневый
Аммиак	Желтая	Аммиак	Черный	Коричневый
Ацетилен	Белая	Ацетилен	Красный	Зеленый
Кислород	Голубая	Кислород	Черный	Черный
Диоксид углерода (углекислота)	Черная	Углекислота	Желтый	Желтый
Фреон 11	Алюминиевая	Фреон 11	Черный	Синий
Гелий	Коричневая	Гелий	Белый	Черный

Освидетельствование баллонов, за исключением баллонов для ацетилена, включает:

- осмотр внутренней и наружной поверхностей;
- проверку массы и вместимости;
- гидравлическое испытание.

Проверка массы и вместимости бесшовных баллонов до 12 л и свыше 55 л не производится. При удовлетворительных результатах испытаний организация выбивает на баллоне свое клеймо, дату проведенного и следующего освидетельствований. Диаметр клейма – 12 мм. Результаты технического освидетельствования баллонов для ацетилена записываются лицом, освидетельствовавшим баллоны, в журнал испытаний.

Баллоны, в которых при осмотре наружной и внутренней поверхностей выявлены трещины, вмятины, риски глубиной более 10 % от номинальной толщины стенки, износ резьбы горловины, выбраковываются. Баллоны, у которых косая или слабая насадка башмака, к техническому освидетельствованию не допускаются. У выбракованных баллонов стенка просверливается насквозь, резьба забивается.

Выборка баллонов производится, если масса баллона снизилась более чем на 7,5 %, а емкость при этом увеличилась более чем на 1 %.

По завершении эксплуатации баллонов остаточное давление должно быть не менее 0,5 кгс/см². После этого вентиль баллона закрывают, отсоединяют

редуктор, наворачивают на штуцер вентиля заглушку, колпак и отправляют баллон на склад порожних баллонов. Полностью выпускать газ из баллона нельзя, так как в этом случае на заводе, где наполняют баллоны, невозможно проверить, какой газ оставался в баллоне от предыдущего наполнения.

Запрещается наполнять газом баллоны, у которых:

- истек срок технического освидетельствования; истек срок проверки пористой массы; поврежден корпус; неисправны вентили;

- отсутствуют надлежащая окраска или надписи;

- отсутствует избыточное давление газа;

- отсутствуют установленные клейма.

Взрывы кислородных баллонов могут происходить по следующим причинам:

- попадание на вентиль баллона жира или масла;

- падения или удары баллонов;

- появление искры при слишком большом отборе газа;

- нагрев баллона каким-либо источником тепла, в результате чего давление газа в баллоне становится больше допустимого.

Первичное освидетельствование, включающее наружный, внутренний осмотры и гидравлическое испытание, производится на заводах-изготовителях, периодические технические освидетельствования – на наполнительных станциях или испытательных пунктах.

Освидетельствование баллонов проводится не реже чем через пять лет.

Состояние пористой массы в баллонах для ацетилена проверяется, как было сказано выше, не реже чем через 24 мес.

Периодичность технических освидетельствований баллонов, находящихся в эксплуатации и не подлежащих регистрации в органах Ростехнадзора РФ, представлена в табл. 7.5.

Таблица 7.5

Периодичность освидетельствований баллонов

Наименование	Периодичность освидетельствования	
	Наружный, внутренний осмотры	Гидравлическое испытание пробным давлением
Баллоны, предназначенные для наполнения их газами, вызывающими разрушение и физико-химическое превращение материала (коррозия и т. п.): со скоростью не более 0,1 мм/год со скоростью более 0,1 мм/год	5 лет 2 года	5 лет 2 года
Баллоны, предназначенные для обеспечения топливом двигателей транспортных средств, на которых они установлены: 1) для сжатого газа: а) изготовленные из легированных сталей и металлокомпозитных материалов; б) изготовленные из углеродистых сталей и	5 лет 3 года	5 лет 3 года

металлокомпозитных материалов; в) изготовленные из неметаллических материалов; 2) для сжиженного газа	2 года 2 года	2 года 2 года
Баллоны со средой, вызывающей разрушение и физико-химическое превращение материалов (коррозия и т. п.) со скоростью менее 0,1 мм/год, в которых давление выше 0,07 МПа (0,7 кгс/см ²) создается периодически для их опорожнения	10 лет	10 лет
Баллоны, установленные стационарно, а также установленные постоянно на передвижных средствах, в которых хранится сжатый воздух, кислород, аргон, азот, гелий с температурой точки росы -35 °С и ниже, замеренной при давлении 15 МПа (150 кгс/см ²) и выше, а также баллоны с обезвоженной углекислотой	10 лет	10 лет

7.6.2. Компрессоры

По принципу действия компрессоры подразделяются на объемные [поршневые, роторные (пластинчатые, винтовые и др.), мембранные] и лопастные (турбокомпрессоры).

По назначению различают компрессоры химические, энергетические, общего назначения и т. д.

По роду сжимаемого газа компрессоры могут быть воздушные, кислородные, хлорные, азотные и т. д.

По конечному давлению компрессоры подразделяются на вакуум-компрессоры, газодувки – для нагнетания газа при давлении до 0,3 МПа; компрессоры низкого давления – для нагнетания газа от 0,3 до 1,2 МПа; среднего давления – от 1,2 до 10 МПа; высокого давления – от 10 до 100 МПа и сверхвысокого давления – более 100 МПа.

Наиболее распространены поршневые компрессоры, которые *по числу ступеней сжатия* подразделяют на одно-, двух- и многоступенчатые.

При сжатии газов возникают опасности, связанные с повышением давления, температуры, образованием горючих смесей из продуктов разложения смазочных масел и кислорода воздуха.

Реальные процессы сжатия подчиняются закону, характеризующему уравнением политропы (изменение состояния физической системы, при котором сохраняется постоянной ее теплоемкость):

$$PV^m = \text{const}, \quad (7.8)$$

где: m – показатель политропы $\left(m = \frac{C - C_p}{C - C_v} \right).$

При сжатии температура возрастает в зависимости от роста давления:

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{m-1}{m}}, \quad (7.9)$$

где: T_1 и T_2 – абсолютная температура газа до сжатия и после сжатия соответственно, К; P_1 и P_2 – абсолютное давление газа до сжатия и после сжатия соответственно, Па.

Значения температуры газа в зависимости от давления сжатия газа без охлаждения (адиабатный процесс) представлены ниже:

Давление, МПа	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1,0	2,0	5,0
Температура, °С	20	86	131	166	195	221	300	418	563

При повышении температуры в компрессоре снижается прочность металла компрессора, усиливается разложение смазочного масла и возникает возможность разрушения компрессора.

В компрессорах низкого давления обычно используют воздушное охлаждение, в компрессорах высокого давления – водяное. Максимальная температура сжатого газа не должна быть выше 160 °С для одноступенчатых компрессоров и 140 °С для многоступенчатых.

Водяное охлаждение рубашек цилиндров компрессора позволяет обеспечить снижение температуры сжатого газа до допустимого значения только при четырех-, шестикратном сжатии. При более высокой степени сжатия устанавливают промежуточные выносные холодильники после каждой ступени сжатия. Жесткость воды допускается не более 7 мг · экв/л. Температура охлаждающей воды, выходящей от компрессора и холодильников, не должна превышать 40 °С.

Смазочные масла в компрессоре должны удовлетворять требованиям работы компрессоров в реальных условиях по температуре вспышки, вязкости, термической стойкости и химическим свойствам.

Для смазки цилиндров воздушных компрессоров применяют компрессорные масла с $t_{\text{всп}} = 220 \div 240$ °С и температурой самовоспламенения около 400 °С. Температура вспышки масла должна быть примерно на 50–75 °С выше температуры сжатого воздуха.

При компримировании кислорода недопустимо присутствие минерального масла, в этом случае в качестве смазки применяют дистиллированную воду с добавлением 10 % глицерина или используют самосмазывающиеся втулки и поршневые кольца из графита.

В компрессорах для ацетилена безопасность обеспечивается медленным ходом поршня (не более 0,7–0,9 м/с) и надежным охлаждением.

Для смазки азотных и водородных компрессоров применяют легкие цилиндрические масла, исключая образование нагара, а при высоких давлениях – тяжелые цилиндрические масла.

Для безопасной работы компрессора после каждой ступени сжатия должны устанавливаться предохранительные клапаны. В тех случаях, когда предохранительный клапан не может надежно работать, компрессорная установка снабжается предохранительными мембранами.

При компримировании горючих газов необходимо контролировать гер-

метичность системы с помощью сигнализаторов горючего газа, связанных с аварийной вентиляцией.

Все компрессорные установки должны быть снабжены:

- манометрами, устанавливаемыми после каждой ступени сжатия и на линии нагнетания после компрессора;
- термометрами, устанавливаемыми на каждой ступени компрессора, после промежуточных и конечного холодильников, а также на сливе воды;
- приборами для измерения давления и температуры масла;
- системой аварийной защиты, обеспечивающей звуковую и световую сигнализацию при прекращении подачи охлаждающей воды или повышении температуры сжимаемого газа выше допустимой и автоматическую остановку компрессора при понижении давления масла ниже допустимого.

Вопросы для самоконтроля:

1. На основании какого нормативно-правового акта предприятия, использующие в своей деятельности сосуды, работающие под давлением, паровые и водогрейные котлы, трубопроводы пара горячей воды, относят к опасным производственным объектам?
2. Какие организации осуществляют контроль за соблюдением Правил котлонадзора?
3. Дайте определение следующим понятиям: «сосуд», «баллон», «резервуар», «цистерна».
4. Охарактеризуйте виды давления в сосудах: рабочее, расчетное, условное.
5. Охарактеризуйте опасность эксплуатации сосудов, работающих под давлением.
6. Область применения «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».
7. Требования к конструкции и изготовлению сосудов.
8. Виды испытаний сосудов, работающих под давлением.
9. Документация, маркировка сосудов и их регистрация.
10. Разрешение на ввод баллонов и компрессоров в эксплуатацию.

Интерактивные формы занятий

1. Работа в малых группах

Цель занятия: развить навыки общения и взаимодействия в группе, а также выяснить отношение различных групп участников к одному и тому же вопросу. Задание предлагается в виде тестируемых вопросов:

1. Сосуды, работающие под давлением, паровые и водогрейные котлы, трубопроводы пара горячей воды относятся к опасным производственным объектам на основании:

- а) Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ;
- б) Федерального закона «О техническом регулировании» от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ;
- в) ГОСТа 12.2.085-82. Сосуды, работающие под давлением. Клапаны предохранительные. Требования безопасности.

2. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением, котлов, трубопроводов пара и горячей воды принято называть:

- а) Правилами котлонадзора;
- б) Правилами эксплуатации сосудов;
- в) Правилами Ростехнадзора.

3. Стационарный сосуд, предназначенный для хранения газообразных, жидких и других веществ, – это...

- а) баллон;
- б) резервуар;
- в) цистерна.

4. Область применения «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» не распространяется на:

- а) сосуды, работающие под давлением воды с температурой выше 115 °С или другой жидкости с температурой, превышающей температуру кипения при давлении 0,07 МПа (0,7 кгс/см²), без учета гидростатического давления;
- б) барокамеры;
- в) сосуды, работающие под вакуумом.

5. Конструкция сосудов должна обеспечивать надежность и безопасность эксплуатации в течение:

- а) расчетного срока службы и предусматривать возможность проведения технического освидетельствования, продувки, ремонта;
- б) одного года службы и предусматривать возможность проведения технического освидетельствования, очистки, промывки;
- в) пяти лет службы и предусматривать возможность проведения технического освидетельствования, очистки, промывки, продувки, ремонта.

6. Сосуд считается выдержавшим гидравлическое испытание, если не обнаружено:

- а) трещин, течи в разъемных соединениях, падения давления по манометру;
- б) слезок, потения в сварных соединениях, остаточных деформаций;
- в) во всех случаях, указанных в пунктах а), б).

7. Наиболее опасными сосудами являются:

- а) сосуды 1-й группы, работающие при температуре стенки не выше 200 °С, у которых произведение давления в МПа (кгс/см²) на вместимость в м³ (литрах) превышает 0,05 (500);
- б) сосуды 1-й группы, работающие при температурах $t < 200$ °С, у которых произведение давления (кгс/см²) на емкость (л) не превышает 500 ($pV < 500$);
- в) реакторы для получения водорода и растворенных газов.

8. Разрешение на ввод в эксплуатацию сосуда, подлежащего регистрации в органах Ростехнадзора РФ, выдается:

- а) инспектором после его регистрации на основании технического освидетельствования;
- б) лицом, назначенным приказом по организации для осуществления надзора за техническим состоянием и эксплуатацией сосудов.

9. Разрешение на ввод сосуда в эксплуатацию записывается в ...

- а) паспорт;
- б) декларацию;
- в) лицензию.

10. Для хранения и транспортировки сжатых, сжиженных и растворенных газов, находящихся под давлением, применяют:

- а) стандартные стальные баллоны;

- б) стандартные стальные штуцеры;
- в) стандартные стальные цистерны.

11. В какой цвет окрашивается наружная поверхность баллона с кислородом?

- а) черный;
- б) красный;
- в) голубой.

12. В какой цвет окрашивается наружная поверхность баллона с аммиаком?

- а) черный;
- б) желтый;
- в) голубой.

13. В каком случае проводится перерегистрация баллона?

- а) при перестановке на новое место;
- б) при внесении изменения в схему включения баллона;
- в) во всех случаях, указанных в а), б).

14. Какие требования безопасности предъявляются к баллонам при хранении их на воздухе?

- а) главное, чтоб на баллоны не попадали влага и солнечные лучи;
- б) только под навесами, чтоб на баллоны не попадали влага и солнечные лучи;
- в) только в специально оборудованных местах.

15. С какой периодичностью проводят проверку знаний персонала, обслуживающего сосуды?

- а) не реже одного раза в три года;
- б) не реже одного раза в пять лет;
- в) не реже одного раза в один год.

2. Дискуссия

Цель: обсуждение заданных ситуаций с намерением достичь взаимоприемлемого решения, формирования общего представления не как суммы имеющихся представлений, а как более объективного суждения, подтверждаемого всеми участниками обсуждения или их большинством.

Предлагаемые темы дискуссии:

1) конструкция сосудов должна обеспечивать надежность, долговечность и безопасность эксплуатации в течение проектного срока службы и предусматривать возможность проведения технического освидетельствования, очистки, промывки, полного опорожнения, продувки, ремонта, эксплуатационного контроля металла и соединений;

2) сосуды, которые в процессе эксплуатации изменяют свое положение в пространстве, должны иметь приспособления, предотвращающие их самопрокидывание;

3) конструкция сосудов, обогреваемых горячими газами, должна обеспечивать надежное охлаждение стенок, находящихся под давлением, до проектной температуры;

4) электрическое оборудование сосудов должно соответствовать правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей и правилам

техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей, утвержденным в установленном порядке;

5) на каждом сосуде должна быть прикреплена табличка, выполненная в соответствии с государственными стандартами;

6) на каждом указателе уровня жидкости в сосудах должны быть отмечены допустимые верхний и нижний уровни;

7) сосуды должны устанавливаться на открытых площадках в местах, исключающих скопление людей, или в отдельно стоящих зданиях;

8) установка сосудов должна исключать возможность их опрокидывания.

3. Кейс-метод (разбор конкретных производственных ситуаций)

Цель занятия: научить студентов анализировать информацию и выявить ключевые проблемы применения сосудов с давлением на конкретных производственных ситуациях, оценивать их, находить оптимальный вариант и формулировать программы действий.

Предлагаемые производственные ситуации:

а) на мясокомбинате ООО «Бекон» в г. Хабаровске произошел взрыв сжатого газа – азота. Как выяснилось позже, на момент взрыва наполненные газом баллоны хранились в горизонтальном положении на кафельном полу, вплотную соприкасаясь с электропроводкой;

б) при перевозке ОАО «Арарат» сжатого газа – сероводорода произошел взрыв газа. Как выяснилось позже, на момент взрыва высота укладки баллонов в штабеля составляла 2 м;

в) при переноске баллона с аммиаком на плечах работника в ООО «Витязь» баллон с газом соскользнул, упал и взорвался;

г) в цехе ОАО «Калинка» по производству напитков произошел взрыв баллона с диоксидом углерода. Как выяснилось позже, на момент взрыва проверка манометров производилась два года назад, а в цехе температура воздуха составляла 35 °С;

д) на рыбоперерабатывающем предприятии ООО «Волна» произошел взрыв баллона с фреоном. Как выяснилось позже, на момент взрыва баллоны с газом, устанавливаемые в помещениях данного предприятия, находились от радиаторов отопления на расстоянии не менее 30 см.

4. Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, видео, слайдов и т. п. Интерактивность обеспечивается процессом последующего обсуждения темы.

Цель занятия: развитие у студентов коммуникативных навыков, актуализация и визуализация изучаемого содержания на лекции.

Рекомендуемые темы презентаций:

1) изготовление сосудов, работающих под давлением;

2) реконструкция и монтаж сосудов, работающих под давлением;

3) наладка и ремонт сосудов, работающих под давлением;

4) контроль сварных соединений в сосудах, работающих под давлением;

5) арматура, контрольно-измерительные приборы, предохранительные устройства сосудов, работающих под давлением;

6) установка, регистрация, техническое освидетельствование сосудов, разрешение на эксплуатацию;

7) надзор, содержание, обслуживание и ремонт сосудов, работающих под давлением;

8) сосуды и полуфабрикаты, приобретаемые за границей;

9) дополнительные требования к цистернам и бочкам для перевозки сжиженных газов;

10) эксплуатация баллонов;

- 11) требования промышленной безопасности при установке компрессоров;
- 12) контрольно-измерительные приборы и аппаратура в компрессорах;
- 13) устройство и комплектация компрессоров;
- 14) требования промышленной безопасности при эксплуатации компрессоров;
- 15) внешние воздухопроводы и газопроводы;
- 16) ответственность за нарушение правил безопасности компрессоров.

Используемая литература

1. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».
3. ГОСТ 12.1.0.07-76. Вредные вещества. Классификация и требования безопасности.
4. ГОСТ 12.2.016. Оборудование компрессорное. Общие требования безопасности.
5. ГОСТ 12.2.085-82. Сосуды, работающие под давлением. Клапаны предохранительные. Требования безопасности.
6. ГОСТ 949-73. Баллоны стальные малого и среднего объема для газов на $p_p \leq 19,6$ МПа (200 кгс/см²).
7. ГОСТ 15860-78. Баллоны стальные сварные для сжиженных углеводородных газов на давление до 1,6 МПа.
8. ПБ 09-297-99. Правила устройства и безопасной эксплуатации компрессорных установок с поршневыми компрессорами, работающими на взрывоопасных и вредных газах.
9. ПБ 03-576-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.
10. Арустамов, Э. А. Безопасность жизнедеятельности / Э. А. Арустамов. – М. : Академия, 2009. – 274 с.
11. Бадагуев, Б. Т. Экологическая безопасность предприятия. Приказы, акты, инструкции, журналы, положения, планы / Б. Т. Бадагуев. – М. : Альфа-Пресс, 2011. – 321 с.
12. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности : учеб. для вузов / С. В. Белов. – М. : Академия, 2009. – 329 с.
13. Смит, Дэвид Дж. Безотказность, ремонтпригодность и риск. Практические методы для инженеров, включая вопросы оптимизации надежности и систем, связанных с безопасностью / Дэвид Дж. Смит. – М. : Группа ИДТ, 2007. – 423 с.
14. Монахов, А. Ф. Безопасность жизнедеятельности. Лабораторный практикум / А. Ф. Монахов. – М. : изд. дом МЭИ, 2009. – 371 с.
15. Оглезнев, А. В. Промышленная безопасность опасных производственных объектов : методическое пособие / А. В. Оглезнев. – Пермь : Припит, 2008. – 120 с.
16. Русак, О. Н. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие / О. Н. Русак. – СПб. : Лань, 2008. – 304 с.
17. Макдональд, Д. Промышленная безопасность, оценивание риска и системы аварийного останова / Д. Макдональд. – М. : Группа ИДТ, 2007. – 416 с.
18. Хван, Т. А. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие для студентов вузов / Т. А. Хван. – Ростов н/Д. : Феникс, 2007. – 328 с.

РАЗДЕЛ VIII. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

8.1. Основные определения и понятия

Опасность поражения человека электрическим током зависит от ряда факторов, из которых существенное значение имеют следующие: эксплуатационное напряжение, окружающая производственная среда и квалификация обслуживающего персонала.

Согласно «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ), все электроустановки подразделяются по напряжению на электроустановки до 1000 В и выше 1000 В.

Анализ травматизма показывает, что 75–80 % смертельных поражений током происходит в электроустановках напряжением до 1000 В и в первую очередь – в установках от 127 до 380 В из-за широкого распространения таких установок на производстве и в быту.

Проходя через организм человека, электрический ток производит термическое, электролитическое и биологическое воздействия.

Термическое действие тока проявляется в ожогах отдельных участков тела, нагреве кровеносных сосудов, нервов, крови и т. п.

Электролитическое действие тока проявляется в разложении крови и других органических жидкостей, вызывающем значительные нарушения их состава и свойств.

Биологическое действие тока выражается в раздражении и возбуждении живых тканей организма, что приводит к непроизвольным судорожным сокращениям мышц, в результате чего может произойти полное прекращение деятельности органов кровообращения и дыхания.

Различают два основных вида поражения человека электрическим током – электрические травмы и электрические удары.

Электрические травмы представляют собой четко выраженные местные повреждения тканей организма.

Различают следующие электрические травмы: электрические ожоги, электрические знаки, металлизация кожи, электроофтальмия и механические повреждения.

Электрический шок – своеобразная тяжелая нервно-рефлекторная реакция организма в ответ на чрезмерное раздражение электрическим током.

«При шоке непосредственно после воздействия электрического тока у пострадавшего наступает кратковременная фаза возбуждения, когда он остро реагирует на возникшие боли, у него повышается кровяное давление. Вслед за этим наступает фаза торможения и истощение нервной системы, когда резко снижается кровяное давление, падает и учащается пульс, ослабевает дыхание, возникает депрессия. Шокое состояние длится от нескольких десятков минут до суток. После этого может наступить или гибель человека, или выздоровление. Исход воздействия тока на организм человека зависит от значения и длительности прохождения тока через его тело, рода и частоты тока, индивидуальных свойств человека, его психофизиологического со-

стояния, сопротивления тела человека, напряжения и других факторов...» (Приказ ФТС РФ от 16.03.2009 г. № 429 «Об организации порядка присвоения группы I по электробезопасности должностным лицам ФТС России»).

Электрический удар – это возбуждение живых тканей электрическим током, проходящим через организм, сопровождающееся судорожным сокращением мышц. Электрический удар приводит к нарушению и полному прекращению деятельности легких и сердца, то есть к гибели организма.

Клиническая (мнимая) смерть наступает с момента прекращения деятельности сердца и легких и продолжается до начала гибели клеток коры головного мозга (длится до 7–8 мин.).

Биологическая (истинная) смерть – необратимое явление, характеризующееся прекращением биологических процессов в клетках и тканях организма и распадом белковых структур; она наступает по истечении периода клинической смерти.

Тело человека является проводником электрического тока. Сопротивление тела человека при сухой и неповрежденной коже колеблется от 3 до 100 кОм. В качестве расчетной величины при переменном токе частотой 50 Гц сопротивление тела человека принимают равным 1000 Ом. В действительности *сопротивление тела* – величина нелинейная и зависит от силы тока, проходящего через человека, длительности его воздействия, пути прохождения в теле человека, рода и частоты тока, величины напряжения, индивидуальных особенностей пострадавшего, состояния окружающей среды.

Основным фактором, обуславливающим исход поражения человека током, является сила тока, проходящего через тело человека.

Условие безопасности человека при действии электрического тока определяется зависимостью:

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{нр}}}{R_{\text{ч}}} \leq I_{\text{дон}}, \quad (8.1)$$

где: $I_{\text{ч}}$ – сила тока, протекающего через тело человека, А; $U_{\text{нр}}$ – напряжение прикосновения (разность потенциалов между двумя точками электрической цепи, которых одновременно касается человек), В; $R_{\text{ч}}$ – сопротивление тела человека, Ом; $I_{\text{дон}}$ – допустимая сила тока, протекающего через тело человека, А.

Степень опасности переменного тока промышленной частоты и постоянного тока приводится в табл. 8.1. Из таблицы видно, что условно безопасная сила переменного тока составляет 10 мА, а постоянного тока – 50 мА (такие значения тока, при которых человек может самостоятельно оторваться от токоведущей части).

Таблица 8.1

Степень опасности электрического тока

Сила тока, мА	Переменный ток	Постоянный ток
0,6–1,5	Порог ощущения	Не ощущается
2–3	Судороги в руках	Не ощущается

Сила тока, мА	Переменный ток	Постоянный ток
5–7	Судороги в руках с болью	Зуд, ощущение нагрева (порог ощущения)
8–10	Сильные боли в пальцах и кистях рук (порог отпускающего тока)	Усиление нагрева
13–14	Очень сильные боли, слабый паралич рук (пороговый неотпускающий ток)	Дальнейшее ощущение нагрева
20–50	Паралич рук; самостоятельно оторваться невозможно; затрудненное дыхание	Сокращение мышц; незначительные боли; продолжение нагрева
50–65	Паралич дыхания; фибрилляция сердца (хаотические одновременные сокращения волокон сердечной мышцы)	Сильные боли; слабый паралич рук; оторваться самостоятельно практически невозможно
70–80	Начало трепетания желудочков сердца	Руки парализуются; оторваться самостоятельно невозможно
90–100	Паралич дыхания; при длительности 3 с и более – паралич сердца, трепетание желудочков; клиническая смерть	Паралич дыхания; начало трепетания желудочков сердца

Путь прохождения тока в теле человека играет существенную роль в исходе поражения.

Возможных путей прохождения тока в теле человека, которые именуются также иногда «петлями тока», очень много. Характерными, обычно встречающимися в практике являются не более 15 путей; шесть самых распространенных из них показаны на рис. 8.1 и приведены в табл. 8.2. В табл. 8.2 указана также опасность, которой подвергается человек в каждом из вариантов.

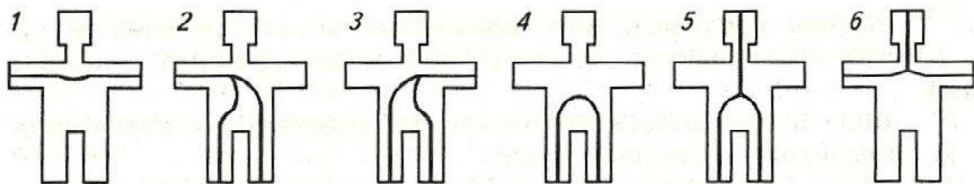


Рис. 8.1. Наиболее распространенные пути прохождения тока в теле человека («петли тока»):

1 – рука–рука; 2 – правая рука–ноги; 3 – левая рука–ноги; 4 – нога–нога;
5 – голова–ноги; 6 – голова–руки

Таблица 8.2

**Характеристика наиболее распространенных путей
прохождения тока в теле человека**

Пути прохождения тока	Частота возникновения пути прохождения тока, %	Доля потерявших сознание во время воздействия тока, %	Значение тока, проходящего через область сердца, % от общего тока, проходящего через тело
Рука–рука	40	83	3,3
Правая рука–ноги	20	87	6,7
Левая рука–ноги	17	80	3,7
Нога–нога	6	15	0,4
Голова–ноги	5	88	6,8
Голова–руки	4	92	7,0
Прочие	8	65	–

Состояние окружающей воздушной среды может усиливать или ослаблять опасность поражения током. Так, например, сырость, токопроводящая пыль, едкие пары и газы разрушающе действуют на изоляцию электроустановок, резко снижая ее сопротивление и создавая угрозу попадания под напряжение нетокопроводящих металлических частей электрооборудования, к которым может прикасаться человек.

По ПУЭ все помещения по степени опасности поражения электрическим током подразделяются на три класса: без повышенной опасности, с повышенной опасностью и особо опасные.

Помещения без повышенной опасности: сухие, беспыльные, с нормальной температурой воздуха, с изолирующими полами, в которых отсутствуют заземленные предметы или их очень мало. Это обычно жилые помещения (за исключением ванных комнат), конторы, некоторые лаборатории и производственные помещения.

Помещения с повышенной опасностью: сырые (относительная влажность превышает 75 %), жаркие (температура воздуха превышает +30 °С), пыльные с токопроводящей пылью, с токопроводящими полами (металлическими, железобетонными, земляными, кирпичными и т. п.), с возможностью одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

Особо опасные помещения: особо сырые (относительная влажность близка к 100 %), с химически активной средой, а также характеризующиеся наличием двух или более условий повышенной опасности. Территория размещения наружных электроустановок приравнивается к особо опасным помещениям.

В зависимости от класса помещений по опасности поражения электрическим током устанавливается величина напряжения в сети, при которой не требуется специальных мер защиты.

В помещениях без повышенной опасности защитное заземление или зануление электроустановок необходимо выполнять при напряжении переменного тока $U > 380$ В, в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных – при напряжениях переменного тока $U > 42$ В.

При производстве работ с помощью переносных электрифицированных инструментов и светильников, когда человек имеет длительный контакт с корпусами этого электрооборудования, наиболее эффективной мерой защиты является применение малого напряжения – не более 42 В.

В помещениях без повышенной опасности разрешается пользоваться электроинструментом и переносными светильниками до 220 В без защитных средств.

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных электроинструмент при напряжении $U > 42$ В должен быть заземлен или занулен.

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных разрешается использовать переносные светильники на напряжение до 42 В включительно без применения каких-либо защитных средств.

В особо опасных помещениях при неблагоприятных условиях работы (например, работа в металлических емкостях, кабельных колодцах и т. п.) для питания ручных переносных светильников должно применяться напряжение не выше 12 В.

Для получения пониженного напряжения 42 и 12 В используются, как правило, специальные понижающие трансформаторы.

Схемы включения человека в электрическую цепь могут быть различными. Наиболее характерными являются две схемы включения: между двумя фазами (двухполюсное прикосновение) – см. рис. 8.2, а и между одной из фаз и землей (однополюсное прикосновение) – см. рис. 8.2, б.

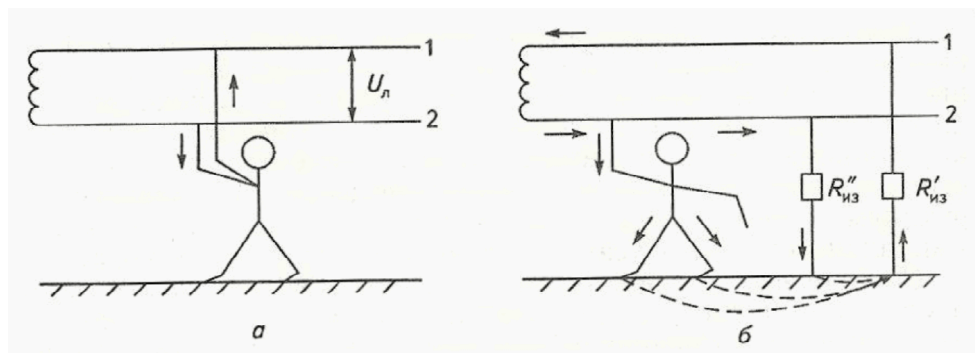


Рис. 8.2. Характерные схемы включения человека в электрическую цепь:
а – двухполюсное прикосновение; б – однополюсное прикосновение;
1, 2 – фазные провода

Сила тока, проходящего через тело человека, $I_{\text{ч}}$ (см. рис. 8.2, а), рассчитывается:

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{л}}}{R_{\text{ч}}} = \frac{U_{\text{ф}} \sqrt{3}}{R_{\text{ч}}}, \quad (8.2)$$

где: $U_{\text{л}}$ – линейное напряжение сети; $R_{\text{ч}}$ – сопротивление тела человека; $U_{\text{ф}}$ – фазное напряжение сети.

В сети с линейным напряжением $U_{\text{л}} = 380$ В (а следовательно, с фазным напряжением $U_{\text{ф}} = 220$ В) при сопротивлении тела человека $R_{\text{ч}} = 1000$ Ом сила тока, проходящего через тело человека, будет равна:

$$I_q = \frac{380}{1000} = \frac{220 \cdot 1,73}{1000} = 0,38 A = 380 mA.$$

Этот ток для человека является смертельно опасным.

Сила тока, проходящего через тело человека (см. рис. 8.2, б):

$$I_q = \frac{U_\phi}{2R_q + R_{из}}, \quad (8.3)$$

где: $R_{из}$ – сопротивление изоляции проводов.

Из формулы 8.3 можно сделать вывод, что чем лучше изоляция проводов относительно земли, тем меньше опасность однополюсного прикосновения человека к проводу. Утечка тока через изоляцию не должна превышать 0,001 А. Изоляция должна обладать механической прочностью, температурной стойкостью и достаточной стойкостью к агрессивной среде.

Сопротивление изоляции в электроустановках напряжением до 1000 В должно быть не менее 4 Ом.

Систематическая проверка сопротивления изоляции оборудования является обязательной. Конкретные сроки периодической проверки сопротивления изоляции устанавливаются ответственным за электрохозяйство на предприятии (в электроустановках напряжением до 1000 В контроль состояния изоляции должен проводиться не реже одного раза в три года).

Измерение сопротивления изоляции выполняется на отключенной установке с помощью мегомметра на номинальное напряжение 1000 В.

Наиболее распространены электрические сети трехфазного тока с напряжением до 1000 В: трехпроводная с изолированной нейтралью и четырехпроводная с глухозаземленной нейтралью.

Нейтраль – это точка, относительно которой измеряются напряжения на фазе. *Изолированная нейтраль* – нейтраль трансформатора или генератора, не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через большое сопротивление приборов сигнализации, измерения, защиты и других аналогичных им устройств. Нейтраль обмотки источника тока, заземленная путем непосредственного присоединения к заземлителю через малое сопротивление, называется *глухозаземленной нейтралью*.

В трехфазной сети с изолированной нейтралью (см. рис. 8.3) ток, проходящий через тело человека в землю, возвращается к источнику тока через изоляцию проводов сети, которая в исправном состоянии обладает большим сопротивлением.

Если принять, что сопротивления изоляции трех фаз до момента прикосновения равны, то есть $R_{из} = R'_{из} + R''_{из} + R'''_{из}$, то сила тока, проходящего через тело человека, будет равна:

$$I_q = \frac{3U_\phi}{3R_q + R_{из}}. \quad (8.4)$$

Это уравнение показывает, что в сетях с изолированной нейтралью опасность для человека, прикоснувшегося к одному из фазных проводов в период нормальной работы сети, зависит от сопротивления изоляции проводов относительно земли: с увеличением сопротивления опасность уменьшается.

При аварийном режиме, когда имеет место замыкание фазы на землю ($R_{из} = 0$), человек оказывается под линейным напряжением сети и ток, протекающий через тело человека, может быть опасным.

В трехфазной четырехпроводной сети с глухозаземленной нейтралью (см. рис. 8.4) цепь тока, проходящего через тело человека, включает в себя помимо сопротивления тела человека еще сопротивление его обуви, участка пола (основания), на котором человек, а также сопротивление заземления нейтрали источника тока (генератора или трансформатора). Все эти сопротивления включены последовательно.

Если человек обут в токопроводящую обувь и стоит на токопроводящем полу, то есть когда можно принять $R_{об} = 0$ и $R_n = 0$, то сила тока, проходящего через тело человека, будет равна:

$$I_{ч} = \frac{U_{\phi}}{R_{ч} + R_o}, \quad (8.5)$$

где: R_o – сопротивление заземления нейтрали источника тока.

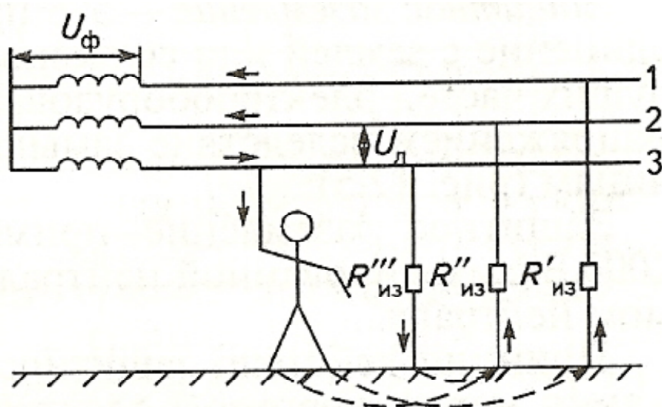


Рис. 8.3. Прикосновение человека к одной фазе трехфазной сети с изолированной нейтралью

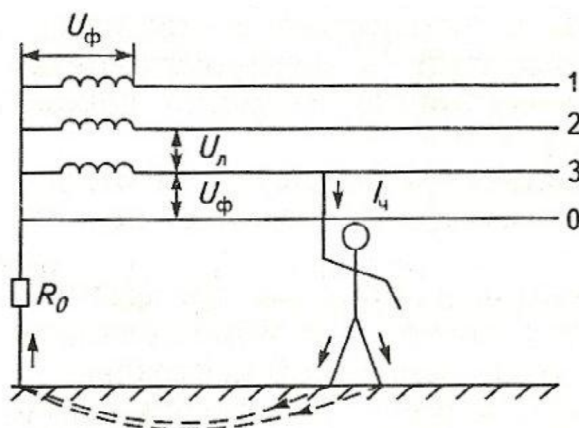


Рис. 8.4. Прикосновение человека к одной фазе трехфазной сети с заземленной нейтралью: 1, 2, 3 – фазные провода; 0 – нулевой защитный провод

Поскольку R_0 , как правило, не превышает 10 Ом, то им без ущерба для точности подсчета можно пренебречь, тогда сила тока, проходящего через тело человека, в самом неблагоприятном случае будет равна:

$$I_{\text{ч}} = U_{\phi} / R_{\text{ч}}. \quad (8.6)$$

Из этого выражения следует, что в рассматриваемом случае человек оказывается под фазным напряжением и сила тока, проходящего через тело человека, не зависит от сопротивления изоляции фаз.

Для предотвращения поражения человека электрическим током при прикосновении к *нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением* вследствие замыкания фазы сети на корпус, *применяются защитное заземление, зануление и отключение, выравнивание потенциалов, двойная изоляция, малое напряжение.*

Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей электрооборудования, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам (см. рис. 8.5).

Защитное заземление в первую очередь призвано предотвратить поражение человека электрическим током при прикосновении к частям электроустановок, которые при каких-либо неисправностях (повреждении изоляции и т. п.) могут оказаться под напряжением. Вероятность такого поражения при наличии заземления становится минимальной. Заземление должно выполняться проводом с сечением не менее сечения фазного проводника.

Заземляющее устройство – совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

Заземляющий проводник – проводник, соединяющий заземляемую часть (точку) с заземлителем.

Величина сопротивления заземляющего устройства должна быть не более 10 Ом при мощности до 100 кВт и 4 Ом соответственно более 100 кВт.

Основным назначением защитного заземления является обеспечение срабатывания максимально токовой защиты при замыкании на корпус или землю.

Защитное заземление выполняется путем надежного соединения металлических частей оборудования с контуром заземления при помощи медного гибкого проводника или стальной шины требуемых размеров сечения.

Защитное заземление применяется в трехфазных сетях до 1000 В с изолированной нейтралью и выше 1000 В с любым режимом нейтрали.

Принцип действия защитного заземления – снижение напряжения между корпусом электрооборудования, оказавшимся под напряжением, и землей до безопасного значения.

Сила тока, проходящего через тело человека при заземлении электрооборудования, если $R_{\text{об}} = R_{\text{н}} = 0$, определяется из уравнения:

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{ч}} + \frac{R_{\text{из}}}{3} \frac{R_{\text{ч}} + R_3}{R_3}}, \quad (8.7)$$

где: R_3 – сопротивление защитного заземления.

При весьма малом значении R_3 по сравнению с $R_{\text{ч}}$ и $R_{\text{из}}$, что обычно имеет место на практике, это уравнение упростится:

$$I_q = \frac{3U_\phi R_3}{R_q R_{из}}. \quad (8.8)$$

Поскольку большая часть производственных помещений химических предприятий относится к помещениям с повышенной опасностью (сырость, токопроводящие полы – металлические, железобетонные, кирпичные и др., высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к металлическим корпусам электрооборудования и имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий), то допустимое напряжение прикосновения должно быть не более 42 В.

Известно, что на самых крупных предприятиях в сетях напряжением 220 или 380 В с незаземленной нейтралью трансформаторов наибольшее значение силы тока однофазного короткого замыкания на землю может быть $I_3 \leq 10$ А. Тогда для самого неблагоприятного случая при ($I_3 = 10$ А) напряжение на заземленном корпусе будет равно:

$$U_3 = I_3 R_3 = 10 R_{из} \leq 42 \text{ В}. \quad (8.9)$$

Отсюда:

$$R_3 = \frac{U_3}{I_3} = \frac{42}{10} \approx 4 \text{ Ом}. \quad (8.10)$$

Таким образом, из условий безопасности сопротивление защитного заземления в установках 380/220 В должно быть не более 4 Ом.

Рабочее (функциональное) заземление – заземление точки или точек токоведущих частей электроустановки, выполняемое для обеспечения работы электроустановки (не в целях электробезопасности).

Земля представляет собой объемный проводник электрического тока, поэтому ток от заземлителей растекается в земле во всех направлениях.

Закон распределения потенциалов на поверхности земли можно объяснить на примере растекания тока в землю с одиночного заземлителя (см. рис. 8.6).

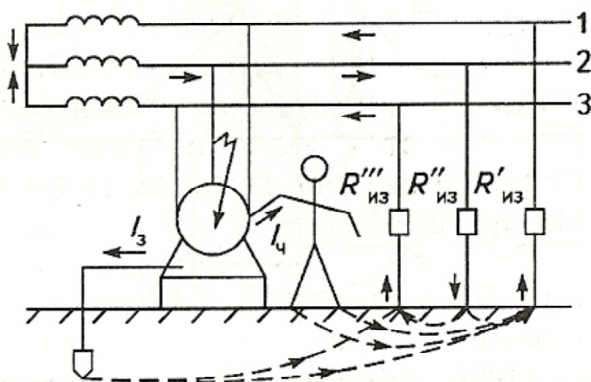


Рис. 8.5. Схема замыкания на корпус в сетях трехфазного тока с изолированной нейтралью при заземленном электрооборудовании:
1, 2, 3 – фазные провода

По мере удаления от заземлителя на расстояние x поверхность полусферы, по которой протекает ток, будет все время увеличиваться по закону: $S = 2\pi x^2$. Из-

вестно, что плотность тока обратно пропорциональна сечению проводника. Отсюда на расстоянии x от центра полушара плотность тока (A/m^2) будет равна:

$$j = \frac{I_3}{2\pi x^2} \cdot \quad (8.11)$$

Падение напряжения в элементарном слое земли толщиной dx составит:

$$dU = j\rho dx = \frac{I_3\rho}{2\pi x^2} dx, \quad (8.12)$$

где: ρ – удельное электрическое сопротивление грунта, $Om \cdot cm$.

Потенциал любой точки на поверхности земли, отстоящей от центра заземлителя на расстоянии x , равен:

$$\varphi = \frac{I_3\rho}{2\pi} \int_x^\infty \frac{dx}{x^2} = \frac{I_3\rho}{2\pi x}. \quad (8.13)$$

Следовательно, потенциал на поверхности земли вокруг одиночного заземлителя изменяется по гиперболическому закону (см. рис. 8.6).

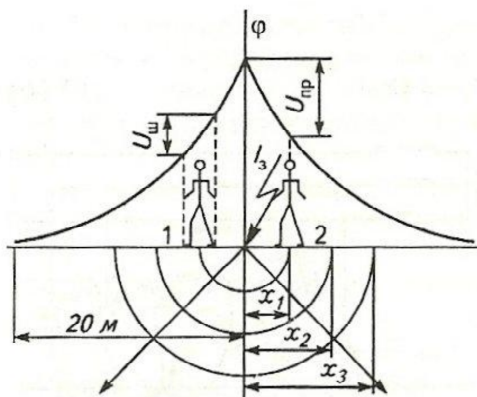


Рис. 8.6. Распределение потенциалов вокруг одиночного заземлителя в зоне растекания тока при замыкании на землю:
1, 2 – положения человека в зоне растекания тока

В любых электрических сетях человек, находящийся в зоне растекания тока, может оказаться под напряжением шага и напряжением прикосновения.

В положении 1 (см. рис. 8.6) человек попадает под напряжение шага $U_{\text{ш}}$ (напряжение между двумя точками цепи тока, находящимися одна от другой на расстоянии шага, на которых одновременно стоит человек). Наибольшая величина напряжения шага – около места замыкания, а наименьшая – на расстоянии более 20 м (в этом случае падение напряжения практически равно нулю).

Случаи поражения людей в результате воздействия напряжения шага редки. Они возможны, например, вблизи упавшего на землю провода, находящегося под напряжением.

Человек, находящийся в положении 2 (см. рис. 8.6), попадает под напряжение прикосновения $U_{\text{пр}}$, которое равно разности потенциалов рук и ног.

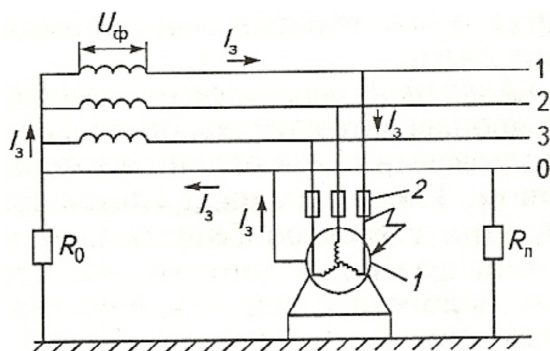


Рис. 8.7. Принципиальная схема зануления:

1 – корпус электрооборудования; 2 – плавкие предохранители;
1, 2, 3 – фазные провода; 0 – нулевой защитный провод; R_0 – сопротивление
заземления нейтрали источника тока; R_n – сопротивление повторного
заземления нулевого защитного провода;
 I_3 – ток однофазного короткого замыкания

По мере удаления от заземлителя (места замыкания на землю) напряжение прикосновения увеличивается, и за пределами зоны растекания тока оно равно напряжению на корпусе электрооборудования относительно земли ($U_3 = I_3 R_3$).

Зануление – преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам. Схема зануления в сети трехфазного тока показана на рис. 8.7.

Принцип действия зануления – превращение замыкания на корпус в однофазное короткое замыкание (то есть замыкание между фазным и нулевым проводами) в целях вызвать большой ток, способный обеспечить срабатывание защиты и тем самым автоматически отключить поврежденное электрооборудование от питающей сети. Такой защитой являются: плавкие предохранители или автоматические выключатели, устанавливаемые перед потребителями энергии для защиты их от токов короткого замыкания, магнитные пускатели с встроенной тепловой защитой.

Зануление применяется в трехфазных четырехпроводных сетях до 1000 В с глухозаземленной нейтралью.

Нулевым защитным проводником называется проводник, соединяющий зануляемые части с глухозаземленной нейтральной точкой обмотки источника тока.

Повторное заземление нулевого защитного провода необходимо для уменьшения опасности поражения людей током, возникающей при обрыве нулевого защитного провода и замыкании фазы на корпус за местом обрыва.

Для обеспечения минимального времени срабатывания защиты необходимо так подобрать сечение зануляющего провода, чтобы ток короткого замыкания превышал по меньшей мере в три раза номинальный ток ближайшего плавкого предохранителя (вставки).

Защитное отключение – быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки при возникновении в ней опасности поражения человека электрическим током. Такая опасность может возникнуть при замыкании фазы на корпус электрооборудования, снижении сопротивления изоляции фаз ниже допустимого предела, случайном прикосновении человека к токоведущей части, находящейся под напряжением, и т. п.

Основными частями устройства защитного отключения являются прибор защитного отключения и автоматический выключатель.

На рис. 8.8 приведена принципиальная схема одного из устройств защитного отключения. В этой схеме в качестве датчика, то есть прибора, подающего сигнал на срабатывание выключателя, служит реле максимального напряжения H , включенное между корпусом и вспомогательным заземлителем R_B .

При пробое фазы на заземленный корпус вначале проявится защитное свойство заземления, вследствие чего напряжение на корпусе будет снижено до некоторого значения $U_K = I_3 R_3$, где I_3 – ток замыкания на землю. Затем, если U_K окажется выше установленного допустимого напряжения $U_{к.доп}$, сработает устройство защитного отключения, то есть реле максимального напряжения, замкнув контакты, подаст питание на отключающую катушку и вызовет тем самым отключение поврежденного электрооборудования от сети. Время отключения $t_{откл} = (0,05 \div 0,2)$ с.

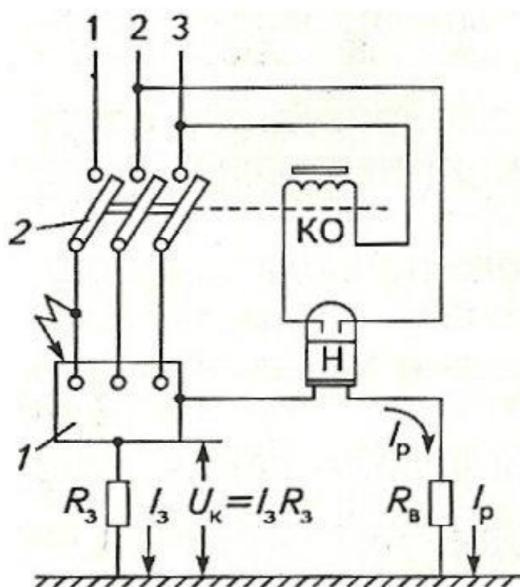


Рис. 8.8. Принципиальная схема устройства защитного отключения, реагирующего на напряжение корпуса относительно земли:

1 – корпус; 2 – автоматический выключатель; КО – отключающаяся катушка; H – реле напряжения максимальное; R_3 – сопротивление защитного заземления; R_B – сопротивление вспомогательного заземления; I_p – ток реле; 1, 2, 3 – фазные провода

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

Достигается выравнивание потенциалов путем искусственного повышения потенциала опорной поверхности ног до уровня потенциала токоведущей части (металлическое соединение токоведущей части и опорной поверхности), а также путем размещения одиночных заземлителей по контуру (периметру) площадки, на которой находится заземляемое оборудование.

Выравнивание потенциалов применяется при ремонте высоковольтной линии электропередачи под напряжением. Человек поднимается с помощью телескопической изоляционной вышки до уровня провода. Затем с помощью изолирующей штанги он накладывает перемычку между металлической льюлкой, изолированной от земли, и фазным проводом. После этого работа выполняется без электрозащитных средств. Ток утечки протекает через перемычку и изоляцию вышки в землю. Человек не попадает под напряжение, так как разность потенциалов между проводом, которого он касается, и опорной поверхностью ног равна нулю. После окончания работ перемычка снимается с помощью изолирующей штанги и человек опускается на землю. Выравнивание потенциалов, обеспечивающее снижение напряжения прикосновения и напряжения шага, применяется также при контурном защитном заземлении.

Двойная изоляция – это совокупность рабочей и защитной (дополнительной) изоляции, при которой доступные прикосновению части электрооборудования не приобретают опасного для человека потенциала при повреждении рабочей или защитной изоляции. Наиболее совершенный способ применения двойной изоляции – это изготовление корпусов электрооборудования из изолирующего материала.

Малое напряжение – это номинальное напряжение не более 42 В, применяемое в электроустановках для обеспечения электробезопасности. Малые напряжения – 12 и 42 В применяются в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и вне помещений для питания ручных электрифицированных инструментов (дрель, рубанок, пила и т. п.) и переносных ручных ламп.

8.2. Вероятностная характеристика электротравматизма

Поражение человека электрическим током носит вероятностный характер и наступает при совпадении двух факторов: $P(A)$ – вероятности того, что при прикосновении человек попал под напряжение, и $P(B)$ – вероятности того, что электрический ток, проходящий через человека, превысит с учетом времени воздействия допустимое значение.

Фактор B зависит от фактора A , поэтому вероятность поражения человека током будет равна:

$$P_q = P(B / A) \cdot P(A). \quad (8.14)$$

Фактор A может наступить лишь в том случае, если контакт человека с электроустановкой совпадает по времени с наличием напряжения на ней. Следовательно, вероятность появления фактора A можно определить, применив теорему умножения вероятностей, тогда:

$$P(A) = P(C) \cdot P(D), \quad (8.15)$$

где: $P(C)$ – вероятность прикосновения человека к электроустановке; $P(D)$ – вероятность появления на электроустановке напряжения.

Обозначив $P(C) = P_1$, $P(D) = P_2$, $P(B/A) = P_3$, получим следующее выражение для вероятности поражения человека током:

$$P_4 = P_1 P_2 P_3. \quad (8.16)$$

Исходя из этого выражения, можно определить *меры по обеспечению безопасности в электроустановках*:

1) организационные меры (инструктаж, применение защитных средств, профессиональный подбор кадров и т. п.), позволяющие снизить вероятность P_1 ;

2) профилактические меры (изоляция и ограждение токоведущих частей, изготовление корпусов электрооборудования из изолирующего материала и т. п.), позволяющие уменьшить вероятность P_2 ;

3) защитные меры (защитное заземление, зануление, защитное отключение и др.), позволяющие обеспечить предотвращение условий поражения или снижение силы тока, протекающего через тело человека, и времени его воздействия при их возникновении, то есть снизить вероятность P_3 .

8.3. Расчет сопротивления защитного заземления

Расчет защитного заземления имеет целью определить основные параметры заземления, число, размеры и порядок размещения одиночных заземлителей и заземляющих проводников, при которых напряжение прикосновения в период замыкания фазы на заземленный корпус не превышает допустимых значений.

При устройстве заземления из искусственных заземлителей (например, стальных труб) обычно определяют сопротивление растеканию тока единичного заземлителя по формуле:

$$R_0 = 0,366 \frac{\rho}{l} \left(\lg \frac{2}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4l' + l}{4l' - l} \right), \quad (8.17)$$

где: ρ – удельное электрическое сопротивление почвы, Ом · см; l – длина электрода (заземлителя), см; d – диаметр заземлителя, см; $l' = l_0 + 0,5l$ – расстояние от центра заземлителя до поверхности земли, см; l_0 – расстояние от верхнего торца электрода (заземлителя) до поверхности земли (глубина), см.

Ниже приведены значения удельного электрического сопротивления различных почв ($\rho \cdot 10^{-4}$, Ом · см):

Песок.....7	Суглинок.....1
Супесок.....3	Глина.....0,4
Чернозем.....2	Торф.....0,2

Сопротивление растеканию тока сложных заземляющих устройств (отдельных заземлителей и соединительных полос) рассчитывают следующим образом: определяют в первом приближении число n одиночных заземлителей (электродов), включенных параллельно:

$$n = R_0 / R_3, \quad (8.18)$$

где: R_3 – нормированное сопротивление заземляющего устройства (по ПУЭ R_3 не должно превышать 4 Ом для электроустановок напряжением до 1000 В и 0,5 Ом – для электроустановок напряжением выше 1000 В).

Уточняют необходимое число электродов n с учетом эффекта экранирования:

$$n = \frac{R_0}{R_3 \eta_3}, \quad (8.19)$$

где: η_3 – коэффициент экранирования (использования) электродов; в зависимости от расстояния между электродами η_3 принимается равным 0,55–0,70.

Электроды сложного заземлителя (контура) соединяют один с другим стальной полосой. Длина полосы составляет:

$$l = (n - 1)\alpha, \quad (8.20)$$

где: α – расстояние между электродами, см.

С учетом коэффициента использования соединительной полосы для n трубчатых заземлителей определяют ее сопротивление растеканию тока по формуле:

$$R_n = R / \eta_n, \quad (8.21)$$

где: R – сопротивление растеканию тока полосы, Ом; η_n – коэффициент экранирования (использования) полосы; принимается равным 0,35–0,45 при расположении электродов в контуре и 0,65–0,75 при расположении электродов в ряд.

Сопротивление растеканию тока горизонтальной полосы:

$$R = \frac{0,366\rho}{l} \lg \frac{2l_0^2}{bt}, \quad (8.22)$$

где: l – длина полосы, см; b – ширина полосы, см; t – глубина заложения полосы (обычно равна 50–70 см).

Уточняют необходимое число электродов. Для этого определяют сопротивление растеканию тока, приходящееся на долю всех трубчатых электродов R_3 (с учетом соединительной полосы):

$$R = \frac{R_n R_3}{R_n - R_3}. \quad (8.23)$$

Окончательно необходимое число электродов для обеспечения нормированного значения сопротивления контура составит:

$$n' = 1,1 \frac{R_0}{R_3 \eta_3}, \quad (8.24)$$

где: 1,1 – коэффициент, учитывающий изменение длины соединительной полосы при окончательном числе электродов.

На рис. 8.9 показана схема контурного заземления.

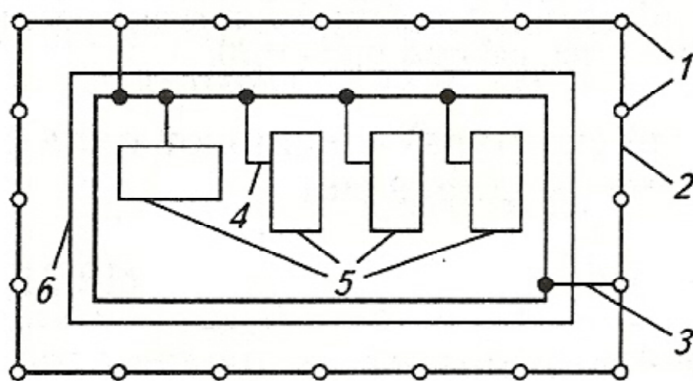


Рис. 8.9. Схема контурного заземления:

1 – трубчатые заземлители; 2 – горизонтальный полосовой соединитель; 3 – соединительная шина; 4 – заземляющие проводники; 5 – заземляемое оборудование; 6 – производственное здание

8.4. Дополнительные меры защиты от поражения электрическим током

Защитные средства от поражения электрическим током условно разделяются на три группы: изолирующие, ограждающие и предохранительные.

Изолирующие защитные средства изолируют человека от токоведущих или заземленных частей, а также от земли. К ним относятся: изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, диэлектрические перчатки, инструмент с изолирующими рукоятками, диэлектрические боты, галоши, коврики, изолирующие подставки.

Ограждающие защитные средства предназначены для временного ограждения токоведущих частей, а также для предупреждения ошибочных операций с электрической аппаратурой. К ним относятся: ограждения (щиты), изолирующие накладные, временные переносные заземления, предупредительные плакаты.

Предохранительные защитные средства предназначены для индивидуальной защиты работающих от световых, тепловых и механических воздействий. К ним относятся защитные очки, специальные рукавицы, каски, противогазы, монтерские пояса и др.

8.5. Методы и средства первой (доврачебной) помощи

Меры первой (доврачебной) помощи заключаются в следующем:

- 1) необходимо освободить человека от действия электрического тока;
- 2) произвести искусственное дыхание;
- 3) обеспечить поддержание кровообращения в организме пострадавшего при помощи наружного (непрямого) массажа сердца.

Правила проведения искусственного дыхания. Приемы искусственного дыхания проводятся только в том случае, когда пострадавший совсем не дышит или дышит с трудом (редко, судорожно, как бы с всхлипыванием).

Производить искусственное дыхание пострадавшему надо немедленно после освобождения его от воздействия тока.

Прежде чем приступить к искусственному дыханию, необходимо освободить пострадавшего от стесняющей его одежды. Если рот крепко (судорожно) стиснут, надо раскрыть его и выдвинуть нижнюю челюсть. Необходимо также обеспечить проходимость дыхательных путей, которые могут быть закрыты запавшим языком. Для этого надо максимально запрокинуть голову пострадавшего назад, подложив одну руку под шею, а второй рукой надавить на лоб пострадавшего. При этом положении головы рот открывается. Для сохранения этого положения головы надо под лопатки подложить валик из свернутой одежды. Если во рту пострадавшего скопились кровь, слюзы и слюна, нужно повернуть голову и плечи в сторону, очистить полость рта и глотки с помощью носового платка.

Наиболее эффективным способом искусственного дыхания является способ «изо рта в рот» или «изо рта в нос», так как при этом обеспечивается поступление достаточного объема воздуха в легкие пострадавшего.

Оказывающий помощь выдыхает воздух из своих легких в легкие пострадавшего непосредственно через рот. Для этого оказывающий помощь делает глубокий вдох и затем, плотно прижав свой рот ко рту пострадавшего (через марлю или платок), выдыхает воздух. При этом нос пострадавшего нужно закрыть.

Затем оказывающий помощь откидывается назад и делает новый вдох. В этот период грудная клетка пострадавшего опускается и происходит пассивный выдох.

Вдуть воздух следует резко, каждые 5–6 с, что соответствует частоте дыхания 10–12 раз в минуту. Поступление воздуха в легкие пострадавшего определяют по расширению грудной клетки при каждом вдвании.

При появлении первых слабых вдохов следует приурочивать искусственный вдох к моменту начала самостоятельного вдоха.

Наружный массаж сердца. Если у пострадавшего отсутствует пульс, появилась бледность или синюшность кожных покровов, потеряно сознание, то для восстановления кровообращения одновременно с искусственным дыханием делают наружный (непрямой) массаж сердца.

Для этой цели следует уложить пострадавшего на спину на жесткую поверхность (на скамью или на подложенную под спину доску), обнажить грудную клетку, снять пояс, подтяжки.

Оказывающий помощь встает так, чтобы он мог наклониться над пострадавшим. Если пострадавший уложен на полу, надо встать на колени. Оказывающий помощь должен положить нижнюю часть ладони одной руки на ниж-

ную треть грудины, а затем поверх руки положить под прямым углом другую руку и надавливать на грудную клетку пострадавшего, слегка помогая себе при этом наклоном всего корпуса. Делать это надо быстрым толчком, чтобы сместить нижнюю часть грудины вниз на 3–4 см, а у полных людей – на 5–6 см. Усилие при надавливании следует концентрировать на нижнюю часть грудины. Надавливание (толчок) на грудину повторяют примерно раз в секунду.

После быстрого толчка руки остаются в том же положении примерно в течение 0,5 с. После этого следует слегка выпрямиться и расслабить руки, не отнимая их от грудины.

Одновременно с массажем сердца нужно делать искусственное дыхание; если помощь оказывают двое (тогда это сделать проще), менее опытный делает вдухание, а более опытный – наружный массаж сердца. Если помощь оказывает один человек, то он должен чередовать операции: после двух вдуханий воздуха делать 15 надавливаний на грудную клетку.

О восстановлении деятельности сердца у пострадавшего судят по появлению у него собственного, не поддерживаемого массажем регулярного пульса. Для проверки пульса через каждые 2 мин. на 2–3 с прерывают массаж.

После появления признаков оживления наружный массаж сердца и искусственное дыхание следует продолжать еще в течение 5–10 мин., приурочивая вдухание к моменту собственного вдоха пострадавшего.

Далее пострадавшему необходимо срочно оказать профессиональную медицинскую помощь.

Вопросы для самоконтроля:

1. Согласно «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ), на какие две группы подразделяются все электроустановки по напряжению?

2. Охарактеризуйте виды воздействия электрического тока на организм человека.

3. Два основных вида поражения человека электрическим током. Рассмотрите их классификацию.

4. Какой зависимостью определяются условия безопасности человека при действии электрического тока?

5. Охарактеризуйте возможные пути прохождения тока в теле человека.

6. Охарактеризуйте классы помещений по степени опасности поражения электрическим током и правила поведения в них.

7. Рассмотрите схемы включения человека в электрическую цепь.

8. Роль изоляции в электрических цепях и требования к ней.

9. Нейтраль: определение, назначение, виды.

10. Защитное заземление, зануление и отключение, выравнивание потенциалов, двойная изоляция, малое напряжение: определение и рассмотрение их назначения.

11. Из условий безопасности сопротивление защитного заземления в установках 380/220 В должно быть не более какого значения?

12. Что такое «напряжение шага» и «напряжение прикосновения»?

13. Что такое «выравнивание потенциала» и когда оно применяется?

14. Охарактеризуйте меры по обеспечению безопасности в электроустановках и меры защиты от поражения электрическим током.

15. Расчет сопротивления защитного заземления.

16. Методы и средства доврачебной помощи при поражении электрическим током.

1. Коллективные решения творческих задач

Цель работы: найти свое собственное «правильное» решение, основанное на своем персональном знании и знании своего коллеги при изучении требований электробезопасности, применяемых на промышленных предприятиях.

Оборудование: руководство по выполнению базовых экспериментов «Основы электробезопасности», сборник руководств по эксплуатации компонентов аппаратной части комплекта ОЭБ1-С-Р, используемого для исследования влияния параметров электрической сети (сопротивления изоляции и емкостной проводимости) на условия электробезопасности.

Задание: с помощью руководства по выполнению базовых экспериментов «Основы электробезопасности», сборника руководств по эксплуатации компонентов аппаратной части комплекта ОЭБ1-С-Р студенты разбиваются на малые группы и выбирают творческое задание для решения учебной цели.

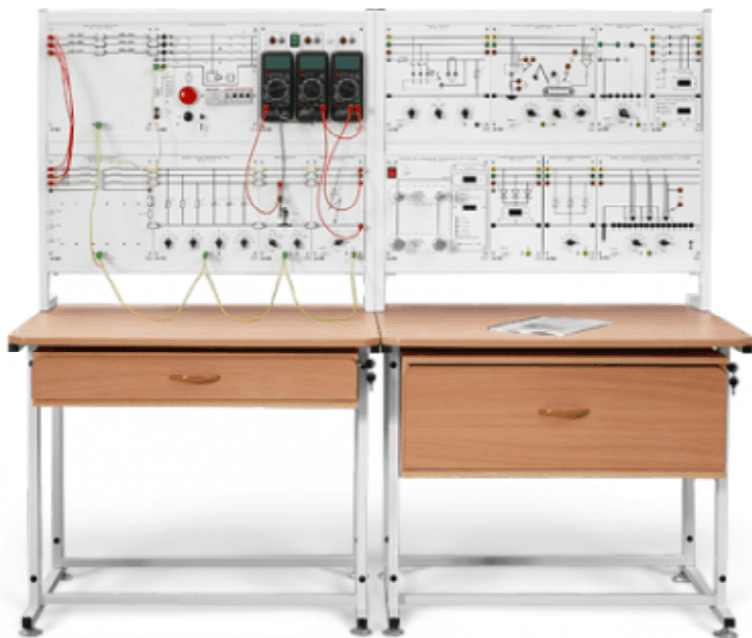


Рис. 8.10. Комплект ОЭБ1-С-Р

Темы задач:

Тема № 1. Исследование влияния факторов, определяющих условия электробезопасности:

- исследование влияния режима нейтрали на условия электробезопасности;
- исследование влияния параметров электрической сети (сопротивления изоляции и емкостной проводимости) на условия электробезопасности;
- исследование влияния сопротивления замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью на условия электробезопасности.

Тема № 2. Исследование явлений при стекании тока в землю через защитный заземлитель:

- снятие зависимости потенциала основания электрооборудования от рас-

стояния до заземлителя (для трех видов заземлителей и пяти типов грунтов);

- снятие зависимости напряжения прикосновения от расстояния до заземлителя (для трех видов заземлителей и пяти типов грунтов);
- снятие зависимости шагового напряжения от расстояния до заземлителя (для трех видов заземлителей и пяти типов грунтов).

Тема № 3. Исследование электрического сопротивления тела человека:

- исследование влияния на электрическое сопротивление тела человека площади контактной поверхности;
- исследование влияния на электрическое сопротивление тела человека частоты приложенного напряжения.

Тема № 4. Моделирование защитного зануления электрооборудования:

- исследование влияния режима нейтрали электрической сети на эффективность защитного зануления;
- исследование влияния сопротивления нулевого провода на условия электробезопасности;
- исследование влияния сопротивления повторного заземления на условия электробезопасности;
- исследование влияния сопротивления замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью на условия электробезопасности.

Тема № 5. Контроль изоляции в электрической сети с изолированной нейтралью:

- контроль изоляции методом трех вольтметров;
- контроль изоляции с помощью специализированного устройства.

Тема № 6. Измерение сопротивления заземления методом амперметра и вольтметра для четырех типов грунтов.

Тема № 7. Моделирование защитного заземления/самозаземления электрооборудования:

- исследование влияния режима нейтрали электрической сети на эффективность защитного заземления;
- исследование влияния типа грунта (пять типов грунтов) на условия электробезопасности;
- исследование влияния типа экскаватора (три типа) на условия электробезопасности;
- исследование влияния параметров электрической сети (сопротивления изоляции и емкости проводимости) на условия электробезопасности.

Тема № 8. Исследование работы устройства защитного отключения электрической сети:

- исследование работы устройства защитного отключения в электрической сети с глухозаземленной нейтралью;
- исследование работы устройства защитного отключения в электрической сети с изолированной нейтралью.

Перед началом занятия студентам предлагается «разминка» по описанию следующих моделей:

- модель замыкания на землю;
- модель сопротивления изоляции;
- модель измерения заземления;
- модель заземлителя с полусферическим электродом;
- модель заземлителя с вертикальным трубчатым электродом;
- модель заземлителя с протяженным трубчатым электродом на поверхности;
- модель защитного заземления/самозаземления;
- модель зануления.

2. Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, видео, слайдов и т. п. Интерактивность обеспечивается процессом последующего обсуждения темы.

Рекомендуемые темы презентаций:

- 1) опасные и вредные производственные факторы, связанные с использованием электрической энергии;
- 2) электротравмы и степени их воздействия на организм человека;
- 3) порядок назначения лиц, ответственных за электрохозяйство;
- 4) требования к персоналу, допускаемому к обслуживанию электроустановок;
- 5) группы по электробезопасности электротехнического персонала и условия их присвоения;
- 6) периодичность и порядок проверки знаний у электротехнического персонала;
- 7) средства защиты, предназначенные для обеспечения электробезопасности.

3. Интервью мнений

Цель занятия: узнать мнение респондента по конкретной ситуации.

Предлагаемые ситуации, требующие вставки пропущенных слов:

- 1) электрический ток, проходя через живой организм, оказывает _____ действие;
- 2) состояние пострадавшего зависит не столько от степени ожога, сколько от _____ ;
- 3) с увеличением частоты тока сопротивление тела человека _____ ;
- 4) с увеличением силы тока и времени его прохождения сопротивление тела _____ ;
- 5) при поражении электрическим током основными факторами являются путь прохождения тока через тело человека и _____ ;
- 6) чем меньше продолжительность действия тока на организм человека, тем меньше _____ ;
- 7) чем меньше продолжительность действия тока на организм человека, тем меньше _____ ;
- 8) с увеличением частоты тока до 50 Гц опасность поражения _____ ;
- 9) при частоте тока выше 50 Гц опасность поражения _____ ;
- 10) наиболее опасен путь тока через тело _____ , менее опасен и еще менее опасен _____ ;
- 11) сроки очередных проверок знаний для электротехнического персонала, непосредственно обслуживающего электроустановки, а также для персонала, оформляющего наряды, распоряжения и организующего эти работы, составляют _____ ;
- 12) для руководителей и специалистов, не относящихся к предыдущей группе, а также для инженеров по охране труда, инспектирующих электроустановки, _____ ;
- 13) виды ответственности, применяемые за нарушения требований безопасности в _____ электроустановках.

4. Дискуссия

Цель занятия: достижение определенной степени согласия участников дискуссии относительно дискутируемого тезиса.

Предлагаемые тезисы:

- в Российской Федерации ежегодно от электрического тока погибает 2500

человек (каждая десятая травма на производстве связана с воздействием электрического тока), откуда риск индивидуальной смертности от электрического тока равен $16 \cdot 10^{-6}$, что втрое больше, чем в среднем на Земле ($5 \cdot 10^{-6}$);

– опасность электрического тока в отличие от прочих опасностей усугубляется тем, что человек не в состоянии без специальных приборов обнаружить напряжение дистанционно, а также быстротечностью поражения – опасность обнаруживается, когда человек уже поражен;

– индивидуальная особенность людей – чувствительность к электрическому току, вызывающая лишь слабые ощущения у одного человека, может быть неотпускающая для другого.

Используемая литература

1. Федеральный закон РФ от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

2. ГОСТ 30331.7-95. Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Отделение, отключение, управление.

3. ГОСТ 30331.8-95. Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Общие требования по применению мер защиты для обеспечения безопасности. Требования по применению мер защиты от поражения электрическим током.

4. ГОСТ 12.1.009-76 ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения.

5. Арустамов, Э. А. Безопасность жизнедеятельности / Э. А. Арустамов. – М. : Академия, 2009. – 274 с.

6. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности : учеб. для вузов / С. В. Белов. – М. : Академия, 2009. – 329 с.

7. Белявин, К. Е. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок / К. Е. Белявин, Б. В. Кузнецов. – Минск : Белорусская наука, 2007. – 196 с.

8. Бондарь, В. А. Исследование опасности поражения электрическим током в трехфазных сетях напряжением до 1000 В / В. А. Бондарь. – М. : МГУИЭ, 2009. – 28 с.

9. Бутырин, П. А. Электротехника : учебник / П. А. Бутырин, О. В. Толчеев. – М. : Академия, 2010. – 247 с.

10. Кисаримов, Р. А. Электробезопасность / Р. А. Кисаримов. – М. : РадиоСофт, 2011. – 336 с.

11. Кисаримов, Р. А. Справочник электрика / Р. А. Кисаримов. – М. : РадиоСофт, 2011. – 544 с.

12. Куценко, Г. Ф. Электробезопасность / Г. Ф. Куценко. – Минск : ООО «Дизайн ПРО», 2006. – 240 с.

13. Монахов, А. Ф. Безопасность жизнедеятельности : лабораторный практикум / А. Ф. Монахов. – М. : изд. дом МЭИ, 2009. – 371 с.

14. Пушкин, В. И. Обеспечение электробезопасности на предприятии / В. И. Пушкин. – М. : Библиотека инженера по охране труда, 2005. – 264 с.

15. Сибикин, Ю. Д. Охрана труда и электробезопасность / Ю. Д. Сибикин. – М. : ИП РадиоСофт, 2011. – 394 с.

РАЗДЕЛ IX.

ДЕКЛАРИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРТИЗА ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В Российской Федерации, начиная с 1995 года, проводится декларирование промышленной безопасности.

Декларация промышленной безопасности – документ, в котором отражены характер и масштабы опасности на промышленном объекте и выработанные мероприятия по обеспечению безопасности и готовности к действиям в техногенных чрезвычайных ситуациях.

Декларирование промышленной безопасности производственных объектов одна из немногих отечественных процедур, правила проведения которой на законодательном уровне гармонизированы с международными документами (конвенция МОТ № 174 «О предотвращении крупных промышленных аварий», конвенция ООН «О трансграничном воздействии промышленных аварий», директивы ЕС «Севезо» № 82/501/ЕЭС и № 96/82/ЕЭС и др.). В результате внедрения этой процедуры получена более точная оценка риска аварий на большинстве крупных промышленных предприятий, созданы основы нормативно-методической базы и появились организации и специалисты в области анализа риска и т. д.

Основная цель декларирования промышленной безопасности – информирование (эксплуатирующей организацией или заказчиком проекта, застройщиком, владельцем объекта) исполнительных органов власти (в том числе надзорных органов), общества и населения о рисках крупных аварий и безопасности опасных производственных объектов.

Декларация промышленной безопасности (ДПБ) разрабатывается в соответствии с требованиями нормативно-технической документации, действующей на территории РФ, основным из которой является № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (см. приложение 2).

Разработка ДПБ предполагает всестороннюю оценку риска аварии и связанной с нею угрозы; анализ достаточности принятых мер по предупреждению аварий, по обеспечению готовности организации к эксплуатации опасного производственного объекта в соответствии с требованиями промышленной безопасности, а также к локализации и ликвидации последствий аварии на опасном производственном объекте; разработку мероприятий, направленных на снижение масштаба последствий аварии и размера ущерба, нанесенного в случае аварии на опасном производственном объекте.

ДПБ разрабатывается в составе проектной документации на строительство, расширение, реконструкцию, капитальный ремонт, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта.

Декларация промышленной безопасности, разрабатываемая в составе проектной документации на расширение, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта, проходит экспертизу промышленной безопасности в установленном порядке. Проектная документация на строительство, реконструкцию, капитальный ремонт опасного производственного объекта, содержащая декларацию промышленной безопасности, подлежит государственной экспертизе в соответствии с законодательством Российской Федерации о градостроительной деятельности.

Декларация с заключением экспертизы на нее направляется на рассмотрение в управление центрального аппарата Ростехнадзора, осуществляющее контроль и надзор за соблюдением требований промышленной безопасности на декларируемом ОПО.

Декларацию промышленной безопасности представляют органам государственной власти, органам местного самоуправления, общественным объединениям и гражданам в порядке, который установлен Правительством Российской Федерации.

История разработки ДПБ. В 1982 году после ряда крупных аварий на промышленных объектах Европейское экономическое сообщество приняло директиву 82/501/ЕЭС «О предотвращении крупных промышленных аварий», которой была введена процедура декларирования промышленной безопасности. В настоящее время основными международными актами, регламентирующими декларирование промышленной безопасности, являются:

- директивы ЕС «О предотвращении крупных промышленных аварий» (директивы «Севезо») 1982 г. – № 82/501/ЕС, 1996 г. – № 96/82/ЕС;
- Кодекс МОТ по предупреждению промышленных аварий, 1990 год;
- конвенция ООН «О трансграничном воздействии крупных промышленных аварий», 1992;
- конвенция МОТ № 174 «О предотвращении крупных промышленных аварий», 1993 год.

В Российской Федерации первым нормативным документом, устанавливающим необходимость разработки декларации безопасности, является Постановление Правительства РФ от 1 июля 1995 г. № 675 «О декларации безопасности промышленного объекта Российской Федерации». Основным же документом в области промышленной безопасности, в том числе и в ее декларировании, стал вышедший в 1997 году Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» № 116-ФЗ.

Ниже в хронологическом порядке приведены НТД, создавшие правовое поле декларирования в РФ:

- **1995 г.** Постановление Правительства РФ от 1 июля 1995 г. № 675 «О декларации безопасности промышленного объекта Российской Федерации»;
- **апрель 1996 г.** Совместный приказ МЧС (№ 222) и ГГТН (№ 59) от 4 апреля 1996 г. «О порядке разработки декларации безопасности промышленного объекта Российской Федерации»;
- **август 1996 г.** Совместный приказ МЧС (№ 599) и ГГТН (№ 125) от 7 августа 1996 г. «Об экспертизе деклараций безопасности промышленных объектов Российской Федерации»;
- **1997 г.** № 116-ФЗ от 20.06.1997 г. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»;
- **1999 г.** РД 03-315-99 «Положение о порядке оформления декларации промышленной безопасности и перечне сведений, содержащихся в ней»;
- **2000 г.** РД 03-357-00 «Методические рекомендации по составлению декларации промышленной безопасности опасного производственного объекта»;
- **2001 г.** РД 03-418-01 «Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов»;
- **2006 г.** РД-03-14-2005 «Порядок оформления декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов и перечень включаемых в нее сведений».

Основные нормативные документы, касающиеся ДПБ:

- Федеральный закон от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»;

- ПБ 03-246-98 «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности»;
- РД 03-14-2005 «Порядок оформления декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов и перечень включаемых в нее сведений»;
- Постановление Правительства Российской Федерации от 11.05.1999 г. № 526 «Об утверждении Правил представления декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов»;
- ПБ 03-314-99 «Правила экспертизы декларации промышленной безопасности»;
- РД 03-298-99 «Положение о порядке утверждения заключения экспертизы промышленной безопасности»;
- РД 04-271-99 «Положение о порядке прохождения поступающих в Госгортехнадзор России деклараций промышленной безопасности»;
- Постановление Госгортехнадзора России от 27.10.2000 г. № 61 «Об утверждении Изменения № 1 к "Правилам экспертизы декларации промышленной безопасности"»;
- РД 03-357-00 «Методические рекомендации по составлению декларации промышленной безопасности опасного производственного объекта»;
- РД 03-418-01 «Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов»;
- РД 03-496-02 «Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах».

Необходимость разработки ДПБ определена Федеральным законом №116-ФЗ (статья 14), где устанавливается обязательность разработки деклараций промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются вещества в количествах, указанных в таблицах 1 и 2 приложения 2.

Кроме того, на основании статьи 14 ФЗ № 116-ФЗ обязательность разработки деклараций промышленной безопасности опасных производственных объектов может быть установлена Правительством Российской Федерации, а также нормативными правовыми актами Ростехнадзора.

Разработка ДПБ. ДПБ разрабатывается в составе проектной документации на строительство, расширение, реконструкцию, капитальный ремонт, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта.

Декларация промышленной безопасности уточняется или разрабатывается вновь в случае изменения сведений, содержащихся в ДПБ, или в случае изменения требований промышленной безопасности.

Декларация уточняется путем внесения в нее частичных изменений в случае, если эти изменения связаны с техническими и/или технологическими изменениями на опасном производственном объекте, которые не влияют на условия безопасной эксплуатации и не увеличивают значения показателей риска аварии. Данные изменения прилагаются к декларации и согласовываются с управлением центрального аппарата Ростехнадзора, осуществляющим контроль и надзор за соблюдением требований промышленной безопасности на декларируемом ОПО.

ДПБ утверждается руководителем организации, эксплуатирующей опасный производственный объект.

Руководитель организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, несет ответственность за полноту и достоверность сведений, содержащихся в ДПБ, в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Разработка декларации является нелицензируемым видом деятельности. Однако к составлению расчетно-пояснительной записки рекомендуется привлекать специализированные научные, экспертные и проектные организации, обладающие опытом разработки деклараций промышленной безопасности и имеющие лицензии Ростехнадзора на соответствующий вид деятельности.

В соответствии с РД 03-14-2005 декларация должна включать следующие структурные элементы:

- титульный лист;
- данные об организации – разработчике декларации;
- оглавление;
- раздел 1 «Общие сведения»;
- раздел 2 «Результаты анализа безопасности»;
- раздел 3 «Обеспечение требований промышленной безопасности»;
- раздел 4 «Выводы»;
- раздел 5 «Ситуационные планы»;
- обязательные приложения к декларации: приложение № 1 «Расчетно-пояснительная записка»; приложение № 2 «Информационный лист».

Расчетно-пояснительная записка и информационный лист оформляются отдельными книгами.

Разработку декларации рекомендуется начинать с составления расчетно-пояснительной записки. Это обусловлено тем, что в декларации представляются результаты всесторонней оценки риска аварии и анализа достаточности принятых мер по предупреждению аварий и обеспечению готовности организации к эксплуатации опасного производственного объекта, а также к локализации и ликвидации последствий аварии на опасном производственном объекте. Указанные результаты должны быть обоснованы данными, приведенными в расчетно-пояснительной записке.

Экспертиза промышленной безопасности ДПБ. Декларация, разработанная в составе проектной документации на расширение, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта, представляется на экспертизу промышленной безопасности (далее – экспертиза) в экспертную организацию.

Экспертиза промышленной безопасности – оценка соответствия объекта экспертизы предъявляемым к нему требованиям промышленной безопасности, результатом которой является заключение.

Объектом экспертизы является декларация вместе с приложениями – расчетно-пояснительной запиской, информационным листом.

Экспертиза проводится с целью установления:

- соответствия полноты и достоверности информации, представленной в декларации, требованиям промышленной безопасности;
- обоснованности результатов анализа риска аварий на опасном производственном объекте, изложенных в декларации;
- достаточности разработанных и/или реализованных мер по обеспечению требований промышленной безопасности.

В соответствии со статьей 13 ФЗ № 116-ФЗ экспертизе промышленной безопасности подлежат:

- ✓ проектная документация на расширение, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта;
- ✓ технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте;
- ✓ здания и сооружения на опасном производственном объекте;

✓ декларация промышленной безопасности, разрабатываемая в составе проектной документации на расширение, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта, и иные документы, связанные с эксплуатацией опасного производственного объекта.

Экспертизу промышленной безопасности проводят организации, имеющие лицензию на проведение указанной экспертизы, за счет средств организации, предполагающей эксплуатацию опасного производственного объекта или эксплуатирующей его.

Результатом осуществления экспертизы промышленной безопасности является заключение.

Заключение экспертизы промышленной безопасности, представленное в федеральный орган исполнительной власти в области промышленной безопасности или в его территориальный орган, рассматривается и утверждается ими в установленном порядке.

Порядок осуществления экспертизы промышленной безопасности и требования к оформлению заключения экспертизы промышленной безопасности устанавливаются федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности.

Экспертиза промышленной безопасности может осуществляться одновременно с осуществлением других экспертиз в установленном порядке.

Требования, которые должны учитываться при экспертизе промышленной безопасности различных объектов, устанавливаются Ростехнадзором.

Экспертизу проектов на строительство, реконструкцию и (или) капитальный ремонт в соответствии с Федеральным законом от 18.12.2006 г. № 232-ФЗ проводит Главгосэкспертиза.

Весь процесс проведения экспертизы должен быть документирован. Проведение экспертизы состоит из следующих этапов:

- предварительный этап;
- заявка, план-график, договор или другие документы, устанавливающие условия проведения экспертизы;
- процесс экспертизы;
- выдача заключения экспертизы.

Предварительный этап переговоров проводится для информирования заказчика о порядке проведения экспертизы, а также для обсуждения вопросов, касающихся проведения экспертизы, в том числе:

- содержание и ход экспертизы;
- подготовка к проведению экспертизы на месте (в случае необходимости);
- составление календарного плана.

Документы на проведение экспертизы составляются после проведения предварительных переговоров.

В документах:

- Δ определяются договаривающиеся стороны;
- Δ определяются объекты экспертизы;
- Δ приводится перечень информации, необходимой для проведения экспертизы объекта в соответствии с действующей нормативной технической документацией;

Δ подтверждается заказчиком согласие выполнить требования, обязательные для проведения экспертизы, в частности по принятию эксперта или группы экспертов (в случае необходимости) и оплате расходов на проведение процесса экспертизы независимо от ее результата;

- Δ определяются сроки проведения экспертизы.

Процесс экспертизы включает:

- а) подбор материалов и документации, необходимой для проведения экспертизы объекта;
- б) назначение экспертов;
- в) проведение экспертизы.

Для проведения экспертизы назначается один или в случае необходимости группа квалифицированных экспертов.

В отдельных случаях силами экспертной организации могут быть проведены испытания по согласованным с заказчиком методикам и программам. При необходимости экспертная организация может провести экспертизу с выездом на место (к заказчику).

Сроки проведения экспертизы. Для проведения экспертизы заказчик должен представить следующие данные:

- 1) данные о заказчике и объекте экспертизы;
- 2) проектную, конструкторскую, эксплуатационную, ремонтную документацию, декларацию промышленной безопасности опасного производственного объекта, паспорта технических устройств, инструкции, технологические регламенты и другую документацию, имеющую шифры или другую индикацию, необходимую для идентификации (в зависимости от объекта экспертизы);
- 3) акты испытаний, сертификаты, в том числе, если необходимо, на комплектующие изделия, прочностные расчеты и т. п. (в случае необходимости);
- 4) образцы оборудования (в случае необходимости).

При несоответствии представленных материалов и документации установленным требованиям экспертная организация уведомляет заказчика о сроках представления материалов и документации в полном объеме в соответствии с действующей нормативной технической документацией. Срок направления экспертной организацией уведомления не должен превышать семи дней со дня получения материалов.

Срок проведения экспертизы определяется сложностью объекта экспертизы, но не должен превышать трех месяцев с момента получения комплекта необходимых материалов и документов в полном объеме в соответствии с действующей нормативной технической документацией и выполнения всех иных условий проведения экспертизы.

Экспертная организация приступает к проведению экспертизы только после получения комплекта необходимых материалов и документов в полном объеме в соответствии с требованиями действующих нормативных технических документов.

При непредставлении в согласованный заказчиком и экспертной организацией срок запрашиваемых материалов и документации экспертиза не проводится, а материалы и документы возвращаются заказчику.

Порядок выдачи экспертного заключения. Результатом проведенных экспертами работ является проект заключения экспертизы.

Проект заключения экспертизы служит основанием для консультаций и принятия решения о выдаче положительного или отрицательного заключения экспертизы.

Заказчику пересылается копия проекта заключения экспертизы. Претензии к проекту заключения экспертизы направляются заказчиком в экспертную организацию в письменной форме и не позднее чем через 14 дней после получения проекта.

Решение о выдаче положительного или отрицательного заключения экспертизы принимается на основании рассмотрения и анализа документов, полученных при экспертизе, проверке состояния объекта или проведения необходимых испытаний.

При положительном заключении экспертизы в нем перечисляются объекты, на которые распространяется действие заключения экспертизы с условиями или без них.

В случае отрицательного заключения по объекту экспертизы, находящемуся в эксплуатации, экспертная организация немедленно ставит в известность Ростехнадзор для принятия оперативных мер по дальнейшей эксплуатации опасного производственного объекта.

В случае принятия решения о выдаче отрицательного заключения экспертизы заказчику должны быть представлены обоснованные выводы:

- о необходимости доработки представленных материалов по замечаниям и предложениям, изложенным в итоговом отчете эксперта (ведущего эксперта);
- о недопустимости эксплуатации объекта экспертизы ввиду необеспеченности соблюдения требований промышленной безопасности.

В случае принятия решения о выдаче отрицательного заключения экспертизы заказчик вправе представить материалы на повторную экспертизу при условии их переработки с учетом выявленных в ходе экспертизы замечаний.

Заключение экспертизы может быть оспорено заказчиком в установленном порядке.

Основные нормативные документы, касающиеся экспертизы промышленной безопасности:

- Федеральный закон от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»;
- ПБ 03-246-98. «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности»;
- РД 03-298-99. «Положение о порядке утверждения заключения экспертизы промышленной безопасности»;
- РД 09-539-03. «Положение о порядке проведения экспертизы промышленной безопасности в химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности»;
- РД 12-608-03. «Положение по проведению экспертизы промышленной безопасности на объектах газоснабжения»;
- РД 11-589-03. «Положение о проведении экспертизы промышленной безопасности опасных металлургических и коксохимических производственных объектов»;
- РД 14-531-03. «Положение о проведении экспертизы промышленной безопасности опасных производственных объектов по хранению и переработке зерна»;
- РД 15-489-02. «Положение о проведении экспертизы промышленной безопасности на опасных производственных объектах, связанных с транспортированием опасных веществ железнодорожным транспортом»;
- РД 05-432-02. «Положение о проведении экспертизы промышленной безопасности в угольной промышленности»;
- РД 10-528-03. «Положение по проведению экспертизы промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения»;
- РД 10-520-02. «Положение по проведению экспертизы промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используются паровые и водогрейные котлы, сосуды, работающие под давлением, трубопроводы пара и горячей воды»;
- Письмо Ростехнадзора от 21.01.2007 г. № К4-43/261 «По вопросу применения положений Градостроительного кодекса Российской Федерации».

Таким образом, в управление центрального аппарата Ростехнадзора,

осуществляющее контроль и надзор за соблюдением требований промышленной безопасности, на декларируемом ОПО для утверждения заключения и регистрации декларации должен быть предоставлен следующий пакет документов:

- декларация промышленной безопасности – 1 экз.;
- расчетно-пояснительная записка (приложение 1 обязательного приложения к декларации) – 1 экз.;
- информационный лист (приложение 2 обязательного приложения к декларации) – 1 экз.;
- заключение экспертизы на декларацию промышленной безопасности – 1 экз.;
- заключения о соответствии декларации промышленной безопасности и заключение экспертизы на нее в части предупреждения, ликвидации и локализации чрезвычайных ситуаций – 1 экз.;
- сопроводительное письмо от организации-заказчика.

Поступившая декларация в комплекте с заключением экспертизы и сопроводительным письмом передается отделом делопроизводства и хозяйственного обеспечения центрального аппарата Ростехнадзора в соответствующее отраслевое управление или отдел Росгортехнадзора на регистрацию и рассмотрение.

В случае представления материалов не в полном объеме или имеющих очевидные изъяны в оформлении отраслевое управление (отдел) в срок не более пяти дней и без регистрации возвращает их организации, утвердившей декларацию, с указанием причины возврата.

Предметом регистрации являются непосредственно декларация, заключение экспертизы по ней, а также сопроводительное письмо, с которым декларация поступила в Ростехнадзор.

Отраслевое управление (отдел) рассматривают зарегистрированную декларацию и заключение экспертизы по ней на соответствие установленным требованиям.

Срок рассмотрения декларации не должен превышать двух месяцев со дня ее поступления.

При несоответствии декларации или заключения экспертизы по ней установленным требованиям отраслевое управление (отдел) центрального аппарата Ростехнадзора направляет письмо руководителю организации, утвердившему декларацию, с обоснованными предложениями о необходимости переработать декларацию безопасности, а также письмо начальнику соответствующего территориального органа о необходимости осуществить контроль за исполнением предложений Ростехнадзора.

Срок утверждения (или принятия решения об отказе в утверждении) заключения экспертизы не должен превышать 30 дней со дня поступления заключения экспертизы.

При необходимости дополнительного изучения вопроса или получения дополнительной информации этот срок может быть продлен не более чем на 30 дней.

В ходе рассмотрения заключения экспертизы может запрашиваться дополнительная информация по сути проведенной экспертизы как от заказчика, так и от экспертной организации, подготовившей заключение экспертизы.

Письмо с решением об утверждении заключения экспертизы или об отказе в утверждении заключения экспертизы направляется организации, представившей заключение экспертизы, копия письма направляется экспертной организации.

Представление ДПБ. Руководитель организации, эксплуатирующей опасный производственный объект:

- представляет экземпляр декларации и заключения экспертизы в Федеральную службу по экологическому, технологическому и атомному надзору и (или) ее соответствующий территориальный орган, а также в соответствующие федеральные органы исполнительной власти, которым предоставлено право осуществлять отдельные функции нормативно-правового регулирования, специальные разрешительные, контрольные или надзорные функции в области промышленной безопасности;
- представляет копии декларации и заключения экспертизы в федеральный орган исполнительной власти, в ведении которого находится организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, и в орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации, на территории которого эксплуатируется опасный производственный объект;
- представляет копии декларации и заключения экспертизы в заинтересованные федеральные органы исполнительной власти, а также в орган местного самоуправления, на территории которого эксплуатируется опасный производственный объект, на основании мотивированного запроса этого органа;
- обеспечивает доступ к декларации официальных представителей общественных объединений на основании мотивированного запроса руководителя общественного объединения, согласованного с руководителем органа исполнительной власти субъекта Российской Федерации, на территории которого эксплуатируется опасный производственный объект, при соблюдении установленного порядка обращения со сведениями, составляющими государственную и служебную тайну;
- обеспечивает представление информационного листа (приложение к декларации) гражданам, проживающим на территории вблизи опасного производственного объекта, по их обращению.

Гриф секретности декларации определяется степенью секретности содержащихся в ней сведений в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Руководители организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты, руководители органов государственной власти, органов местного самоуправления, а также организаций (объединений), которым была представлена декларация и заключение экспертизы, обязаны обеспечить защиту информации, связанной со сведениями, составляющими государственную или служебную тайну, в соответствии с законодательством Российской Федерации, а также учет и хранение указанных документов в установленном порядке.

Вопросы для самоконтроля:

1. Декларация промышленной безопасности: определение, цель проведения.
2. Разработка ДПБ.
3. История разработки ДПБ.
4. Нормативно-правовое обеспечение ДПБ.
5. Утверждение ДПБ.
6. Структура ДПБ.
7. Экспертиза промышленной безопасности: определение, цель, объект экспертизы, порядок осуществления.
8. Основные нормативные документы, касающиеся экспертизы промышленной безопасности.

9. Какой пакет документов должен быть предоставлен в управление центрального аппарата Ростехнадзора, осуществляющее контроль и надзор за соблюдением требований промышленной безопасности на декларируемом ОПО для утверждения заключения и регистрации декларации?

10. Сроки рассмотрения и утверждения ДПБ.

11. Представление ДПБ.

Интерактивные формы занятий

1. Метод проектов

Цель работы: улучшить навыки логического мышления, максимально раскрыть творческие возможности студентов и стимулировать их к научно-исследовательской работе в области декларирования и экспертизы промышленной безопасности.

Рекомендуемые темы проектов:

- 1) история разработки декларации промышленной безопасности;
- 2) этапы разработки декларации промышленной безопасности;
- 3) постановление Правительства РФ от 1 июля 1995 г. № 675 «О декларации безопасности промышленного объекта Российской Федерации»;
- 4) правовое поле декларирования в РФ;
- 5) основные нормативные документы, касающиеся декларации промышленной безопасности;
- 6) структура декларации промышленной безопасности;
- 7) экспертиза промышленной безопасности;
- 8) порядок осуществления экспертизы промышленной безопасности;
- 9) этапы проведения экспертизы промышленной безопасности;
- 10) заключение экспертизы промышленной безопасности.

Используемая литература

1. Федеральный закон от 21.06.1997 г. № 116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. Постановление Правительства РФ от 01.07.1995 г. № 675 «О декларации безопасности промышленного объекта Российской Федерации».
3. Приказ МЧС России и Госгортехнадзора России от 04.04.1995 г. № 222/59 «О порядке разработки декларации безопасности промышленных объектов Российской Федерации».
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 02.02.98 г. № 142 «О сроках декларирования промышленной безопасности действующих опасных производственных объектов».
5. ПБИ 03-393(314)-00. Правила экспертизы декларации промышленной безопасности.
6. РД-03-14-2005. Порядок оформления декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов и перечень включаемых в нее сведений.
7. Арустамов, Э. А. Безопасность жизнедеятельности / Э. А. Арустамов. – М. : изд. центр «Академия», 2009. – 274 с.
8. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) : учебник / С. В. Белов. – М. : изд-во Юрайт : ИД Юрайт, 2010. – 671 с. – (Основы наук).
9. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности : учебник для вузов / С. В. Белов. – М. : Академия, 2009. – 329 с.
10. Семенова, И. В. Промышленная экология : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / И. В. Семенова. – М. : изд. центр «Академия», 2009. – 528 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Категории опасных производственных объектов (ФЗ РФ от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»)

К категории опасных производственных объектов относятся объекты, на которых:

1) получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются следующие опасные вещества:

а) воспламеняющиеся вещества – газы, которые при нормальном давлении и в смеси с воздухом становятся воспламеняющимися и температура кипения которых при нормальном давлении составляет 20 градусов Цельсия или ниже;

б) окисляющие вещества – вещества, поддерживающие горение, вызывающие воспламенение и (или) способствующие воспламенению других веществ в результате окислительно-восстановительной экзотермической реакции;

в) горючие вещества – жидкости, газы, пыли, способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления;

г) взрывчатые вещества – вещества, которые при определенных видах внешнего воздействия способны на очень быстрое самораспространяющееся химическое превращение с выделением тепла и образованием газов;

д) токсичные вещества – вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели и имеющие следующие характеристики:

- средняя смертельная доза при введении в желудок – от 15 миллиграммов на килограмм до 200 миллиграммов на килограмм включительно;
- средняя смертельная доза при нанесении на кожу – от 50 миллиграммов на килограмм до 400 миллиграммов на килограмм включительно;
- средняя смертельная концентрация в воздухе – от 0,5 миллиграмма на литр до 2 миллиграммов на литр включительно;

е) высокотоксичные вещества – вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели и имеющие следующие характеристики:

- средняя смертельная доза при введении в желудок – не более 15 миллиграммов на килограмм;
- средняя смертельная доза при нанесении на кожу – не более 50 миллиграммов на килограмм;
- средняя смертельная концентрация в воздухе – не более 0,5 миллиграмма на литр;

ж) вещества, представляющие опасность для окружающей природной среды, – вещества, характеризующиеся в водной среде следующими показателями острой токсичности:

- средняя смертельная доза при ингаляционном воздействии на рыбу в течение 96 часов – не более 10 миллиграммов на литр;
- средняя концентрация яда, вызывающая определенный эффект при воздействии на дафнии в течение 48 часов, – не более 10 миллиграммов на литр;
- средняя ингибирующая концентрация при воздействии на водоросли в течение 72 часов – не более 10 миллиграммов на литр;
- 2) используется оборудование, работающее под давлением более 0,07 мегапаскаля или при температуре нагрева воды более 115 градусов Цельсия;
- 3) используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы, эскапаторы, канатные дороги, фуникулеры;
- 4) получают расплавы черных и цветных металлов и сплавы на основе этих расплавов;
- 5) ведутся горные работы, работы по обогащению полезных ископаемых, а также работы в подземных условиях.

Опасные производственные объекты подлежат регистрации в государственном реестре в порядке, устанавливаемом Правительством Российской Федерации.

Приложение 2

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН РФ «О ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ»

(в ред. федеральных законов от 07.08.2000 г. № 122-ФЗ, от 10.01.2003 г. № 15-ФЗ, от 22.08.2004 г. № 122-ФЗ, от 09.05.2005 г. № 45-ФЗ, от 18.12.2006 г. № 232-ФЗ, от 30.12.2008 г. № 309-ФЗ, от 30.12.2008 г. № 313-ФЗ, от 27.12.2009 г. № 374-ФЗ, от 23.07.2010 г. № 171-ФЗ, от 27.07.2010 г. № 227-ФЗ, от 01.07.2011 г. № 169-ФЗ, от 18.07.2011 г. № 242-ФЗ, от 18.07.2011 г. № 243-ФЗ)
Принят Государственной Думой 20 июня 1997 года.

Настоящий Федеральный закон определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности эксплуатирующих опасные производственные объекты юридических лиц и индивидуальных предпринимателей (далее – организации, эксплуатирующие опасные производственные объекты) к локализации и ликвидации последствий указанных аварий.

Положения настоящего Федерального закона распространяются на все организации независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, осуществляющие деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов на территории Российской Федерации.

ГЛАВА I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Статья 1. Основные понятия

В целях настоящего Федерального закона используются следующие понятия:

- *промышленная безопасность опасных производственных объектов* (далее – промышленная безопасность) – состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий;
- *авария* – разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ;
- *инцидент* – отказ или повреждение технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, отклонение от режима технологического процесса, нарушение положений настоящего Федерального закона, других федеральных законов и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, а также нормативных технических документов, устанавливающих правила ведения работ на опасном производственном объекте.

Статья 2. Опасные производственные объекты

1. Опасными производственными объектами в соответствии с настоящим Федеральным законом являются предприятия или их цехи, участки, площадки, а также иные производственные объекты, указанные в приложении 1 к настоящему Федеральному закону.

2. Опасные производственные объекты подлежат регистрации в государственном реестре в порядке, устанавливаемом Правительством Российской Федерации.

Статья 3. Требования промышленной безопасности

1. Требования промышленной безопасности – условия, запреты, ограничения и другие обязательные требования, содержащиеся в настоящем Федеральном законе, других федеральных законах и иных нормативных правовых актах Российской Федерации, а также в нормативных технических документах, которые принимаются в установленном порядке и соблюдение которых обеспечивает промышленную безопасность.

2. Требования промышленной безопасности должны соответствовать нормам в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, санитарно-эпидемиологического благополучия населения, охраны окружающей среды, экологической безопасности, пожарной безопасности, охраны труда, строительства, а также требованиям государственных стандартов (в ред. Федерального закона от 30.12.2008 г. № 309–ФЗ).

Статья 4. Правовое регулирование в области промышленной безопасности

1. Правовое регулирование в области промышленной безопасности осуществляется настоящим Федеральным законом, другими федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации в области промышленной безопасности.

2. Если международным договором Российской Федерации установлены иные правила, чем предусмотренные настоящим Федеральным законом, то применяются правила международного договора.

Статья 5. Федеральные органы исполнительной власти в области промышленной безопасности (в ред. Федерального закона от 22.08.2004 г. № 122–ФЗ)

1. В целях осуществления государственной политики в области промышленной безопасности Президент Российской Федерации или по его поручению Правительство Российской Федерации определяет федеральные органы исполнительной власти в области промышленной безопасности и возлагает на них осуществление соответствующего нормативного регулирования, а также специальных разрешительных, контрольных и надзорных функций в области промышленной безопасности. Федеральные органы исполнительной власти в области промышленной безопасности имеют подведомственные им территориальные органы, создаваемые в установленном порядке.

2. Федеральные органы исполнительной власти, которым в соответствии с федеральными законами или нормативными правовыми актами Президента Российской Федерации и Правительства Российской Федерации предоставлено право осуществлять отдельные функции нормативно-правового регулирования, специальные разрешительные, контрольные или надзорные функции в области промышленной безопасности, обязаны согласовывать принимаемые ими нормативные правовые акты и нормативные технические документы, а также координировать свою деятельность в области промышленной безопасности с федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности.

ГЛАВА II. ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Статья 6. Деятельность в области промышленной безопасности (в ред. Федерального закона от 10.01.2003 г. № 15–ФЗ)

К видам деятельности в области промышленной безопасности относятся проектирование, строительство, эксплуатация, реконструкция, капитальный

ремонт, техническое перевооружение, консервация и ликвидация опасного производственного объекта; изготовление, монтаж, наладка, обслуживание и ремонт технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте; проведение экспертизы промышленной безопасности; подготовка и переподготовка работников опасного производственного объекта в не-образовательных учреждениях (в ред. федеральных законов от 18.12.2006 г. № 232-ФЗ, от 18.07.2011 г. № 243-ФЗ).

Отдельные виды деятельности в области промышленной безопасности подлежат лицензированию в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Обязательным требованием к соискателю лицензии для принятия решения о предоставлении лицензии на эксплуатацию опасных производственных объектов является наличие документов, подтверждающих ввод опасных производственных объектов в эксплуатацию, или положительных заключений экспертизы промышленной безопасности на технические устройства, применяемые на опасных производственных объектах, здания и сооружения на опасных производственных объектах, а также в случаях, предусмотренных статьей 14 настоящего Федерального закона, деклараций промышленной безопасности.

Лицензирующий орган не вправе требовать от соискателя лицензии представления указанных документов, если такие документы находятся в распоряжении лицензирующего органа, органов, предоставляющих государственные услуги, органов, предоставляющих муниципальные услуги, иных государственных органов, органов местного самоуправления либо подведомственных государственным органам или органам местного самоуправления организаций, за исключением документов, включенных в определенный Федеральным законом от 27 июля 2010 г. № 210-ФЗ «Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг» перечень документов. Лицензирующий орган самостоятельно запрашивает такие документы (сведения, содержащиеся в них) в уполномоченных органах, если заявитель не представил их по собственной инициативе. Указанные документы могут быть представлены соискателем лицензии в форме электронных документов.

Статья 7. Технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте

1. Технические устройства, в том числе иностранного производства, применяемые на опасном производственном объекте, подлежат сертификации или декларированию соответствия на соответствие требованиям промышленной безопасности в установленном законодательством Российской Федерации о техническом регулировании порядке.

2. Сертификация технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах, осуществляется органом по сертификации, аккредитованным в порядке, установленном законодательством Российской Федерации о техническом регулировании, декларация о соответствии принимается заявителем в порядке, установленном указанным законодательством (в ред. Федерального закона от 30.12.2008 г. № 313-ФЗ).

Пункт 3 утратил силу (в ред. Федерального закона от 30.12.2008 г. № 313-ФЗ).

4. Общий порядок и условия применения технических устройств на опасном производственном объекте устанавливаются Правительством Российской Федерации.

5. Технические устройства, применяемые на опасном производственном

объекте, в процессе эксплуатации подлежат экспертизе промышленной безопасности в установленном порядке.

6. Применение технических устройств на опасных производственных объектах осуществляется при условии получения разрешения, выдаваемого федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности.

За выдачу разрешения на применение технических устройств на опасных производственных объектах уплачивается государственная пошлина в размерах и порядке, которые установлены законодательством Российской Федерации о налогах и сборах (в ред. Федерального закона от 27.12.2009 г. № 374-ФЗ).

Статья 8. Требования промышленной безопасности к проектированию, строительству, реконструкции, капитальному ремонту, вводу в эксплуатацию, техническому перевооружению, консервации и ликвидации опасного производственного объекта (в ред. федеральных законов от 18.12.2006 г. № 232-ФЗ, от 18.07.2011 г. № 243-ФЗ)

1. Техническое перевооружение, капитальный ремонт, консервация и ликвидация опасного производственного объекта осуществляются на основании документации, разработанной в порядке, установленном настоящим Федеральным законом, с учетом законодательства о градостроительной деятельности. Если техническое перевооружение опасного производственного объекта осуществляется одновременно с его реконструкцией, документация на техническое перевооружение такого объекта входит в состав соответствующей проектной документации. Документация на капитальный ремонт, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта подлежит экспертизе промышленной безопасности. Документация на техническое перевооружение опасного производственного объекта подлежит экспертизе промышленной безопасности в случае, если указанная документация не входит в состав проектной документации такого объекта, подлежащей государственной экспертизе в соответствии с законодательством Российской Федерации о градостроительной деятельности.

Не допускаются техническое перевооружение, капитальный ремонт, консервация и ликвидация опасного производственного объекта без положительного заключения экспертизы промышленной безопасности, утвержденного федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности или его территориальным органом, либо если документация на техническое перевооружение опасного производственного объекта входит в состав проектной документации такого объекта, без положительного заключения государственной экспертизы проектной документации такого объекта (в ред. Федерального закона от 18.07.2011 г. № 243-ФЗ).

2. Отклонения от проектной документации опасного производственного объекта в процессе его строительства, реконструкции, капитального ремонта, а также от документации на техническое перевооружение, капитальный ремонт, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта в процессе его технического перевооружения, консервации и ликвидации не допускаются. Изменения, вносимые в проектную документацию на строительство, реконструкцию опасного производственного объекта, подлежат государственной экспертизе проектной документации в соответствии с законодательством Российской Федерации о градостроительной деятельности.

Изменения, вносимые в документацию на капитальный ремонт, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта, подлежат экспертизе промышленной безопасности и согласовываются с федеральным орга-

ном исполнительной власти в области промышленной безопасности или его территориальным органом.

Изменения, вносимые в документацию на техническое перевооружение опасного производственного объекта, подлежат экспертизе промышленной безопасности и согласовываются с федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности или его территориальным органом, за исключением случая, если указанная документация входит в состав проектной документации, подлежащей государственной экспертизе в соответствии с законодательством Российской Федерации о градостроительной деятельности (в ред. Федерального закона от 18.07.2011 г. № 243-ФЗ).

3. В процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта, технического перевооружения, консервации и ликвидации опасного производственного объекта организации, разработавшие соответствующую документацию, в установленном порядке осуществляют авторский надзор (в ред. федеральных законов от 18.12.2006 г. № 232-ФЗ, от 18.07.2011 г. № 243-ФЗ).

3.1. Соответствие построенных, реконструированных опасных производственных объектов проектной документации, требованиям строительных норм, правил, стандартов и других нормативных документов устанавливается заключением уполномоченного на осуществление государственного строительного надзора федерального органа исполнительной власти или уполномоченного на осуществление государственного строительного надзора органа исполнительной власти субъекта Российской Федерации в соответствии с законодательством Российской Федерации о градостроительной деятельности (в ред. федеральных законов от 18.12.2006 г. № 232-ФЗ, от 18.07.2011 г. № 243-ФЗ).

4. Ввод в эксплуатацию опасного производственного объекта проводится в порядке, установленном законодательством Российской Федерации о градостроительной деятельности (в ред. Федерального закона от 18.12.2006 г. № 232-ФЗ). При этом проверяется готовность организации к эксплуатации опасного производственного объекта и к действиям по локализации и ликвидации последствий аварии (в ред. Федерального закона от 18.12.2006 г. № 232-ФЗ).

Статья 9. Требования промышленной безопасности к эксплуатации опасного производственного объекта

1. Организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, обязана: соблюдать положения настоящего Федерального закона, других федеральных законов и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, а также нормативных технических документов в области промышленной безопасности; иметь лицензию на осуществление конкретного вида деятельности в области промышленной безопасности, подлежащего лицензированию в соответствии с законодательством Российской Федерации (в ред. Федерального закона от 10.01.2003 г. № 15-ФЗ); обеспечивать укомплектованность штата работников опасного производственного объекта в соответствии с установленными требованиями; допускать к работе на опасном производственном объекте лиц, удовлетворяющих соответствующим квалификационным требованиям и не имеющих медицинских противопоказаний к указанной работе; обеспечивать проведение подготовки и аттестации работников в области промышленной безопасности; иметь на опасном производственном объекте нормативные правовые акты и нормативные технические документы, устанавливающие правила ведения работ на опасном производственном объекте; организовывать и осуществлять производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности; обе-

спечивать наличие и функционирование необходимых приборов и систем контроля за производственными процессами в соответствии с установленными требованиями; обеспечивать проведение экспертизы промышленной безопасности зданий, а также проводить диагностику, испытания, освидетельствование сооружений и технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, в установленные сроки и по предъявляемому в установленном порядке предписанию федерального органа исполнительной власти в области промышленной безопасности или его территориального органа (в ред. Федерального закона от 22.08.2004 г. № 122-ФЗ), предотвращать проникновение на опасный производственный объект посторонних лиц; обеспечивать выполнение требований промышленной безопасности к хранению опасных веществ; разрабатывать декларацию промышленной безопасности; заключать договор страхования риска ответственности за причинение вреда при эксплуатации опасного производственного объекта; выполнять указания, распоряжения и предписания федерального органа исполнительной власти в области промышленной безопасности, его территориальных органов и должностных лиц, отдаваемые ими в соответствии с полномочиями (в ред. федеральных законов от 22.08.2004 г. № 122-ФЗ, от 23.07.2010 г. № 171-ФЗ); приостанавливать эксплуатацию опасного производственного объекта самостоятельно или по решению суда в случае аварии или инцидента на опасном производственном объекте, а также в случае обнаружения вновь открывшихся обстоятельств, влияющих на промышленную безопасность (в ред. федеральных законов от 22.08.2004 г. № 122-ФЗ, от 09.05.2005 г. № 45-ФЗ); осуществлять мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварий на опасном производственном объекте, оказывать содействие государственным органам в расследовании причин аварии; принимать участие в техническом расследовании причин аварии на опасном производственном объекте, принимать меры по устранению указанных причин и профилактике подобных аварий; анализировать причины возникновения инцидента на опасном производственном объекте, принимать меры по устранению указанных причин и профилактике подобных инцидентов; своевременно информировать в установленном порядке федеральный орган исполнительной власти в области промышленной безопасности, его территориальные органы, а также иные органы государственной власти, органы местного самоуправления и население об аварии на опасном производственном объекте; принимать меры по защите жизни и здоровья работников в случае аварии на опасном производственном объекте; вести учет аварий и инцидентов на опасном производственном объекте; представлять в федеральный орган исполнительной власти в области промышленной безопасности или в его территориальный орган информацию о количестве аварий и инцидентов, причинах их возникновения и принятых мерах (в ред. Федерального закона от 22.08.2004 г. № 122-ФЗ).

2. Работники опасного производственного объекта обязаны: соблюдать требования нормативных правовых актов и нормативных технических документов, устанавливающих правила ведения работ на опасном производственном объекте и порядок действий в случае аварии или инцидента на опасном производственном объекте; проходить подготовку и аттестацию в области промышленной безопасности; незамедлительно ставить в известность своего непосредственного руководителя или в установленном порядке других должностных лиц об аварии или инциденте на опасном производственном объекте; в установленном порядке приостанавливать работу в случае аварии или инцидента на опасном производственном объекте; в уста-

новленном порядке участвовать в проведении работ по локализации аварии на опасном производственном объекте. За выдачу работнику организации, осуществляющей эксплуатацию опасных производственных объектов, аттестата в области промышленной безопасности уплачивается государственная пошлина в размерах и порядке, которые установлены законодательством Российской Федерации о налогах и сборах (в ред. Федерального закона от 27.12.2009 г. № 374-ФЗ).

Статья 10. Требования промышленной безопасности по готовности к действиям по локализации и ликвидации последствий аварии на опасном производственном объекте

В целях обеспечения готовности к действиям по локализации и ликвидации последствий аварии организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, обязана: планировать и осуществлять мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварий на опасном производственном объекте; заключать с профессиональными аварийно-спасательными службами или с профессиональными аварийно-спасательными формированиями договоры на обслуживание, а в случаях, предусмотренных законодательством Российской Федерации, создавать собственные профессиональные аварийно-спасательные службы или профессиональные аварийно-спасательные формирования, а также нештатные аварийно-спасательные формирования из числа работников; иметь резервы финансовых средств и материальных ресурсов для локализации и ликвидации последствий аварий в соответствии с законодательством Российской Федерации; обучать работников действиям в случае аварии или инцидента на опасном производственном объекте; создавать системы наблюдения, оповещения, связи и поддержки действий в случае аварии и поддерживать указанные системы в пригодном к использованию состоянии.

Статья 11. Производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности

1. Организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, обязана организовывать и осуществлять производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности в соответствии с требованиями, устанавливаемыми Правительством Российской Федерации.

2. Сведения об организации производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности и о работниках, уполномоченных на его осуществление, представляются в федеральный орган исполнительной власти в области промышленной безопасности или в его территориальный орган (в ред. Федерального закона от 22.08.2004 г. № 122-ФЗ).

Статья 12. Техническое расследование причин аварии

1. По каждому факту возникновения аварии на опасном производственном объекте проводится техническое расследование ее причин.

2. Техническое расследование причин аварии проводится специальной комиссией, возглавляемой представителем федерального органа исполнительной власти в области промышленной безопасности или его территориального органа (в ред. Федерального закона от 22.08.2004 г. № 122-ФЗ). В состав указанной комиссии также включаются: представители субъекта Российской Федерации и (или) органа местного самоуправления, на территории которых располагается опасный производственный объект; представители организации, эксплуатирующей опасный производственный объект; другие представители в соответствии с законодательством Российской Федерации.

3. Президент Российской Федерации или Правительство Российской Федерации могут принимать решение о создании государственной комиссии по техническому расследованию причин аварии и назначать председателя указанной комиссии.

4. Комиссия по техническому расследованию причин аварии может привлекать к расследованию экспертные организации и специалистов в области промышленной безопасности, изысканий, проектирования, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, страхования, изготовления оборудования и в других областях.

5. Организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, и ее работники обязаны представлять комиссии по техническому расследованию причин аварии всю информацию, необходимую указанной комиссии для осуществления своих полномочий.

6. Результаты проведения технического расследования причин аварии заносятся в акт, в котором указываются причины и обстоятельства аварии, размер причиненного вреда, допущенные нарушения требований промышленной безопасности, работники, допустившие эти нарушения, а также меры, которые приняты для локализации и ликвидации последствий аварии, и содержатся предложения по предупреждению подобных аварий.

7. Материалы технического расследования причин аварии направляются в федеральный орган исполнительной власти в области промышленной безопасности или в его территориальный орган, а также в иные заинтересованные государственные органы (в ред. Федерального закона от 22.08.2004 г. № 122-ФЗ).

8. Порядок проведения технического расследования причин аварии и оформления акта технического расследования причин аварии устанавливается федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности (в ред. Федерального закона от 22.08.2004 г. № 122-ФЗ).

9. Финансирование расходов на техническое расследование причин аварии осуществляется организацией, эксплуатирующей опасный производственный объект, на котором произошла авария.

Статья 13. Экспертиза промышленной безопасности

1. Экспертизе промышленной безопасности подлежат: документация на капитальный ремонт, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта; документация на техническое перевооружение опасного производственного объекта в случае, если указанная документация не входит в состав проектной документации такого объекта, подлежащей государственной экспертизе в соответствии с законодательством Российской Федерации о градостроительной деятельности; технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте; здания и сооружения на опасном производственном объекте; декларация промышленной безопасности, разрабатываемая в составе документации на техническое перевооружение (в случае, если указанная документация не входит в состав проектной документации опасного производственного объекта, подлежащей государственной экспертизе в соответствии с законодательством Российской Федерации о градостроительной деятельности), капитальный ремонт, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта, и иные документы, связанные с эксплуатацией опасного производственного объекта (в ред. Федерального закона от 18.07.2011 г. № 243-ФЗ).

2. Экспертизу промышленной безопасности проводят организации, имеющие лицензию на проведение указанной экспертизы, за счет средств организации, предполагающей эксплуатацию опасного производственного объекта или эксплуатирующей его.

3. Результатом осуществления экспертизы промышленной безопасности является заключение.

4. Заключение экспертизы промышленной безопасности, представленное в федеральный орган исполнительной власти в области промышленной безопасности или в его территориальный орган, рассматривается и утверждается ими в установленном порядке (в ред. Федерального закона от 22.08.2004 г. № 122-ФЗ).

5. Порядок осуществления экспертизы промышленной безопасности и требования к оформлению заключения экспертизы промышленной безопасности устанавливаются федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности (в ред. Федерального закона от 22.08.2004 г. № 122-ФЗ).

6. Экспертиза промышленной безопасности может осуществляться одновременно с осуществлением других экспертиз в установленном порядке.

Статья 14. Разработка декларации промышленной безопасности

1. Разработка декларации промышленной безопасности предполагает всестороннюю оценку риска аварии и связанной с нею угрозы; анализ достаточности принятых мер по предупреждению аварий, по обеспечению готовности организации к эксплуатации опасного производственного объекта в соответствии с требованиями промышленной безопасности, а также к локализации и ликвидации последствий аварии на опасном производственном объекте; разработку мероприятий, направленных на снижение масштаба последствий аварии и размера ущерба, нанесенного в случае аварии на опасном производственном объекте.

Перечень сведений, содержащихся в декларации промышленной безопасности, и порядок ее оформления определяются федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности (в ред. Федерального закона от 22.08.2004 г. № 122-ФЗ).

2. Настоящим Федеральным законом устанавливается обязательность разработки деклараций промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются вещества в количествах, указанных в приложении 2 к настоящему Федеральному закону. Обязательность разработки деклараций промышленной безопасности опасных производственных объектов, не указанных в абзаце первом настоящего пункта, может быть установлена Правительством Российской Федерации, а также в соответствии со своими полномочиями федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности (в ред. Федерального закона от 22.08.2004 г. № 122-ФЗ).

3. Декларация промышленной безопасности разрабатывается в составе проектной документации на строительство, реконструкцию, капитальный ремонт, документации на техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта (в ред. федеральных законов от 18.12.2006 г. № 232-ФЗ, от 18.07.2011 г. № 243-ФЗ). Декларация промышленной безопасности уточняется или разрабатывается вновь в случае изменения сведений, содержащихся в декларации промышленной безопасности, или в случае изменения требований промышленной безопасности (в ред. Федерального закона от 10.01.2003 г. № 15-ФЗ). Для опасных производственных объектов, действующих на день вступления настоящего Федерального закона в силу, декларации промышленной безопасности разрабатываются в сроки, устанавливаемые Правительством Российской Федерации.

4. Декларация промышленной безопасности утверждается руководителем организации, эксплуатирующей опасный производственный объект. Руководитель организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, несет ответственность за полноту и достоверность сведений, содержащихся в декларации промышленной безопасности, в соответствии с законодательством Российской Федерации.

5. Декларация промышленной безопасности, разрабатываемая в составе документации на капитальный ремонт, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта, проходит экспертизу промышленной безопасности в установленном порядке. Проектная документация на строительство, реконструкцию опасного производственного объекта, содержащая декларацию промышленной безопасности, подлежит государственной экспертизе в соответствии с законодательством Российской Федерации о градостроительной деятельности (в ред. федеральных законов от 18.12.2006 г. № 232-ФЗ, от 18.07.2011 г. № 243-ФЗ).

6. Декларацию промышленной безопасности представляют органам государственной власти, органам местного самоуправления, общественным объединениям и гражданам в порядке, который установлен Правительством Российской Федерации.

Статья 15. Обязательное страхование ответственности за причинение вреда при эксплуатации опасного производственного объекта

1. Организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, обязана страховать ответственность за причинение вреда жизни, здоровью или имуществу других лиц и окружающей среде в случае аварии на опасном производственном объекте (в ред. Федерального закона от 30.12.2008 г. № 309-ФЗ).

2. Минимальный размер страховой суммы страхования ответственности за причинение вреда жизни, здоровью или имуществу других лиц и окружающей среде в случае аварии на опасном производственном объекте составляет для:

а) опасного производственного объекта, указанного в пункте 1 приложения 1 к настоящему Федеральному закону, в случае, если на нем: получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются опасные вещества в количествах, равных количествам, указанным в приложении 2 к настоящему Федеральному закону, или превышающих их, – 7 000 000 рублей (в ред. Федерального закона от 07.08.2000 г. № 122-ФЗ); получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются опасные вещества в количествах, меньших, чем количества, указанные в приложении 2 к настоящему Федеральному закону, – 1 000 000 рублей (в ред. Федерального закона от 07.08.2000 г. № 122-ФЗ);

б) иного опасного производственного объекта – 100 000 рублей (в ред. Федерального закона от 07.08.2000 г. № 122-ФЗ).

Статья 16. Федеральный государственный надзор в области промышленной безопасности (в ред. Федерального закона от 18.07.2011 г. № 242-ФЗ)

1. Под федеральным государственным надзором в области промышленной безопасности понимаются деятельность уполномоченных федеральных органов исполнительной власти, направленная на предупреждение, выявление и пресечение нарушений осуществляющими деятельность в области промышленной безопасности юридическими лицами, их руководителями и иными должностными лицами, индивидуальными предпринимателями, их уполномоченными представителями (далее – юридические лица, индиви-

дуальные предприниматели), требований, установленных настоящим Федеральным законом, другими федеральными законами и принимаемыми в соответствии с ними иными нормативными правовыми актами Российской Федерации в области промышленной безопасности (далее – обязательные требования), посредством организации и проведения проверок указанных лиц, принятия предусмотренных законодательством Российской Федерации мер по пресечению, предупреждению и (или) устранению выявленных нарушений, и деятельность указанных уполномоченных органов государственной власти по систематическому наблюдению за исполнением обязательных требований, анализу и прогнозированию состояния исполнения указанных требований при осуществлении юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями своей деятельности.

2. Федеральный государственный надзор в области промышленной безопасности осуществляется уполномоченными федеральными органами исполнительной власти (далее – органы государственного надзора) согласно их компетенции в порядке, установленном Правительством Российской Федерации.

3. К отношениям, связанным с осуществлением федерального государственного надзора в области промышленной безопасности, организацией и проведением проверок юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, применяются положения Федерального закона от 26 декабря 2008 г. № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля» с учетом особенностей организации и проведения проверок, установленных пунктами 4–10 настоящей статьи.

4. Предметом проверки является соблюдение юридическим лицом, индивидуальным предпринимателем в процессе осуществления деятельности в области промышленной безопасности обязательных требований, а также соответствие указанным требованиям используемых зданий, помещений, сооружений, технических устройств, оборудования и материалов, осуществляемых технологических процессов.

5. Основанием для включения плановой проверки в ежегодный план проведения плановых проверок является истечение одного года со дня:

а) принятия в порядке, установленном Правительством Российской Федерации, решения о вводе в эксплуатацию после строительства, технического перевооружения, реконструкции и капитального ремонта опасного производственного объекта, в том числе используемых при эксплуатации опасного производственного объекта зданий, помещений, сооружений, технических устройств, оборудования и материалов;

б) регистрации опасного производственного объекта в государственном реестре опасных производственных объектов;

в) окончания проведения последней плановой проверки.

6. В ежегодном плане проведения плановых проверок, приказе (распоряжении) органа государственного надзора о назначении проверки, акте проверки дополнительно указываются наименование и место нахождения опасного производственного объекта, в отношении которого соответственно планируется проведение мероприятий по контролю и фактически были проведены указанные мероприятия.

7. Основанием для проведения внеплановой проверки является:

а) истечение срока исполнения юридическим лицом, индивидуальным предпринимателем выданного органом государственного надзора предписания об устранении выявленного нарушения обязательных требований;

б) поступление в орган государственного надзора обращений и заявле-

ний граждан, в том числе индивидуальных предпринимателей, юридических лиц, информации от органов государственной власти (должностных лиц органов государственного надзора), органов местного самоуправления, из средств массовой информации о фактах нарушений обязательных требований, о несоответствии обязательным требованиям используемых зданий, помещений, сооружений, технических устройств, оборудования и материалов, осуществляемых технологических процессов, если такие нарушения создают угрозу причинения вреда жизни, здоровью людей, вреда животным, растениям, окружающей среде, безопасности государства, имуществу физических и юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, угрозу возникновения аварий и (или) чрезвычайных ситуаций техногенного характера либо влекут причинение такого вреда, возникновение аварий и (или) чрезвычайных ситуаций техногенного характера;

в) наличие приказа (распоряжения) руководителя (заместителя руководителя) органа государственного надзора о проведении внеплановой проверки, изданного в соответствии с поручением Президента Российской Федерации или Правительства Российской Федерации либо на основании требования прокурора о проведении внеплановой проверки в рамках надзора за исполнением законов по поступившим в органы прокуратуры материалам и обращениям.

8. Внеплановая выездная проверка по основанию, указанному в подпункте «б» пункта 7 настоящей статьи, может быть проведена незамедлительно с извещением органа прокуратуры в порядке, установленном частью 12 статьи 10 Федерального закона от 26 декабря 2008 г. № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля», без согласования с органом прокуратуры.

9. Предварительное уведомление юридического лица, индивидуального предпринимателя о проведении внеплановой выездной проверки, основания проведения которой указаны в подпункте «б» пункта 7 настоящей статьи, не допускается.

10. Срок проведения проверки составляет не более чем тридцать рабочих дней со дня начала ее проведения. В исключительных случаях, связанных с необходимостью проведения сложных и (или) длительных исследований, испытаний, специальных экспертиз и расследований на основании мотивированных предложений должностных лиц органа государственного надзора, проводящих проверку, срок проведения проверки может быть продлен руководителем (заместителем руководителя) этого органа, но не более чем на двадцать рабочих дней.

11. На отдельных опасных производственных объектах может быть установлен режим постоянного государственного надзора в соответствии с положениями Федерального закона от 26 декабря 2008 г. № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля».

Режим постоянного государственного надзора, перечень эксплуатируемых опасных производственных объектов, в отношении которых вводится такой режим, и порядок его осуществления устанавливаются Правительством Российской Федерации.

РЕФЕРЕНТ: абзацы первый и второй части 11 статьи 16 вступили в силу с 1 января 2012 г. (пункт 2 статьи 71 Федерального закона от 18.07.2011 г. № 242-ФЗ).

12. Должностные лица органов государственного надзора в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, имеют право:

а) запрашивать и получать на основании мотивированного письменного запроса от юридического лица, индивидуального предпринимателя информацию и документы, необходимые в ходе проведения проверки;

б) беспрепятственно по предъявлении служебного удостоверения и копии приказа (распоряжения) руководителя (заместителя руководителя) органа государственного надзора о назначении проверки посещать опасные производственные объекты и проводить обследования используемых юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями при осуществлении своей деятельности зданий, помещений, сооружений, технических устройств, оборудования и материалов, а также проводить необходимые исследования, испытания, экспертизы, расследования и другие мероприятия по контролю;

в) выдавать юридическим лицам, индивидуальным предпринимателям предписания об устранении выявленных нарушений обязательных требований, о проведении мероприятий по обеспечению предотвращения вреда жизни, здоровью людей, вреда животным, растениям, окружающей среде, безопасности государства, имуществу физических и юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, предотвращения возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

г) составлять протоколы об административных правонарушениях, связанных с нарушениями обязательных требований, рассматривать дела об указанных административных правонарушениях и принимать меры по предотвращению таких нарушений;

д) направлять в уполномоченные органы материалы, связанные с нарушениями обязательных требований, для решения вопросов о возбуждении уголовных дел по признакам преступлений;

е) давать указания о выводе людей с рабочих мест в случае угрозы жизни и здоровью работников.

13. Органы государственного надзора могут быть привлечены судом к участию в деле либо вправе вступать в дело по своей инициативе для дачи заключения по иску о возмещении вреда, причиненного жизни, здоровью людей, вреда, причиненного животным, растениям, окружающей среде, безопасности государства, имуществу физических и юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу вследствие нарушений обязательных требований промышленной безопасности.

Статья 17. Государственный надзор при строительстве, реконструкции опасных производственных объектов (в ред. федеральных законов от 18.12.2006 г. № 232-ФЗ, от 18.07.2011 г. № 243-ФЗ)

Государственный надзор при строительстве, реконструкции опасных производственных объектов осуществляется уполномоченными на осуществление государственного строительного надзора федеральным органом исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации в соответствии с законодательством Российской Федерации о градостроительной деятельности (в ред. Федерального закона от 18.07.2011 г. № 243-ФЗ).

Статья 18. Ответственность за нарушение законодательства в области промышленной безопасности

Лица, виновные в нарушении настоящего Федерального закона, несут ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации.

ГЛАВА III. ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Статья 19. Вступление в силу настоящего Федерального закона

1. Настоящий Федеральный закон вступает в силу со дня его официального опубликования.

2. Предложить Президенту Российской Федерации и поручить Правительству Российской Федерации привести свои нормативные правовые акты в соответствие с настоящим Федеральным законом.

Москва, Кремль, 21 июля 1997 года № 116-ФЗ.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ОПАСНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ (в ред. Федерального закона от 30.12.2008 г. № 309-ФЗ)

К категории опасных производственных объектов относятся объекты, на которых:

1) получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются следующие опасные вещества:

а) воспламеняющиеся вещества – газы, которые при нормальном давлении и в смеси с воздухом становятся воспламеняющимися и температура кипения которых при нормальном давлении составляет 20 градусов Цельсия или ниже;

б) окисляющие вещества – вещества, поддерживающие горение, вызывающие воспламенение и (или) способствующие воспламенению других веществ в результате окислительно-восстановительной экзотермической реакции;

в) горючие вещества – жидкости, газы, пыли, способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления;

г) взрывчатые вещества – вещества, которые при определенных видах внешнего воздействия способны на очень быстрое самораспространяющееся химическое превращение с выделением тепла и образованием газов;

д) токсичные вещества – вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели и имеющие следующие характеристики: средняя смертельная доза при введении в желудок – от 15 миллиграммов на килограмм до 200 миллиграммов на килограмм включительно; средняя смертельная доза при нанесении на кожу – от 50 миллиграммов на килограмм до 400 миллиграммов на килограмм включительно; средняя смертельная концентрация в воздухе – от 0,5 миллиграмма на литр до 2 миллиграммов на литр включительно;

е) высокотоксичные вещества – вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели и имеющие следующие характеристики: средняя смертельная доза при введении в желудок – не более 15 миллиграммов на килограмм; средняя смертельная доза при нанесении на кожу – не более 50 миллиграммов на килограмм; средняя смертельная концентрация в воздухе – не более 0,5 миллиграмма на литр;

ж) вещества, представляющие опасность для окружающей среды, – вещества, характеризующиеся в водной среде следующими показателями острой токсичности (в ред. Федерального закона от 30.12.2008 г. № 309-ФЗ): средняя смертельная доза при ингаляционном воздействии на рыбу в течение 96 часов – не более 10 миллиграммов на литр; средняя концентрация яда, вызывающая определенный эффект при воздействии на дафнии в течение 48 часов, – не более 10 миллиграммов на литр; средняя ингибирующая концентрация при воздействии на водоросли в течение 72 часов – не более 10 миллиграммов на литр;

2) используется оборудование, работающее под давлением более 0,07 мегапаскаля или при температуре нагрева воды более 115 градусов Цельсия;

3) используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы, эскапаторы, канатные дороги, фуникулеры;

4) получаются расплавы черных и цветных металлов и сплавы на основе этих расплавов;

5) ведутся горные работы, работы по обогащению полезных ископаемых, а также работы в подземных условиях.

Приложение 4

Таблица 1

Предельные количества опасных веществ, наличие которых на опасном производственном объекте является основанием для обязательной разработки декларации промышленной безопасности (в ред. Федерального закона от 30.12.2008 г. № 309-ФЗ)

Наименование опасного вещества	Предельное количество опасного вещества, т
Аммиак	500
Нитрат аммония (нитрат аммония и смеси аммония, в которых содержание азота из нитрата аммония составляет более 28 процентов массы, а также водные растворы нитрата аммония, в которых концентрация нитрата аммония превышает 90 процентов массы)	2 500
Нитрат аммония в форме удобрений (простые удобрения на основе нитрата аммония, а также сложные удобрения, в которых содержание азота из нитрата аммония составляет более 28 процентов массы (сложные удобрения содержат нитрат аммония вместе с фосфатом и (или) калием)	10 000
Акрилонитрил	200
Хлор	25
Оксид этилена	50
Цианистый водород	20
Фтористый водород	50
Сернистый водород	50
Диоксид серы	250
Триоксид серы	75
Алкилы	50
Фосген	0,75
Метилизоцианат	0,15

Таблица 2

Виды опасных веществ, наличие которых на опасном производственном объекте является основанием для обязательной разработки декларации промышленной безопасности, т (в ред. Федерального закона от 30.12.2008 г. № 309-ФЗ)

Виды опасных веществ	Предельное количество опасного вещества, т
Воспламеняющиеся газы	200
Горючие жидкости, находящиеся на товарно-сырьевых складах и базах	50 000
Горючие жидкости, используемые в технологическом процессе или транспортируемые по магистральному трубопроводу	200
Токсичные вещества	200
Высокотоксичные вещества	20
Окисляющие вещества	200
Взрывчатые вещества	50
Вещества, представляющие опасность для окружающей среды	200

Примечание 1. Для опасных веществ, не указанных в таблице 1, применять данные таблицы 2.

Примечание 2. В случае, если расстояние между опасными производственными объектами менее пятисот метров, учитывается суммарное количество опасного вещества.

Примечание 3. Если применяется несколько видов опасных веществ одной и той же категории, то их суммарное пороговое количество определяется условием:

$$\left[\sum_{i=1}^n m(i) / M(i) \right] \leq L,$$

где: $m(i)$ – количество применяемого вещества; $M(i)$ – пороговое количество того же вещества в соответствии с настоящим перечнем для всех i от 1 до n .

Приложение 5

Правила экспертизы декларации промышленной безопасности ПБИ 03-393(314)-00

Утверждены постановлением Госгортехнадзора России
от 7 сентября 1999 г. № 65
Зарегистрированы Министерством юстиции
Российской Федерации
1 октября 1999 г. Регистрационный № 1920
(с изменением № 1 (ПБИ 03-393(314)-00), утвержденным
постановлением Госгортехнадзора России
от 27 октября 2000 г. № 61)

1. Область применения

1.1. Правила экспертизы декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов (далее – Правила экспертизы) определяют порядок осуществления экспертизы и требования к оформлению заключения экспертизы декларации промышленной безопасности.

1.2. Правила экспертизы разработаны в соответствии с: Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ (Собрание законодательства Российской Федерации, 1997 г., № 30, ст. 3588); Указом Президента Российской Федерации от 2 августа 1999 г. № 953 «Вопросы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»; постановлением Правительства Российской Федерации от 17.07.1998 г. № 779 «О федеральном органе исполнительной власти, специально уполномоченном в области промышленной безопасности» (Собрание законодательства Российской Федерации, 1998 г., № 30, ст. 3775); постановлением Правительства Российской Федерации от 11.05.1999 г. № 526 об утверждении Правил представления декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов (Собрание законодательства Российской Федерации, 1999 г., № 20, ст. 2445); Правилами проведения экспертизы промышленной безопасности, утвержденными постановлением Госгортехнадзора России от 06.11.1998 г. № 64 (ПБ 03-246-98) и зарегистрированными Минюстом России 08.12.1998 г. № 1656.

1.3. Правила экспертизы предназначены для организаций, осуществляющих экспертизу деклараций промышленной безопасности, органов Госгортехнадзора России, а также организаций, проектирующих или эксплуатирующих опасные производственные объекты, подлежащие декларированию. Данные Правила разработаны с учетом нормативных документов Госгортехнадзора России.

1.4. Настоящие Правила обязательны при проведении экспертизы декларации промышленной безопасности опасного производственного объекта, разработанной в составе проектной документации на строительство, расширение, реконструкцию, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта; для действующего опасного производственного объекта.

II. Основные определения

В целях настоящих Правил экспертизы применяются следующие определения:

2.1. Авария – разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ (ст. 1 Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 г.).

2.2. Экспертиза декларации промышленной безопасности опасного производственного объекта (далее – экспертиза декларации) – оценка соответствия декларации промышленной безопасности нормам и правилам промышленной безопасности, результатом которой является заключение экспертизы.

2.3. Заключение экспертизы на декларацию промышленной безопасности опасного производственного объекта (далее – заключение экспертизы) – документ, содержащий обоснованные выводы о соответствии или несоответствии декларации промышленной безопасности требованиям норм и правил промышленной безопасности.

2.4. Декларация промышленной безопасности опасного производственного объекта (далее – декларация) – документ, в котором представлены результаты всесторонней оценки риска аварии, анализа достаточности принятых мер по предупреждению аварий и по обеспечению готовности организации к эксплуатации опасного производственного объекта в соответствии с требованиями норм и правил промышленной безопасности, а также к локализации и ликвидации последствий аварии на опасном производственном объекте.

2.5. Расчетно-пояснительная записка к декларации промышленной безопасности – документ, в котором приведены материалы, обосновывающие оценку риска аварии и достаточность принятых мер по предупреждению аварий.

III. Общие положения

3.1. Объектом экспертизы является декларация вместе с приложениями – расчетно-пояснительной запиской, информационным листом.

3.2. Экспертиза проводится с целью установления:

- соответствия полноты и достоверности информации, представленной в декларации, требованиям промышленной безопасности;
- обоснованности результатов анализа риска аварий на опасном производственном объекте, изложенных в декларации;
- достаточности разработанных и/или реализованных мер по обеспечению требований промышленной безопасности.

3.3. Экспертиза декларации проводится организацией, имеющей лицензию Госгортехнадзора России на проведение экспертизы декларации промышленной безопасности и не участвующей в разработке рассматриваемой декларации и приложений к ней.

Экспертиза деклараций в части предупреждения, локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций, обусловленных авариями, проводится организацией, имеющей заключение МЧС России и не участвующей в разработке рассматриваемой декларации и приложений к ней.

IV. Порядок осуществления экспертизы декларации

4.1. Декларация и приложения к ней оформляются в установленном порядке и представляются заказчиком в экспертную организацию.

4.2. Процесс экспертизы декларации определяется Правилами проведения экспертизы промышленной безопасности, утвержденными постановлением Госгортехнадзора России 06.11.1998 г. № 64 и зарегистрированными Минюстом России 08.12.1998 г. № 1656.

4.3. Результатом проведения экспертизы является заключение экспертизы, которое оформляется в соответствии с требованиями, изложенными в главе V настоящих Правил.

4.4. Заказчик экспертизы после получения положительного заключения экспертизы представляет его в заинтересованные организации в соответствии с порядком, изложенным в главе VI настоящих Правил.

V. Требования к заключению экспертизы

5.1. Требования к оформлению заключения экспертизы определяются в главе V Правил проведения экспертизы промышленной безопасности, утвержденных постановлением Госгортехнадзора России 06.11.1998 г. № 64 и зарегистрированных Минюстом России 08.12.1998 г. № 1656.

Дополнительно в вводную часть заключения экспертизы включаются сведения об организации, разработавшей декларацию.

5.2. Заключение экспертизы должно быть конкретным, объективным, аргументированным и доказательным. Формулировки выводов должны иметь однозначное толкование.

Замечания к декларации, выявленные по результатам экспертизы, должны сопровождаться ссылками на требования норм и правил промышленной безопасности.

5.3. Результаты проведенной экспертизы должны содержать оценку каждого структурного элемента декларации и приложений к ней с указанием наименования и номера структурного элемента.

5.4. Заключительная часть заключения экспертизы должна включать выводы с обязательной оценкой:

- соответствия полноты и достоверности информации, представленной в декларации, требованиям промышленной безопасности;
- обоснованности результатов анализа риска аварий на опасном производственном объекте, изложенных в декларации;
- достаточности разработанных и/или реализованных мер по обеспечению требований промышленной безопасности.

5.4.1. При оценке соответствия полноты и достоверности информации, представленной в декларации, требованиям промышленной безопасности необходимо учитывать требования к составу и содержанию сведений, которые должны представляться в декларации, а также фактическое состояние промышленной безопасности декларируемого объекта.

5.4.2. При оценке обоснованности результатов анализа риска аварий необходимо учитывать:

- обоснованность применяемых физико-математических моделей и использованных методов расчета;
- правильность и достоверность выполненных расчетов по анализу риска, а также полноту учета всех факторов, влияющих на конечные результаты;
- вероятность реализации принятых сценариев аварий и возможность выхода поражающих факторов этих аварий за границу санитарно-защитной (или охранной) зоны опасного производственного объекта, а также последствий воздействия поражающих факторов на население, другие объекты, окружающую природную среду;
- достаточность мер предотвращения постороннего вмешательства в де-

тельность опасного производственного объекта, а также противодействия возможным террористическим актам.

VI. Порядок представления заключения экспертизы

6.1. Заключение экспертизы вместе с декларацией и приложениями к ней (информационный лист и расчетно-пояснительная записка) представляется заказчиком экспертизы для регистрации, рассмотрения и утверждения в центральный аппарат Госгортехнадзора России:

- при величине отношения количества опасного вещества на декларируемом объекте к предельному количеству этого опасного вещества (указанному в приложении 2 к Федеральному закону от 21.07.1999 г. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов») более 10. Копия заключения экспертизы представляется в территориальный орган Госгортехнадзора России;
- в случаях, когда заказчиком экспертизы является иностранная организация;
- по распоряжению начальника Госгортехнадзора России или его заместителей.

Решение об утверждении заключения декларации промышленной безопасности в центральном аппарате Госгортехнадзора России и территориальном органе Госгортехнадзора России принимается с учетом заключения МЧС России (при величине отношения количества опасного вещества на декларируемом объекте к предельному количеству этого вещества более 10) и заключения органа управления по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям субъекта Российской Федерации (при величине отношения количества опасного вещества на декларируемом объекте к предельному количеству этого вещества менее 10).

Копии утвержденного экспертного заключения и декларации промышленной безопасности направляются заказчиком экспертизы соответственно в МЧС России и орган управления по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям субъекта Российской Федерации.

В иных случаях заключение экспертизы вместе с декларацией и приложениями к ней представляется для регистрации, рассмотрения и утверждения в территориальный орган Госгортехнадзора России.

6.2. Представление заключения экспертизы (вместе с декларацией и информационным листом) в заинтересованные организации осуществляется в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 11.05.1999 г. № 526 «Об утверждении Правил представления декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов».